

ISSN 0044-3948

6 1979 **ЗЕМЛЯ
И
ВСЕЛЕННАЯ**

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

Новое выдающееся достижение советской космонавтики — успешное завершение 175-суточного (25 февраля—19 августа 1979 года) пилотируемого полета в космосе

**Ученым, конструкторам, инженерам, техникам и рабочим, всем коллективам
и организациям, принимавшим участие в подготовке и осуществлении
длительного космического полета на орбитальном
научно-исследовательском комплексе «Салют-6» — «Союз»
Космонавтам ЛЯХОВУ Владимиру Афанасьевичу,
РЮМИНУ Валерию Викторовичу**

Дорогие товарищи!

Отечественная наука и техника достигли нового выдающегося успеха в исследовании и освоении космоса. Советские космонавты Владимир Афанасьевич Ляхов и Валерий Викторович Рюмин успешно завершили самый продолжительный в истории 175-суточный полет в космическом пространстве.

Длительный полет советских космонавтов, их героический труд на околоземной орбите вызвали огромный интерес и неослабное внимание миллионов людей во всем мире. На борту научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз» выполнена широкая программа научно-технических и медико-биологических исследований, включающая астрофизические наблюдения, эксперименты по космическому материаловедению, изучение развития биологических объектов в условиях невесомости, исследование природных ресурсов Земли, испытание новых приборов и систем космических аппаратов. Космонавты Ляхов и Рюмин совершили выход в открытый космос и выполнили в сложных условиях работы по отводу от станции антенны радиотелескопа и демонтажу научной аппаратуры. Ряд экспериментов, осуществленных в период длительного полета, был подготовлен совместно учеными Советского Союза и социалистических стран — участниками программы «Интеркосмос», а также учеными Франции.

Орбитальная научная станция «Салют-6» находится в космосе около двух лет, общее время ее функционирования в пилотируемом режиме составило более года. За этот период на борту станции работали три основные длительные экспедиции космонавтов и четыре экспедиции посещения.

По программе «Интеркосмос» вместе с советскими космонавтами совершили полеты космонавты Чехословацкой Социалистической Республики, Польской Народной Республики, Германской Демократической Республики и На-

родной Республики Болгарии, что является ярким свидетельством плодотворного научного сотрудничества братских социалистических стран.

Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР с большим удовлетворением отмечают новый крупный успех советской космонавтики.

Сердечно поздравляем вас, Владимир Афанасьевич Ляхов и Валерий Викторович Рюмин, с успешным выполнением длительного космического полета.

Горячо поздравляем ученых, конструкторов, инженеров, техников, рабочих, специалистов космодрома, Центра управления полетом, Центра подготовки космонавтов, командно-измерительного и поисково-спасательного комплексов, все коллективы и организации, которые принимали участие в осуществлении самого длительного в истории пилотируемого полета на борту орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз», а также в подготовке, запуске и проведении полетов космических транспортных кораблей «Союз» и автоматических грузовых кораблей «Прогресс».

Дорогие товарищи! Новое выдающееся достижение отечественной космонавтики является результатом вашего самоотверженного труда на благо Советской Родины. Успешным осуществлением длительной экспедиции советских космонавтов внесен крупный вклад в решение намеченных XXV съездом КПСС важных задач исследования космического пространства в интересах развития науки и народного хозяйства страны. Желаем вам новых творческих успехов в освоении космоса во имя мира и прогресса на благо всего человечества.

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ КПСС
ПРЕЗИДИУМ ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР
СОВЕТ МИНИСТРОВ СССР**

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

6 НОЯБРЬ
ДЕКАБРЬ
1979

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

И. Д. Караченцев — Двойные галактики	5
А. С. Монин — Взаимодействие атмосферы и океана и климат	10
О. М. Барсуков — Электропроводность горных пород и землетрясения	16
И. С. Ивченко, Ю. Я. Ружин — Искусственные плазменные образования в атмосфере	20
С. Д. Гришин, Л. В. Лесков — Физика невесомости и космическая промышленность	25
П. Ф. Чугайнов — Звездные оболочки	32

ЛЮДИ НАУКИ

Д. Я. Мартынов — Жизнь и деятельность Альберта Эйнштейна	37
--	----

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

К. С. Станкевич — Как было открыто реликтовое излучение	45
А. А. Космодемьянский — «Космические ракетные поезда»	50

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

А. Д. Урсул — Внеземные цивилизации: проблема существования	55
---	----

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

К. А. Порцевский — Московскому планетарию — 50 лет	58
--	----

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

К. Б. Болеев, Ш. Т. Тулегенов — Казахские названия небесных светил	65
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

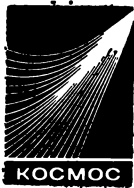
В. С. Лазаревский — Астрономические явления в 1980 году	65
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

А. А. Михайлов — «Атлас звездного неба» Яна Гевелия	67
Ю. Н. Ефремов — Астрономия, история, искусство	68
Л. Л. Ваньян — Луна глазами геофизика	70
Книги 1980 года	71

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

На орбите «Салют-6» [2]; Наши интервью [4]; Град и чайные плантации [15]; Электрические разряды вулканов [24]; Первый среди «Интеркосмосов» [30]; Покрытия звезд астероидами [34]; Радиоизлучение облаков [49]; 200-летний юбилей МИИГАиК [52]; Рейсы кораблей науки [54]; Космические аппараты, запущенные в СССР в 1978 году [75]; Указатель статей, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 1979 году [77]; Новое о гамма-всплесках [80].
Оформление обложки Б. М. Разина (к статье А. С. Монины)



На орбите «Салют-6»

4 июля с помощью двигательной установки «Прогресса-7» была проведена коррекция траектории движения орбитального комплекса. Параметры орбиты комплекса стали: максимальное удаление от поверхности Земли 411 км, минимальное удаление — 399 км, период обращения 92,46 мин, наклонение 51,6°.

5 и 6 июля продолжались визуальные и фотографические наблюдения земной поверхности и акватории Мирового океана. Вблизи Курильских островов экипаж орбитального комплекса наблюдал полосу планктона протяженностью до 1000 км. Были завершены подготовительные операции по дозаправке горючим объединенной двигательной установки станции. С помощью прибора «Биогравистат» космонавты изучали развитие высших растений в условиях искусственной гравитации.

7 и 8 июля — дни активного отдыха космонавтов.

9 июля экипаж перенес отработавшее оборудование со станции в грузовой отсек «Прогресса-7» и готовил научную аппаратуру к предстоящим исследованиям и экспериментам. Космонавты измерили массу тела, оценили состояние отдельных групп мышц, нагрузка на которые в условиях невесомости незначительна. Экипаж провел также наддув отсеков пилотируемого комплекса сжатым воздухом из баллонов грузового корабля.

11 июля В. А. Ляхов и В. В. Рюмин вели монтаж оборудования, проверяли работоспособность научной аппаратуры и готовили ее к последующим исследованиям.

11—12 июля продолжалась дозаправка объединенной двигательной установки станции топливом.

13 июля исследована реакция кровообращения при пробе с дозированной физической нагрузкой на велоэргометре. Клинический контроль осуществлялся аппаратурой «Полином-

2М», «Реограф», «Бета». Во второй половине дня исследована биоэлектрическая активность сердца и параметров внешнего дыхания. Космонавты выполнили также эксперимент по изучению динамики изменения состава газовой среды в обитаемых отсеках комплекса.

14—15 июля были отведены для активного отдыха космонавтов.

16 июля экипаж комплекса контролировал дозаправку объединенной двигательной установки станции «Салют-6» окислителем. Дозаправка осуществлялась по командам из Центра управления полетом. С помощью прибора «Биогравистат» космонавты выполняли очередной цикл исследований по изучению развития высших растений в условиях искусственной гравитации, готовили научную аппаратуру к предстоящим исследованиям и экспериментам.

18 июля после завершения программы совместного полета произведено отделение автоматического грузового корабля «Прогресс-7» от пилотируемого научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз-34». «Прогресс-7» доставил на станцию космический радиотелескоп КРТ-10. Космонавты смонтировали радиотелескоп в промежуточной камере станции «Салют-6». После расстыковки и отхода корабля «Прогресс-7» от пилотируемого комплекса элементы конструкции радиотелескопа были выдвинуты в открытое космическое пространство и раскрыта его антенна. Для проведения радиоастрономических исследований совместно с КРТ-10 использовался также новый наземный радиотелескоп с зеркальной антенной диаметром 70 м Центра дальней космической связи в Крыму. Экипаж комплекса и наземные службы приступили к юстировочным работам.

20 июля прекратил существование грузовой корабль «Прогресс-7». Большая часть этого дня была отведена предварительной юстировке радиотелескопа КРТ-10. Космонавты контролировали также развитие биологических объектов на станции, работали с технической



документацией, занимались физическими упражнениями.

21—22 июля В. А. Ляхов и В. В. Рюмин фотографировали поверхность Земли и акваторию Мирового океана, вели визуальные наблюдения отдельных участков суши и моря.

23 июля — день активного отдыха. Космонавты занимались физическими упражнениями на велоэргометре и бегущей дорожке, работали с бортовой технической документацией, отдыхали.

24—25 июля состоялся первый экспериментальный сеанс с радиотелескопом КРТ-10. Проводилось картографирование Млечного Пути и отдельных участков земной поверхности. В тот же день исследовался тонус сосудов космонавтов и реакция сердечно-сосудистой системы на имитацию действия гидростатического давления, создаваемого с помощью вакуумного костюма «Чибис».

27 июля экипаж комплекса выполнил несколько циклов радиокартографирования Млечного Пути, отдельных районов поверхности Земли и акватории Мирового океана. В ходе работ проведен также эксперимент по исследованию радиоизлучения Солнца. Космонавты контролировали ход биологических экспериментов по развитию высших растений в космической оранжерее «Оазис».

29 июля большую часть дня космонавты посвятили астрофизическим исследованиям, которые проводились одновременно с помощью радиотелескопа КРТ-10 и наземного радиотелескопа с зеркальной антенной диаметром 70 м Центра дальней космической связи в Крыму.

30 июля В. А. Ляхов и В. В. Рюмин начали очередную эксперимент по космическому материаловедению на установке «Кристалл». Цель его — получение монокристалла антимолибдана ванадия в условиях невесомости.

31 июля на установке «Кристалл» проведены эксперименты по получению монокристаллов сульфида кадмия и германия в условиях невесомости.

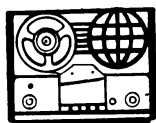
1 августа исследовалась сердечно-сосудистая система космонавтов, в том числе с дозированной физической нагрузкой на велоэргометре.

3 августа космонавты проводили радиокартографирование отдельных районов земной поверхности, акватории Мирового океана и радиоастрономические наблюдения гюльсара, наблюдали за развитием растений. Экипаж выполнил два эксперимента на установке «Кристалл» и один — с помощью аппаратуры «Испаритель».

6 августа В. А. Ляхов и В. В. Рюмин продолжали радиокартографирование отдельных районов земной поверхности и акватории Мирового океана, а также радиоастрономические

В. А. Ляхов и В. В. Рюмин после приземления

(Продолжение на 3-й стр. обложки)



НАШИ
ИНТЕРВЬЮ

Наши интервью

Уже несколько лет ведутся регулярные наблюдения на крупнейшем в мире 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Тематику наблюдений разрабатывает комиссия, созданная при Отделении общей физики и астрономии Академии наук СССР. Редакция журнала обратилась к председателю комиссии члену-корреспонденту АН СССР В. В. СОБОЛЕВУ с просьбой ответить на несколько вопросов.

Вопрос:

28 декабря 1975 года на 6-метровом телескопе были получены первые снимки небесных тел. Какие наблюдения проведены за прошедшие три года?

Ответ:

В течение первого года сотрудники Специальной астрофизической обсерватории АН СССР вели экспериментальные наблюдения. Начиная с 1977 года планы наблюдений составляет Комиссия по тематике 6-метрового телескопа, созданная при Отделении общей физики и астрономии АН СССР. Два раза в год комиссия рассматривает наблюдательные программы, предложенные различными обсерваториями, и выбирает лучшие из них. Для каждой принятой программы выделяется необходимое время наблюдений, после чего составляется график работы телескопа на ближайшее полугодие.

К настоящему времени с помощью 6-метрового телескопа получено много ценных материалов, которые в значительной мере обработаны. На их основе уже написано и опублико-



вано более двадцати научных статей.

Главное место в тематике работы 6-метрового телескопа занимает изучение галактик и квазаров — на них приходится около 60% наблюдательного времени. Из работ, выполненных в этой области, мне хотелось бы отметить исследования двойных ядер галактик Э. Е. Хачикяном (Бюраканская астрофизическая обсерватория АН АрмССР) и изучение кинематики и динамики галактик И. Д. Караченцевым (Специальная астрофизическая обсерватория АН СССР).

На 6-метровом телескопе исследуются также нестационарные и магнитные звезды, шаровые скопления и другие небесные объекты.

Вопрос:

Какие международные кооперативные программы выполняются и планируются на 6-метровом телескопе?

Ответ:

Выполняется ряд программ, предложенных учеными Англии, Франции, Германской Демократической Республики. Для примера могу указать программу по оптическому отождествлению радиоисточников, разработанную известным английским астрофизиком Б. Ловеллом. Пока наиболее успешные наблюдения осуществлены по кооперативной программе ученых Специальной астрофизической обсерватории АН СССР и Центрального института астрофизики ГДР. Результаты изучения ими слабых внегалактических объектов опубликованы в ряде статей.

В течение первых лет работы телескопа международные кооперативные программы занимали около 10% наблюдательного времени. В дальнейшем время, отводимое на такие программы, будет, по-видимому, возрастать.

Вопрос:

Выполненные наблюдения выявили возможности 6-метрового телескопа. Какая предельная звездная величина зафиксирована на прямых снимках? Какую звездную величину имели наиболее слабые звезды и галактики, спектры которых удалось получить?

Ответ:

К настоящему времени сфотографированы объекты примерно 25-й звездной величины и спектры объектов 20-й величины. Однако такие показатели не предел для 6-метрового телескопа и могут быть улучшены. Объясняется это тем, что проникающая сила телескопа зависит не только от величины его диаметра, но и от атмосферных условий, от качества



Кандидат физико-математических наук
И. Д. КАРАЧЕНЦЕВ

Двойные галактики

ЧТО СЧИТАТЬ ПАРОЙ ГАЛАКТИК?

Галактики распределены на небе неравномерно: они объединяются в пары, группы, скопления, сверхскопления. По современным представлениям, видимая картина расположения галактик возникла на ранних этапах развития Вселенной и мало изменилась за последние 3 млрд. лет. Поэтому интенсивные исследования пар, групп, скоплений обещают дать важные сведения о формировании самих галактик.

зеркала и чувствительности приемников излучения. Наибольшую роль в повышении проникающей силы 6-метрового телескопа должно сыграть оснащение его светоприемниками высокого класса.

Вопрос:

6-метровый телескоп — единственный крупный инструмент на азимутальной монтировке. Отличается ли специфика работы на этом инструменте от работы с телескопом на экваториальной монтировке?

Ответ:

Да, конечно, отличается, и очень сильно. Как известно, при экваториальной монтировке слежение за звездой осуществляется весьма просто — с помощью обычного часового механизма. Однако эта монтировка громоздкая, и при проектировании 6-метрового телескопа была принята азимутальная монтировка, сделавшая телескоп довольно компактным

Одни и те же проблемы встают перед исследователем двойных галактик и скоплений из тысячи и более галактик. «Элементарность» двойных галактик делает их удобными объектами для расшифровки загадок скоплений. Наблюдения пар успешно ведутся на крупнейшем в мире 6-метровом телескопе.

Пары галактик были доступны наблюдениям уже в первые телескопы. Составленный В. Гершелем каталог

туманностей, которые в большинстве своем оказались галактиками, содержит более сотни тесных пар. Систематическое изучение двойных галактик предпринял шведский астроном Е. Холмберг. Опубликовав в 1937 году каталог двойных и кратных галактик, он привел в нем статистический анализ пар по взаимному расстоянию компонентов, видимой яркости и другим характеристикам. К сожалению, оптические свойства телескопа, на пластинках которого Холмберг выделял двойные галактики, были невысо-

(«Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 48—54.— Ред.). Естественно, усложнилось управление телескопом, так как приходится переводить экваториальные координаты в азимутальные для каждого момента времени и совершать перемещение трубы телескопа по двум координатам. Все это делает ЭВМ. Трехлетняя эксплуатация 6-метрового телескопа показала надежность его системы управления.

Вопрос:

Каковы перспективы наблюдений на 6-метровом телескопе? Будет ли расширяться тематика наблюдений?

Ответ:

Разумеется, тематика будет расширяться. Этому особенно должно способствовать то обстоятельство, что в распоряжение Комиссии по тематике 6-метрового телескопа передается часть наблюдательного времени (порядка 20%) еще трех крупных телескопов: с зеркалом диаметром 2,6 м

в Бюраканской астрофизической обсерватории АН АрмССР и Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, а также с зеркалом диаметром 2 м в Шемахинской астрофизической обсерватории АН АзербССР. Это позволит лучше маневрировать наблюдательным временем, проводить кооперативные наблюдения на нескольких телескопах и, главное, решать с помощью 6-метрового телескопа в основном те задачи, для которых он предназначен.

Хочу добавить, что значение 6-метрового телескопа состоит не только в непосредственном получении с его помощью научных результатов, но и в косвенном его влиянии на развитие отечественной астрофизики. Несомненно, что в ходе работы на телескопе вырастут новые кадры астрофизиков-наблюдателей, которые смогут вести исследования на переднем крае науки. Вероятно, появятся и новые теоретики, способные как интерпретировать наблюдательные данные, так и ставить для наблюдений задачи большой важности.

кого качества. Почти половина из 827 кратных систем Холмберга в действительности содержит не галактики, а звезды.

Изучение двойных галактик продвигалось медленно. Только в 50-х годах американский астроном Т. Пейдж измерил взаимные движения галактик в двух десятках пар. Тогда же были сделаны первые попытки на основе третьего закона Кеплера оценить массу пар. Вычисленные Пейджем массы оказались почти в 10 раз больше, чем измеренные по вращению отдельных галактик. Выяснение причины «избытка массы» в парах стало актуальной задачей дальнейших исследований.

К 1961 году многие обсерватории мира получили карты «Паломарского атласа неба». На фотографиях атласа запечатлены изображения десятков миллионов галактик северного полушария до 21-й звездной величины. «Паломарский атлас» послужил хорошей основой для каталогизации галактик. В США (Ф. Цвикки с сотрудниками) и в СССР (Б.А. Воронцова-Вельяминов с сотрудниками) были опубликованы каталоги умеренно ярких галактик, каждый общим числом до 30 000 объектов. В этих каталогах отмечено множество тесных пар. В «Морфологическом каталоге галактик» и двух частях «Атласа взаимодействующих галактик» Б. А. Воронцова-Вельяминова описаны выразительные примеры двойных галактик с разнообразными следами взаимодействия.

Однако авторы каталогов не ставили цель выделить двойные галактики, используя четкий количественный критерий того, что следует понимать под термином «пара галактик». Со временем выяснилось, что проблема терминологии весьма важна для установления свойств двойных галактик. К примеру, по критерию Холмберга две галактики образуют пару, если их взаимное расстояние на небе не превышает удвоенной суммы угловых диаметров компонентов. Такое определение не позволяет различать двойные и тройные галактики. Другими словами, используя критерий Холмберга, можно выделить не обособленные пары, а кратные системы. Далее выяснилось, что бли-

зость на небе двух галактик еще не гарантирует их взаимной пространственной близости, то есть обособленности как физически связанной системы.

В принципе, парой следует называть любые две галактики, движущиеся относительно друг друга по замкнутым орбитам, причем гравитационное влияние соседей на данную пару должно быть малым по сравнению с энергией связи ее компонентов. К сожалению, такое определение пары бесполезно на практике. Из наблюдений мы знаем не пространственные, а угловые взаимные расстояния галактик и вместо пространственных скоростей — их проекции на луч зрения. По существу, даже лучевые скорости многих пар не были известны до последнего времени. Поэтому изолированные пары приходится выделять по угловым размерам галактик (это — плохой индикатор расстояния) и взаимным угловым расстояниям. Мы будем считать парой любые две галактики (до фиксированного уровня видимой яркости), взаимные расстояния между которыми по крайней мере в 5—10 раз меньше их расстояния до ближайших галактик сравнимой яркости или размера.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОГРАММА

На основе этого критерия в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР был составлен «Каталог изолированных пар галактик северного неба» («Сообщения САО АН СССР», 7, 1972). В него вошли 603 пары, оба компонента которых ярче 15,7 звездной величины.

Исследование галактик из этого каталога было начато в 1977 году на крупнейшем в мире 6-метровом телескопе Специальной астрофизической обсерватории АН СССР. Уже измерены лучевые скорости для обоих компонентов у более 300 пар. В эту работу активно включились зарубежные астрономы. В США В. Тиффт определяет лучевые скорости у нескольких сотен тесных пар. Для выяснения особенностей радиоизлучения двойных галактик все 603 пары наблюдались в сантиметровом диапазоне волн на 90-метровом радиотелескопе Национальной радио-

астрономической обсерватории США. Поиск цветовых различий компонентов пар ведет фотоэлектрическим методом А. Томов (Болгария).

Так ли уж необходимы для изучения двойных галактик большие телескопы? Казалось бы, достаточно подробно исследовать несколько самых ярких пар, скажем, таких, как видимая в бинокль знаменитая пара галактик в созвездии Гончих Псов, чтобы судить о средних характеристиках других, более слабых двойных галактик. Но оказалось, что, например, надежную оценку массы двойных галактик можно сделать лишь по большой их совокупности. Масса пары галактик пропорциональна квадрату разности пространственных скоростей и пространственному расстоянию между компонентами («Земля и Вселенная», № 3, 1975, с. 32—36.—Ред.). Мы знаем только проекции этих величин. Но для совокупности пар можно вычислить средний «фактор проекции», предположив, что пары располагаются хаотическим образом относительно наблюдателя. Около половины пар имеют разность лучевых скоростей компонентов не более 100 км/с. Это всего лишь в 3 раза превышает скорость обращения Земли вокруг Солнца. Поэтому ошибки измерения скоростей у двойных галактик (если, например, не учитывается орбитальная скорость земного наблюдателя) влекут за собой систематические ошибки в вычисляемой массе пары до нескольких масс, а иногда — десятков масс нашей Галактики.* Чтобы исключить эту причину «избытка массы», необходимо измерять скорости с высокой точностью, чего можно достичь только на больших телескопах.

ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ

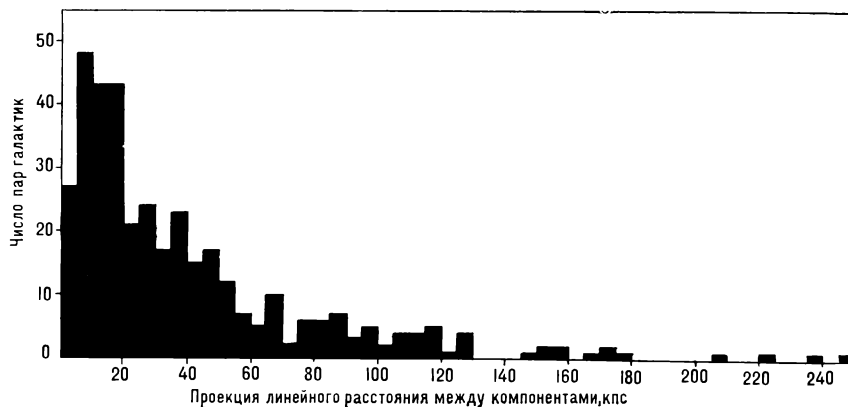
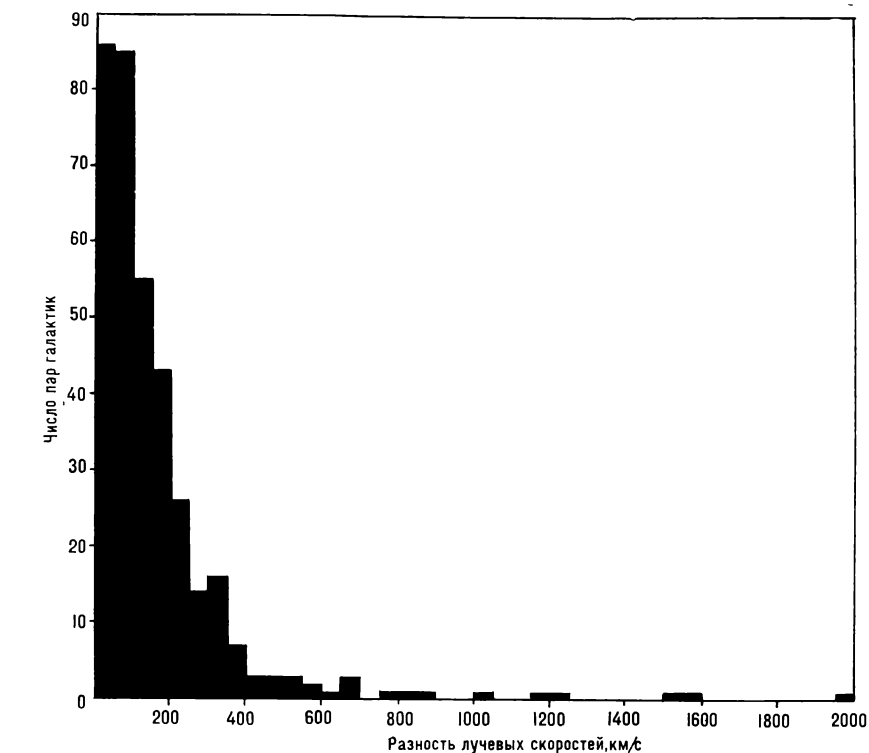
Среди двойных галактик встречаются как тесные, почти слившиеся пары,

* Еще раз подчеркнем эту несимметричную ситуацию: масса пары галактик пропорциональна квадрату разности скоростей. Если, к примеру, истинная разность скоростей составляет +10 км/с, то ошибка на ± 100 км/с как в одну, так и в другую сторону приведет к завершению массы пары примерно в 100 раз.

так и весьма широкие (расстояние между галактиками сотни килопарсек). Среднее расстояние галактик в парах около 40 кпс, оно приблизительно равно сумме диаметров двух галактик типа нашей. Структура расположенных так близко друг к другу галактик неизбежно искажается их взаимным гравитационным возмущением. И действительно, более половины объектов из «Каталога изолированных пар галактик северного неба» — взаимодействующие системы. Виды взаимодействия весьма разнообразны. Условно их можно свести к трем, встречающимся примерно с одинаковой частотой: компоненты пары имеют «хвосты» или «перемычки»; галактики погружены в единую оболочку (однородную или клочковатую), такие «атмосферы» наблюдаются чаще вокруг эллиптических галактик, придавая паре вид гантели; одна или обе галактики обнаруживают искажения общей формы или спиральной структуры (фотографии взаимодействующих галактик помещены на вклейке).

Согласно многочисленным расчетам на ЭВМ приливных явлений в галактиках, все типы взаимодействия в парах поддаются истолкованию как результат коллективных гравитационных эффектов. Конкретные формы этих структур, украшающих взаимодействующие пары, зависят от типа орбитальных движений галактик (круговые или радиальные), а также от характера звездных подсистем галактик с присущим им типом звездных орбит.

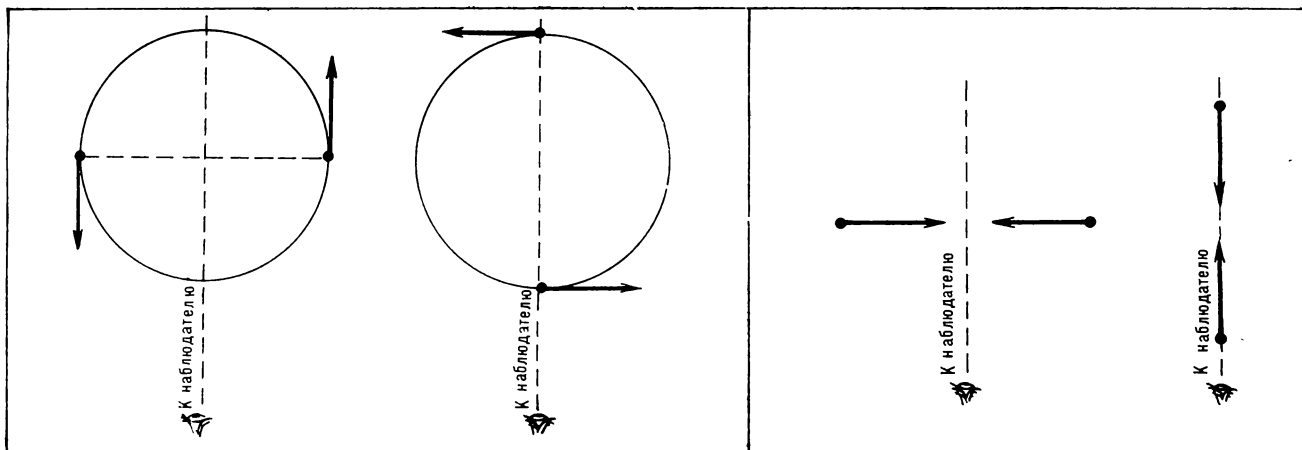
Обычно моделирование взаимодействия галактик осуществлялось для одного их близкого пролета («Земля и Вселенная», № 6, 1974, с. 11—17.—Ред.). Английский астроном С. Уайт, выполнив сложные расчеты на ЭВМ, проследил эволюцию орбиты двойных галактик за период, сравнимый со временем жизни галактики. Расчеты показали, что если компоненты пары сближаются настолько, что касаются своими краями, звездные траектории в галактиках сильно меняются. Гравитационное трение «перекачивает» энергию орбитальных движений галактик в энергию внутренних звездных движений. Испытав от двух



до четырех взаимных касаний, галактики уже не в состоянии разойтись и сливаются в единую звездную систему. Типичный орбитальный период в парах составляет 200 млн. лет. Расчеты С. Уайта привели к парадоксу: за 10—15 млрд. лет существования тесные пары должны были слиться, исчезнув как пары, мы же видим немало двойных галактик. Согласно последним оценкам, около 10—15% всех галактик входит в пары. Сопоставив время существования двойных

■ *Распределение двойных галактик в зависимости от разности лучевых скоростей компонентов. У большинства пар лучевые скорости компонентов различаются не более чем на 100 км/с*

■ *Распределение двойных галактик в зависимости от проекции линейного расстояния между компонентами. Среднее расстояние галактик в парах около 40 кпс*



галактик до их слияния (4—8% возраста галактик) с наблюдаемым их числом, приходим к выводу, что за космологический срок почти каждая галактика находилась в составе пары и испытала слияние. Ведь не случайно компоненты пары имеют в среднем в 2—3 раза большую светимость, чем одиночные галактики. Если предположение о частом слиянии галактик оправдывается, то двойственность галактик может оказаться одним из главных факторов, способствующих быстрой эволюции. Особенно это относится к ранним эпохам, когда галактики располагались теснее.

Время жизни двойных галактик, очевидно, будет больше, если компоненты движутся по орбитам, близким к круговым. Такое предположение поддается наблюдательной проверке. Представим себе, что все орбиты в парах круговые и радиусы их одинаковы. Тогда чем меньше проекция расстояния между компонентами, тем меньше должна быть и разность скоростей в проекции на луч зрения. При строго радиальных движениях малому видимому расстоянию между компонентами (они расположены близко к лучу зрения) соответствует большая разность лучевых скоростей. Предварительный анализ на-

Круговые движения галактик в парах. При наибольшем видимом расстоянии между компонентами пары (слева) разность лучевых скоростей максимальная, при наименьшем видимом расстоянии — разность лучевых скоростей равна нулю

блюдательных данных показывает, что в парах галактик преобладают круговые движения.

МАССЫ ДВОЙНЫХ ГАЛАКТИК

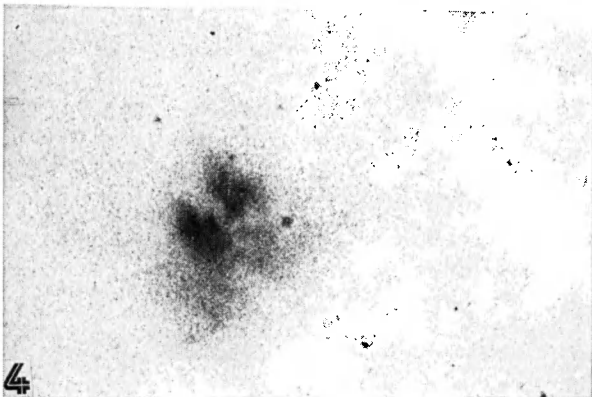
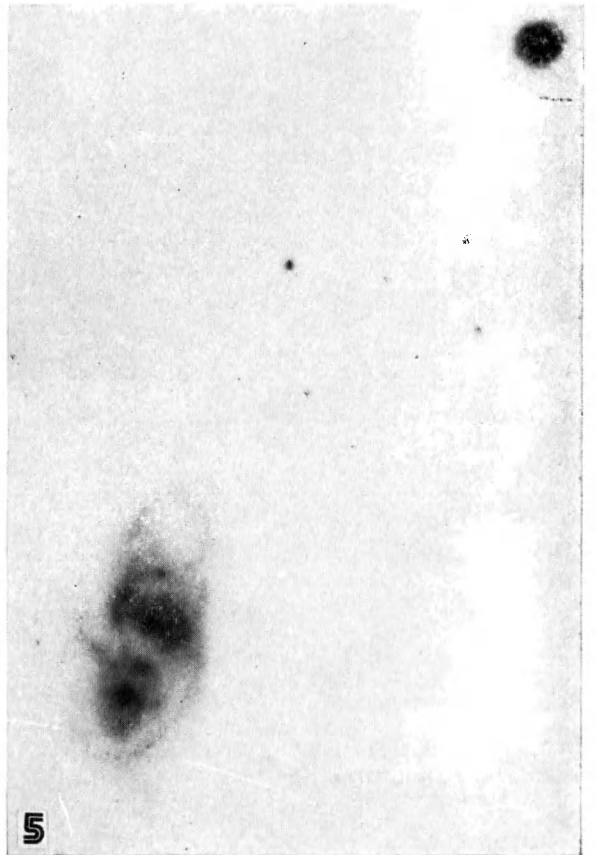
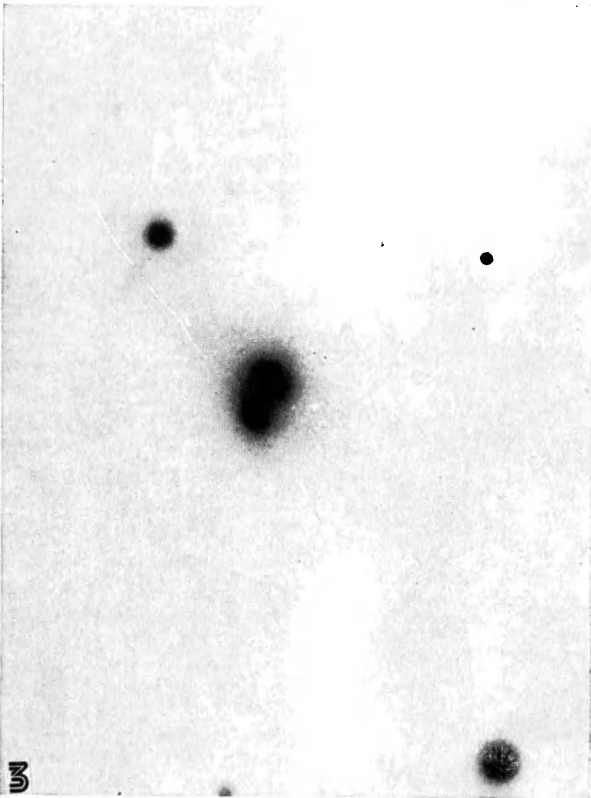
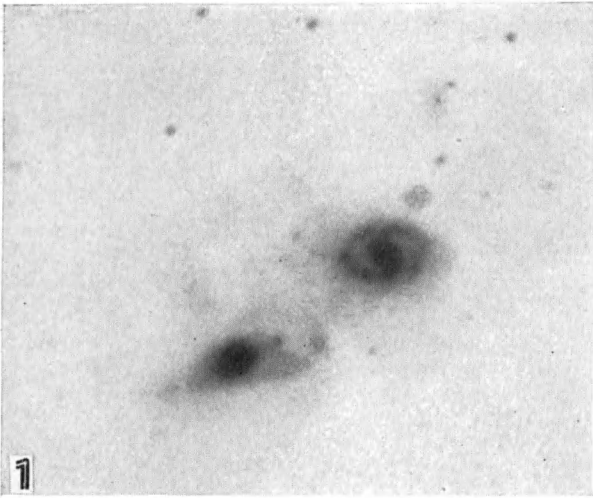
Известны пары галактик с весьма большими взаимными скоростями и взаимными расстояниями компонентов. Понятно, что вычисляемые для них массы также будут большими. Реальные ли это пары? Для ответа на этот нелегкий вопрос понадобилось специальное исследование. А. Л. Щербановский и автор статьи выполнили на ЭВМ моделирование видимого распределения сотен тысяч галактик с учетом их пространственного сгущения в пары, группы и скопления. Были построены карты, на которых содержатся основные наблюдаемые характеристики галактик — звездные величины, угловые диаметры, лучевые скорости, а также ненаблюдаемые — пространственные расстояния и принадлежность галактик к системе определенного класса. Критерий отбора двойных галактик применялся к этим синтезированным картам тем же способом, что и к реальному распределению галактик на картах «Паломарского атласа неба». «Машинный» каталог пар оказался весьма похожим на каталог реальных пар. Сравнение этих каталогов позволило сделать следующие заключения. Видимое на небе распределение двойных галактик лишь в малой степени соответствует их истинному пространственному распределению. Мысленно выделив в

пространстве некоторый объем, где находится 100 пар, мы обнаружим, что в каталог будут занесены только четыре из них. Остальные 96 окажутся слишком слабыми или же потеряются среди соседних галактик. Такая сильная избирательность напоминает ситуацию с айсбергом, полный объем которого вычисляют по надводной верхушке.

Эксперимент на ЭВМ выявил и другое важное обстоятельство. Каждая десятая пара в каталоге оказалась ложной, образованной в результате случайного соседства на луче зрения близкой и далекой галактик. Помимо этого, около 30% галактик в каталоге не представляют собой изолированных пар, хотя они и связаны друг с другом физически. Выяснилось, что это — ярчайшие галактики в далеких группах и скоплениях, чьи более слабые члены не видны. Анализ показал, что ложные, неизоллированные пары могут быть основной причиной «избытка массы». У настоящих гравитационно обособленных пар вычисляемые по орбитальным движениям массы галактик не содержат какого-либо избытка и хорошо согласуются с массами, определенными по вращению отдельных галактик.

Радиальные движения галактик в парах. Если видимое расстояние между компонентами пары максимально (слева), разность лучевых скоростей равна нулю, если видимое расстояние минимально, разность лучевых скоростей наибольшая





На вклейке

Фотографии двойных галактик, полученные на 6-метровом телескопе. Номера пар приводятся по «Каталогу изолированных пар галактик северного неба», составленному в Специальной астрофизической обсерватории АН СССР:

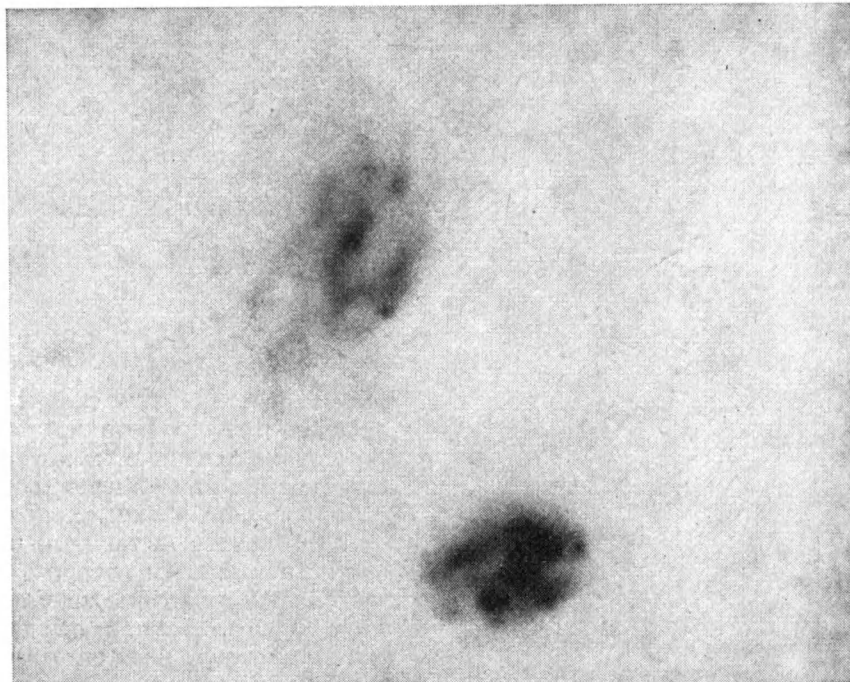
1. Пара № 368. Угловое расстояние между компонентами $37''$, лучевая скорость одного компонента 10763 км/с, другого 10713 км/с. Галактики соединены слабой перемичкой. Расстояние до пары 143 Мпс, видимые звездные величины галактик $15,7^m$

2. Пара № 506. Расстояние между компонентами $42''$, лучевая скорость одного компонента 1415 км/с, другого 1272 км/с. Эти карликовые галактики имеют короткие хвосты. В центре двойной системы проектируется звезда. Расстояние до пары 18 Мпс, видимые звездные величины галактик $15,2$ и $15,5^m$

3. Пара № 25. Расстояние между компонентами $8''$, лучевая скорость одного компонента 5954 км/с, другого 5504 км/с. Эта массивная пара эллиптических галактик погружена в общую оболочку. Расстояние до пары 76 Мпс, видимые звездные величины галактик $15,2$ и $15,4^m$

4. Пара № 470. Расстояние между компонентами $13''$, лучевая скорость одного компонента 5558 км/с, другого 5455 км/с. Обе галактики окружены несимметричной оболочкой. Расстояние до пары 73 Мпс, видимые звездные величины галактик $15,5^m$

5. Пара № 41. Расстояние между компонентами $20''$, лучевая скорость одного компонента 8992 км/с, другого 9249 км/с. Эти спиральные галактики имеют общую клочковатую оболочку. Расстояние до пары 122 Мпс, видимые звездные величины галактик $15,0$ и $15,6^m$



В последние годы обсуждается возможность существования протяженных массивных корон вокруг галактик. По некоторым косвенным признакам, слабосветящиеся короны из карликовых звезд могут содержать массу, в десятки раз большую, чем видимая масса самих галактик («Земля и Вселенная», № 3, 1975, с. 32—36.— Ред.). Проверить, есть ли большие массы вещества на окраине галактики, изучая характер вращения ее периферийных областей, очень трудно. Яркость галактических окраин слишком слаба. Если мы измерим взаимные, движения галактик в широких парах, мы как бы «взвесим» их вместе со всем возможным невидимым веществом, которое содержится между компонентами пары. Анализ широких пар показывает, что вокруг галактик

вплоть до расстояний 100 — 200 кпс нет никаких признаков существования невидимой массы.

Устраняя неопределенность в оценках масс галактик, мы уточняем и значение средней плотности вещества во Вселенной, от которого зависит выбор космологической модели.

Полученные на 6-метровом телескопе спектрограммы двойных галактик позволяют изучать и другие важные проблемы. Например, ответить на вопрос: в одном или же в противоположных направлениях вращаются галактики в тесных парах. Эволюция галактик в парах протекает параллельными путями. Различия такой синхронной эволюции у спиральных и эллиптических компонентов пар должны отражаться в особенностях их внутренних движений и в формах гравитационных возмущений.

Советские теоретики в Москве, Ленинграде, Бюракане, Тарту выдвинули немало оригинальных гипотез о происхождении, структуре и эволюции систем галактик. Результаты наблюдений на 6-метровом телескопе дают основу для проверки и уточнения представлений о грандиозном и неповторимом процессе образования галактик.

Расстояние между компонентами этой пары (№ 203) — $76''$, лучевая скорость одного компонента 3758 км/с, другого 3906 км/с. В этой паре искажена спиральная структура обеих галактик. Расстояние до пары 51 Мпс, видимые звездные величины галактик $13,9$ и $14,3^m$



Член-корреспондент АН СССР
А. С. МОНИН

Взаимодействие атмосферы и океана и климат

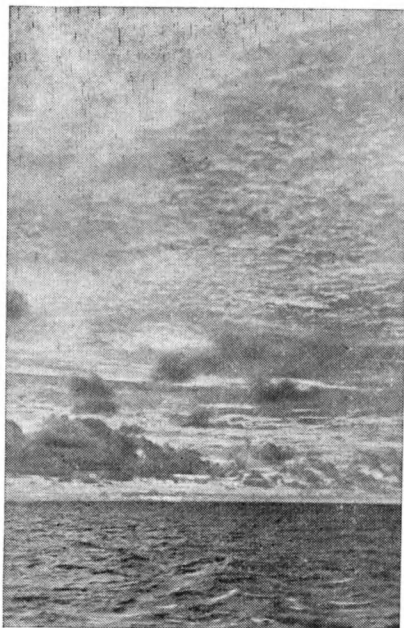
ЛОКАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Локальное взаимодействие атмосферы и океана заключается, прежде всего, в обмене количеством движения, теплом и влагой через свободную поверхность океана. Количественно описать эти процессы можно с помощью коэффициентов сопротивления, теплообмена и испарения, впервые введенных В. В. Шулейкиным еще в 1928 году и позволяющих рассчитывать вертикальные потоки количества движения, тепла и влаги на поверхность океана.

Эти коэффициенты, по-видимому, возрастают с увеличением скорости ветра. Если учесть, кроме того, что сильные ветры наблюдаются заметно чаще, чем это следует из гауссовского распределения вероятности для скорости ветра, то становится ясно, что обмен количеством движения, теплом и влагой между атмосферой и океаном происходит в основном в **областях штормов**. Здесь уместна аналогия с изменениями рельефа дна в прибрежной зоне моря, которые ничтожно малы в тихую погоду и значительны во время наиболее сильных штормов. С этой точки зрения становится понятным полученный недавно академиком Г. И. Марчуком интересный результат. С помощью численного интегрирования сопряженных уравнений гидродинамики ему удалось установить, что области долгосрочного влияния на погоду на территории СССР — это районы тропических ураганов Карибского моря и тайфунов западных тропиков Тихого океана.

Образующиеся при локальном вза-

Взаимодействие атмосферы и океана — грандиозное и величественное явление природы. Оно играет важнейшую роль в формировании многих океанских процессов, а также в питании атмосферы теплом и влагой. Эти процессы за месяцы и годы приводят к образованию долгосрочных аномалий погоды, а за десятилетия — к формированию климата.



имодействии атмосферы и океана вертикальные потоки количества движения, тепла и влаги вместе с «параметром плавучести» (произведение ускорения силы тяжести на коэффи-

циент расширения воздуха) определяют структуру **приводного слоя** воздуха над океаном. На этом предположении основывалась **теория подобия** для приземного слоя атмосферы, которая была разработана академиком А. М. Обухова и автором статьи еще в 1953 году. Теория стала основой для интерпретации метеорологических наблюдений в приземном слое воздуха при различной его температурной стратификации. С этой точки зрения приводный слой отличается от приземного лишь тем, что на его нижней границе могут возникать дрейфовые течения и существует обратное влияние океанских поверхностных волн на движения воздуха. Теория подобия позволяет рассчитывать основные характеристики локального взаимодействия атмосферы и океана, если известны скорость ветра и вертикальные разности температур и влажностей в приводном слое. Для таких расчетов построены специальные номограммы.

Теорию подобия можно расширить, чтобы применить ее ко всему атмосферному пограничному слою. Если слой стационарный и горизонтально-однородный (он называется экмановским пограничным слоем), то ко множеству определяющих величин следует добавить еще параметр Кориолиса. В таком виде теория подобия для экмановского слоя была предложена автором статьи в 1950 году и затем развивалась в ряде работ, выполненных совместно с А. Б. Казанским и С. С. Зилитинкевичем.

От эффектов локального взаимодействия атмосферы и океана зависит структура не только атмосферного пограничного, но и **верхнего перемешанного слоя** океана. В этом слое

определяющими величинами служат вертикальные потоки количества движения, тепла и соли, а также параметр плавучести и параметр Кориолиса (в динамической же теории одной из важнейших дополнительных величин оказывается вертикальный поток турбулентной энергии). Профили температуры и солености, как установил в 1960 году С. А. Китайгородский, здесь подобны. С помощью полуэмпирических теорий верхнего перемешанного слоя, развитых в последние годы многими авторами, можно определять его структуру, синоптические и сезонные изменения толщины, а также скачок плотности на его нижней границе.

ВЕТРОВЫЕ ВОЛНЫ

Одна из важнейших проблем теории верхнего перемешанного слоя — описание ветровых волн («Земля и Вселенная», № 5, 1967, с. 75—83.—Ред.). Каковы закономерности их образования, характер распределения поступающих из атмосферы потоков количества движения и кинетической энергии между ветровыми и внутренними волнами и дрейфовыми течениями? Важно также выяснить, как происходит «прокидывание» поверхностных волн и как они генерируют динамическую турбулентность. Динамическая турбулентность — это важный процесс, который вместе с термической турбулентностью, или конвекцией, создает перемешивание верхнего слоя и тем самым оказывает определяющее влияние на его толщину и ее синоптические и сезонные изменения («Земля и Вселенная», № 1, 1974, с. 9—16.—Ред.). Все эти проблемы пока не решены. Как показывают тонкие эксперименты, изящные теории генерации ветровых волн, предложенные американскими учеными О. Филлипсом и Дж. Майлсом, все же не вполне удовлетворительны, так как дают заниженную в несколько раз скорость роста ветровых волн. Из новых работ по генерации ветровых волн интересны численные эксперименты, проведенные в Ленинградском отделе Института океанологии АН СССР Д. В. Чаликовым.

ГЛОБАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Эффекты локального взаимодействия атмосферы и океана, суммируясь по площади и времени, приводят к формированию глобальных процессов. Наиболее важные среди них — **долгосрочные аномалии погоды**. Здесь следует упомянуть изучавшиеся в работах В. В. Шулейкина аномалии, создаваемые процессами типа термобарических сейш в атмосфере. Наиболее важным начальным полем для долгосрочного прогноза погоды служит поле температуры поверхностных вод в Мировом океане, причем даже небольшим аномалиям температуры могут соответствовать весьма значительные аномалии теплового содержания верхних слоев океана. Это убедительно показал член-корреспондент АН СССР В. Г. Корт по данным многолетних наблюдений на одном из разрезов течения Куроисио.

Ярким примером крупномасштабного процесса взаимодействия атмосферы и океана может служить явление Эль-Ниньо, изучавшееся норвежским ученым Дж. Бьеркнесом. Оно заключается в ослаблении восточных ветров на востоке экваториальной зоны Тихого океана. В результате **ослабляется подъем холодных вод**, верхний слой океана, а затем и атмосфера над ним прогреваются, усиливаются пассатная циркуляция и западно-восточный перенос в умеренных широтах и углубляется Алеутский циклон. Это явление принадлежит к числу стихийных бедствий: прекращение подъема глубинных вод на экваторе приводит к массовой гибели рыбы и резкому снижению уловов анчоуса. В Атлантике в это время ослабевает западно-восточный перенос в умеренных широтах, заполняется Исландский минимум, ослабевают восточные ветры к северу от Исландии и Арктика оказывается под влиянием антициклона на севере Аляски. Таким образом, процесс охватывает все северное полушарие Земли.

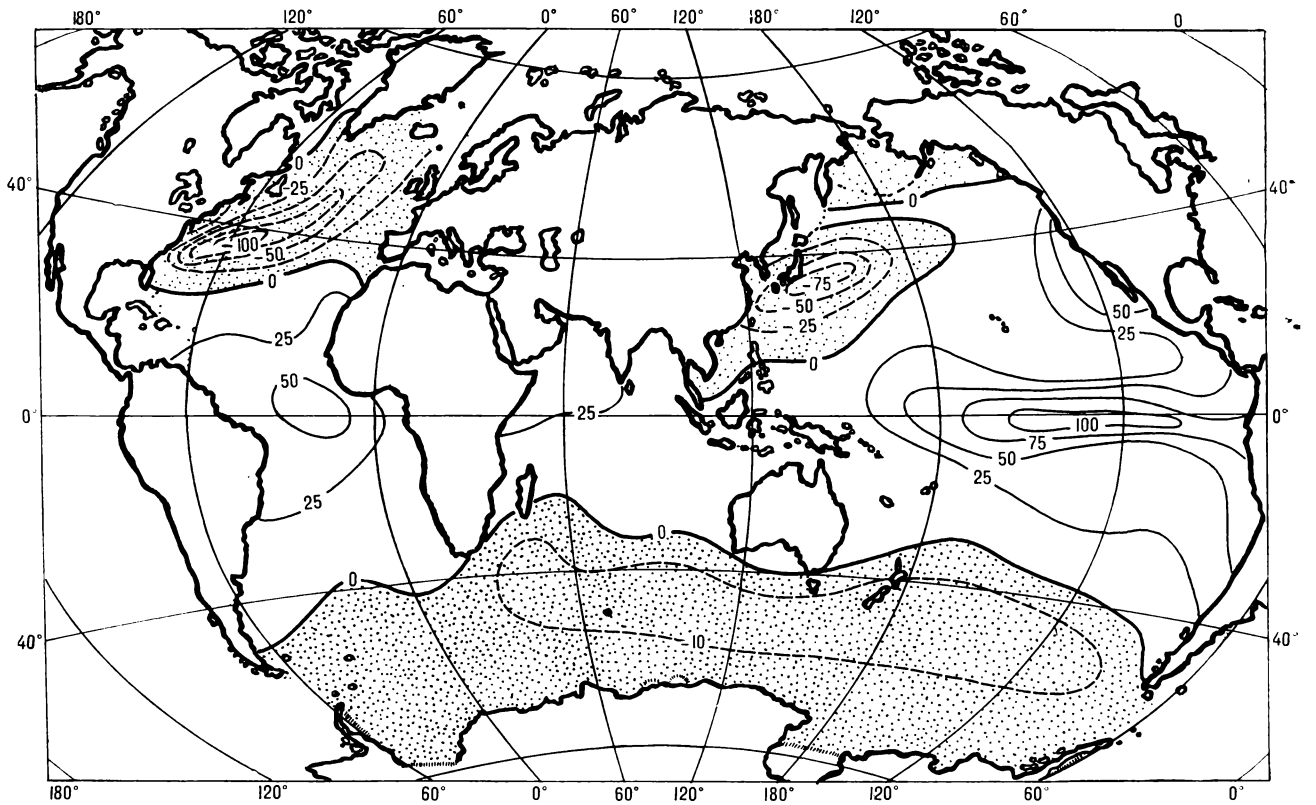
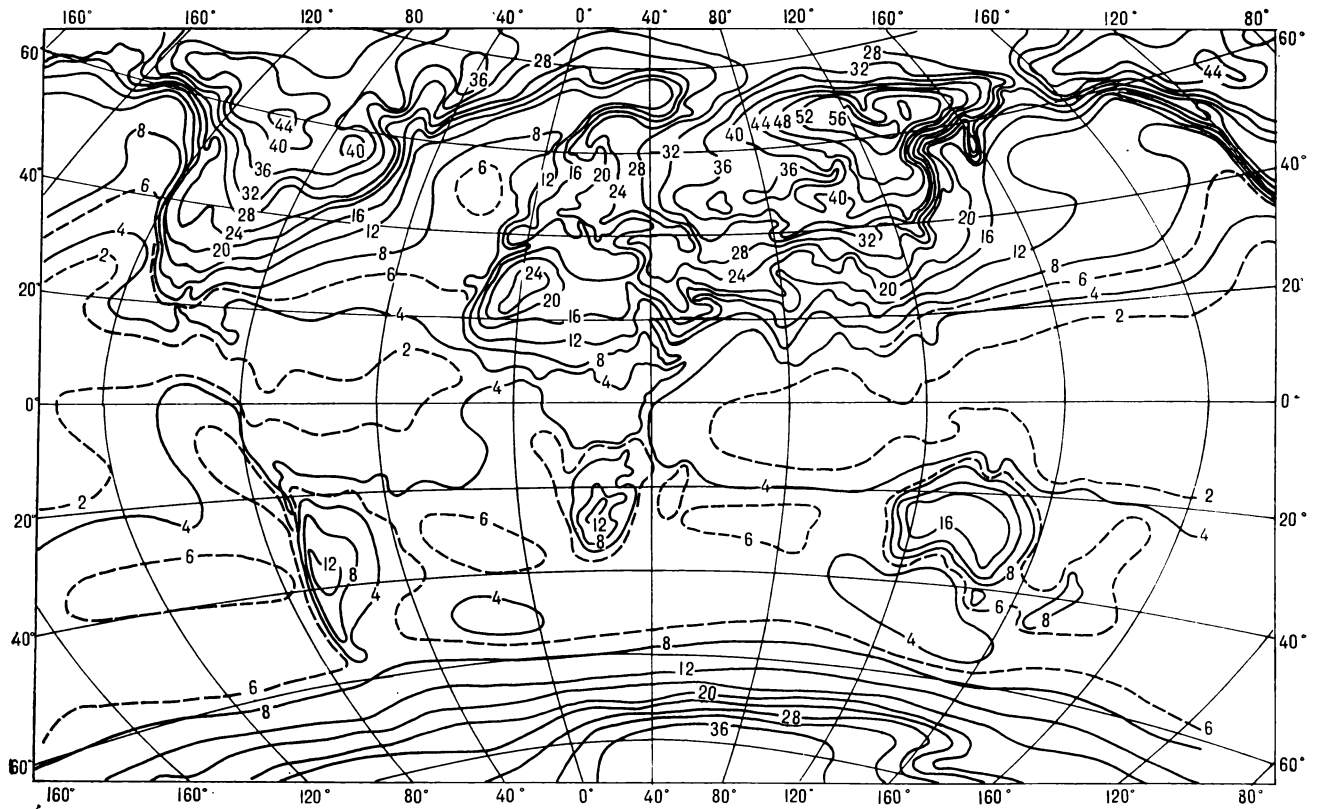
КЛИМАТ

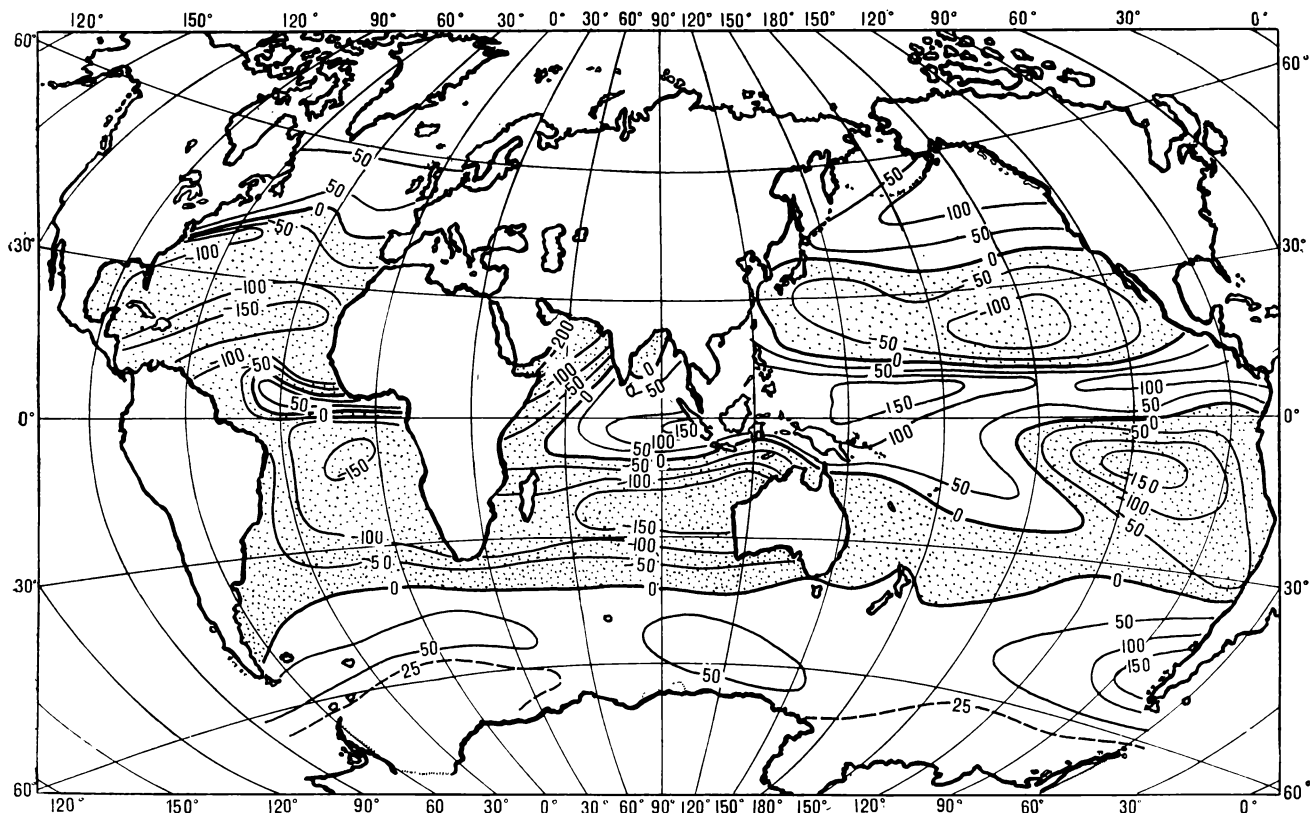
Глобальное взаимодействие атмосферы и океана играет важнейшую

роль в формировании климата. Климат определяется множеством состояний, через которые проходит система атмосфера — океан — суша за несколько десятилетий. Еще не так давно считалось, что климат определяют состояния только приземного слоя воздуха. Теперь же стало ясно, что нужно учитывать всю атмосферу и океан в их взаимодействии, а также подстилающую поверхность суши. Заметим, что карты типов климата не могут быть строго зональными — здесь, конечно, проявляются **различия между континентами и океанами**, причем их влияние сравнимо с эффектами широтной зональности.

Океаны с точки зрения их воздействия на атмосферу отличаются от континентов, прежде всего, своими **тепловыми свойствами** — гораздо большей теплопроводностью и теплоемкостью, а следовательно, и тепловой инерцией, сглаживающей короткопериодные температурные колебания (в том числе суточные и сезонные). Поэтому континенты больше, чем океаны, охлаждаются зимой и нагреваются летом. Таким образом, кроме средних годовых температурных контрастов между экватором и полюсами, создающих атмосферную и океаническую циркуляцию, в атмосфере возникают еще и сезонные температурные контрасты между континентами и океанами, которые, в свою очередь, создают сезонные циркуляции (их называют муссонными). В сезонных колебаниях наиболее резко проявляется разница между континентами (где амплитуды сезонных колебаний температуры приземного слоя воздуха весьма велики) и океанами (где они малы). Поэтому на карте температурных амплитуд суша и море четко разграничиваются даже без указания береговых линий.

Океаны и континенты различаются и по их **способности отражать коротковолновую солнечную радиацию**. Карты отражательной способности планеты (альбедо), построенные по спутниковым данным, показывают, что альбедо возрастает не только от экватора к полюсам, но и на одних и тех же широтах от океанов к континентам. Следовательно, континенты в среднем за год должны быть немно-





го холоднее океанов. Замечена также некоторая изменчивость планетарной карты альбеда от года к году — это один из источников долгосрочных колебаний погоды, а возможно, и изменений климата.

Сезонные температурные различия между океанами и континентами вид-

Географическое распределение разности между температурой воздуха летом и зимой. Сезонные изменения температуры настолько сильно зависят от подстилающей поверхности, что по изолиниям их амплитуды легко угадываются очертания материков. Цифры на изолиниях — разность температур в градусах Цельсия

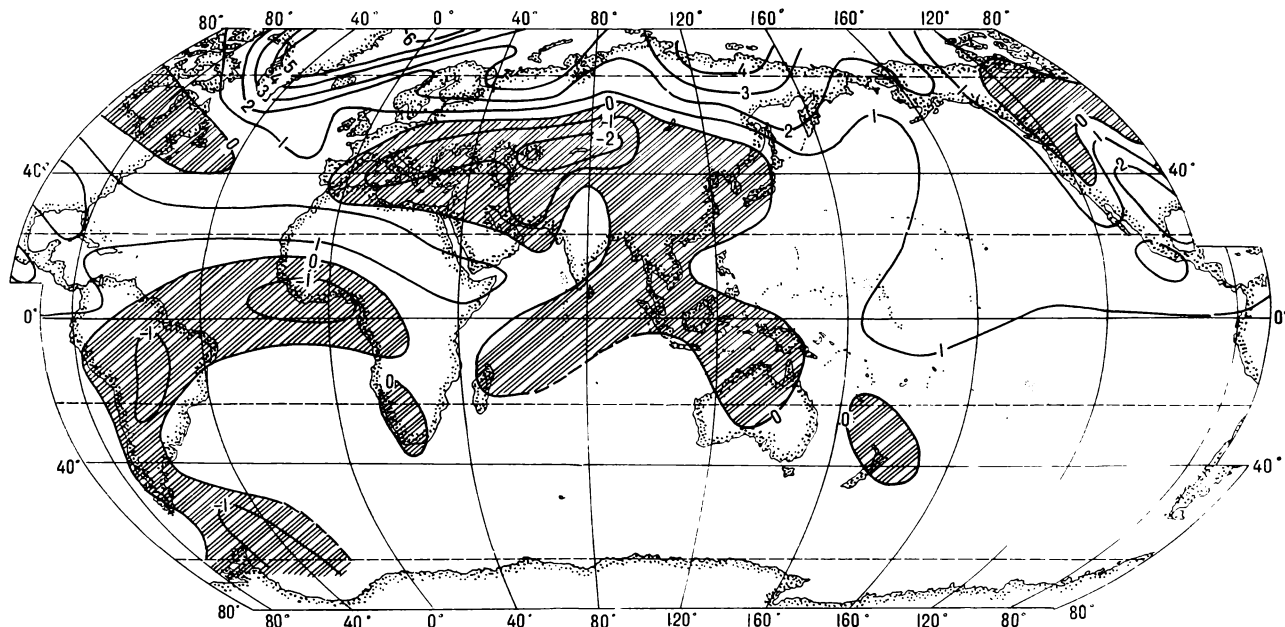
Бюджет тепла (разность между поглощением и расходом тепла в данном месте) поверхности Мирового океана в ккал/см² в год. Заштрихованы области, где расход тепла превышает его поглощение

ны на картах средних месячных температур на уровне моря. На зимних картах резко выделяются области наибольших холодов в Антарктиде, Якутии, Северной Канаде и Гренландии, на летних — области наиболее сильной жары в субтропических пустынях Африки, Южной Азии и Мексики. Влияние муссонов наглядно демонстрируется средними месячными картами атмосферного давления на уровне моря. В океанах видны субтропические области высокого давления, увеличивающегося от зимы к лету (в северном полушарии — Азорская и Гоналульская, в южном — Южно-Тихоокеанская, Святой Елены, Маврикия), и расположенные ближе к полюсам области низкого давления, понижающегося от лета к зиме (в северном полушарии — Исландская и Алеутская, в южном — Циркумантарктическая). На континентах видны зимние области высокого давления (в Сибири, Канаде, Южной Африке и Австралии), летом сменяющиеся областями пониженного давления.

На картах годичной суммы осадков выявляются влажная зона внутритропической зоны конвергенции («Земля и Вселенная», № 4, 1978, с. 28—32. — Ред.) и засушливые зоны субтропических пустынь. Здесь можно проследить тенденции к увеличению осадков от субтропиков к умеренным широтам, от континентов к океанам, а также в прибрежных районах муссонных областей и на наветренных (главным образом, западных) склонах гор.

В задаче описания климата океана большую роль сыграли работы сотрудника Института океанологии АН СССР В. Н. Степанова. Рассмотрим некоторые полученные им зональные

Бюджет влаги (разность между испарением и осадками) поверхности Мирового океана в мм/см² в год. Заштрихованы области, где испарение превышает количество выпадающих осадков



характеристики климата океана. **Тепловой бюджет океана** положителен (океан нагревается) в тропической зоне между 30° с. ш. и 15° ю. ш. и отрицателен (океан охлаждается) вне этой зоны. Максимальный положительный бюджет наблюдается в экваториальной области Тихого океана, а наибольший отрицательный — в зонах Гольфстрима и Куроисио. **Средние годовые зональные температуры** поверхности океана в тропической зоне превышают 25°, в умеренных широтах они быстро убывают от полюсов. Средняя температура всей толщи вод Мирового океана (без Арктического бассейна) составляет 5,7 °С.

Водный бюджет океана положителен (осадков больше, чем испарения) в экваториальной зоне между 10° с. ш. и 5° ю. ш. и в умеренных широтах и отрицателен (испарения больше, чем осадков) в тропиках и субтропиках. Максимальный положительный бюджет наблюдается в западной части экваториальной области Тихого океана, а наибольший отрицательный — в субтропиках, особенно в Атлантике. **Соленость поверхностных вод** океана максимальна в субтропиках, имеет частный минимум в экваториальной зоне и убывает к полюсам в умеренных широтах. Средняя соленость всей

толщи вод Мирового океана равна 34,71‰.

Постоянные течения на поверхности океана (их средняя скорость 12—20 см/с) связаны, по-видимому, с ветрами. Создаваемые ими нагоны, а также расширение и сжатие вод приводят к отклонениям поверхности океана на несколько дециметров (вверх и вниз) от равновесного уровня. Наибольшие отклонения вверх — на западной периферии океанов, особенно в субтропиках, а вниз — в околополярных районах. В движении вод океана значительный вклад вносят также синоптические вихри с горизонтальными размерами порядка 100 км («Земля и Вселенная», № 3, 1979, с. 14—18. — Ред.).

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Глобальное взаимодействие атмосферы и океана влияет как на формирование климата, так и на генерацию процессов его изменений. Наиболее наглядно это видно на примере **климатических колебаний** с периодами в десятки и сотни лет. Так, потепление в первой половине нашего столетия, по данным американского ученого Дж. Митчелла, происходило на океанах. На континентах же, на-

оборот, в это время было небольшое похолодание. «Малый ледниковый период» (XVIII—XIX века), по предположениям Дж. Бьеркнеса, можно объяснить положительной обратной связью между развитием аномалий температуры атлантических вод (отрицательных вблизи Исландии и положительных в Саргассовом море) и ослаблением зимней атмосферной циркуляции в умеренных широтах над Атлантикой.

Чередувание ледниковых периодов, с характерными для них грандиозными континентальными ледниковыми щитами, и **интергляциалов** (когда эти щиты практически полностью стаявали) через 20—100 тысячелетий происходили в плейстоцене. Аналогичная переменяемость, по-видимому, имела место и в более ранние леднико-



Изменения средних зимних температур в 1920—1930 годах по сравнению с 1900—1919 годами. Потепление климата произошло на океанах, похолодание — на материках (заштрихованные области). Резко потеплело в Арктике. Цифры на изолиниях — амплитуды изменения температуры в градусах Цельсия

вые эпохи. Согласно югославскому ученому М. Миланковичу, ее можно объяснить как результат резонансно усиленных вынужденных колебаний, создаваемых колебаниями элементов земной орбиты и наклона экватора к эклиптике. Прямые свидетельства в пользу такого объяснения — недавно обнаруженные американскими учеными Дж. Хейсом, Дж. Имбри и Н. Шеклтоном в спектрах климатических индикаторов периоды в 20, 40 и 100 тыс. лет, предсказанные теорией М. Миланковича.

В теплые геологические эры резонансного усиления вынужденных колебаний климата не происходило и эти колебания были ничтожно малы, так как в их минимумах климатический фон еще оставался настолько теплым, что континентальные ледниковые щиты не образовывались. В этой схеме нужно еще объяснить изменения (похолодания и потепления) климатического фона геологических эр с масштабами времени порядка десятков и сотен миллионов лет. Их можно объяснить тем, что при изменениях конфигурации океанов и континентов (вследствие движения континентов) качественно изменяется глобальное взаимодействие атмосферы и океана.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Количественные теории глобального взаимодействия атмосферы и океана вырабатываются на основе тех или иных физико-математических моделей атмосферы и океана в их взаимодействии (более полно: всей системы атмосфера — океан — суша). Такие модели можно подразделить на **малопараметрические** («модели с сосредоточенными параметрами») и **многopараметрические** (гидродинамические). Первые не претендуют на количественные детали климатических карт, они описывают лишь суммарные характеристики. Но пока не созданы сверхмощные вычислительные машины, которые позволили бы ставить статистико-гидродинамические численные эксперименты с многopараметрическими моделями, можно получать конструктивные результаты с помощью малопараметрических моделей. Но, конечно, исчерпывающую количественную теорию глобального взаимодействия атмосферы и океана обеспечивают лишь многopараметрические модели.

В минимальное число рассчитываемых характеристик должны входить средняя глобальная температура при-

земного слоя воздуха и типичная разность температур между экватором и полюсами. Такие модели можно строить по образцу разработанной членом-корреспондентом АН СССР Г. С. Голицыным теории подобия для циркуляции планетных атмосфер, добавляя величины, характеризующие роль океанов и континентов. Примером может служить модель, построенная в 1976 году в работе С. С. Зилитинкевича и автора. Укажем также модель с сосредоточенными параметрами В. Я. и С. Я. Сергиных, предназначенную для описания пережимаемости ледниковых периодов.

В разных странах мира построено уже несколько десятков многopараметрических моделей атмосферы, но многopараметрических моделей системы атмосфера — океан — суша пока всего две. Первая была предложена в 1969 году С. Манабе и К. Брайнсом (США) и уже дала обнадеживающие результаты. Некоторые ее недостатки удалось позднее исправить в другой модели, разработанной в 1976 году Д. В. Чаликовым при участии В. Г. Турикова, С. С. Зилитинкевича и автора статьи. Дальнейшее развитие моделей такого рода должно создать основу и для долгосрочных прогнозов погоды, и для теории климата.



ГРАД И ЧАЙНЫЕ ПЛАНТАЦИИ

Один из наиболее подверженных градобитию районов Земли — так называемый «чайный пояс» в Кении, где сосредоточено большинство чай-

ных плантаций страны. Каждый год здесь бывает около 130 дней, когда выпадает град (это в 10 раз больше, чем в наиболее подверженном градобитиям районе США).

Суан Тан-Шнелл (Центр атмосферных исследований, Боулдер, Колорадо, США) и Рассел С. Шнелл (Управление по изучению океана и атмосферы США, там же) исследовали это явление. Они установили, что на обрывах листьев и других отходах чайных кустов скапливаются капли переохлажденной атмосферной влаги, которые превращаются в град. Эксперименты показали, что эти отходы служат ядрами конденсации лучше, чем пыль или обрывки листьев других растений.

Выяснилось, что пыль, образуемая частицами «чайного» происхождения, может способствовать образованию градин даже при температуре -5°C , которая намного выше температуры конденсации в обычных условиях. На частицах другого растительного или почвенного происхождения конденсация начиналась только при температуре ниже -9 или -15°C . Следовательно, над чайными плантациями град может образовываться при существенно более теплой погоде, а значит, и чаще, чем в окружающих районах.

«Science News», 115, 5, 1979.

В июне 1979 года в Государственный реестр открытий СССР внесено научное открытие. Новый предвестник землетрясений — повышение электрической проводимости горных пород обнаружил заведующий лабораторией Института физики Земли АН СССР О. М. Барсуков. Исследования, проведенные ученым на Памире и в других сейсмоактивных районах нашей страны, показали, что за несколько месяцев или недель до сейсмического толчка электропроводность может возрасти на десятки процентов.

Кандидат физико-математических наук
О. М. БАРСУКОВ

Электропроводность горных пород и землетрясения

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

В мае 1967 года от подножья хребта Петра Первого, расположенного в Восточном Таджикистане, по крутому серпантину медленно поднималась вверх колонна из четырех автомашин. Колонна двигалась из Гарма в Газор-Чашму. По прямой эти пункты совсем близко, километрах в десяти-двенадцати, а по горным дорогам в двух с половиной часах езды...

Гарм — поселок на берегу бурной реки Сурхоб, центр самого крупного в Средней Азии геофизического полигона, где разрабатываются и опробуются методы прогноза землетрясений. Конечный пункт маршрута, поселок Газор-Чашма (что по-таджикски означает Тысяча Родников) примостился на высоте более 2000 м над уровнем моря. Дальше машины не идут, дальше — только горные тропы. В поселке размещается базовый лагерь полевого отряда Методической электромагнитной экспедиции Института физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР. Задача отряда — обнаружить возможные сейсмогенные изменения электрического сопротивления горных пород перед крупными подземными толчками и после них.

Газор-Чашма — подходящее место для такого поиска: с 1964 года здесь существенно увеличилось число землетрясений. Предполагается, что пе-



ред сейсмическим ударом в гипоцентральной зоне (зона очага землетрясения) могут изменяться электрические свойства горных пород, в частности, их электропроводность. Измерить ее на глубине можно методом **дипольных электрических зондирований**. Через два электрода (питающий диполь) в землю пропускается электрический ток. На некотором расстоянии также с помощью двух заземленных электродов (приемный диполь) измеряется разность потенциалов.

Включение источника тока в заземленную линию создает в земной коре электрическое поле, распределение которого зависит от строения участка и от удельного сопротивления слагающих его горных пород. Изменение удельного сопротивления на глубине можно оценить по разности потенциалов, которая пропорциональна силе тока, эффективному сопро-

тивлению пород и некоторому коэффициенту, связанному с геометрическими параметрами дипольной установки. Если все электроды жестко закреплены на местности, этот коэффициент постоянен и отношение разности потенциалов к силе тока меняется только в зависимости от сопротивления пород.

Расстоянием между питающим и приемным диполями определяется **глубинность исследований**. Так, сравнительно близко закрепленные дипольные пары «не чувствуют» изменений сопротивления на большой глубине. Эти изменения можно зарегистрировать, если разнести диполи дальше друг от друга; в этом случае уменьшается влияние верхних слоев.

Мы прибыли в Газор-Чашму. На одной из автомашин был установлен генератор электрического тока мощностью 26 кВт, работавший от автомобильного мотора. Ток от генератора силой более 50 А через питающий диполь пропускался в землю, а создаваемое им электрическое поле измерялось системой приемных станций, расположенных в нескольких километрах от Газор-Чашмы. Три стан-

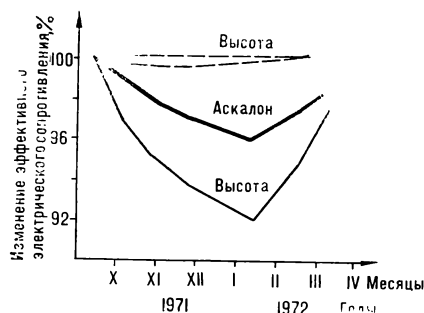
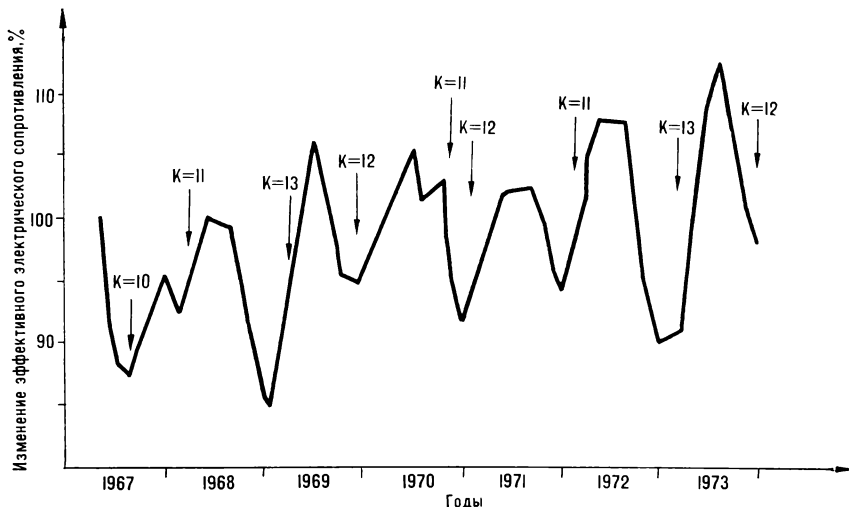
Схема расположения станций, измерявших электросопротивление горных пород

ции — Высота (3400 м над уровнем моря), Куль (2000 м) и Аскалон (1800 м) — создавали профиль из приемных пунктов на расстояниях 3, 6 и 10 км от питающего диполя. Глубины исследований для них различались также в отношении 3 : 6 : 10. На профиле регулярно регистрировались отношения разности потенциалов на каждом приемном диполе к силе тока в питающем диполе и наблюдались изменения этого отношения во времени.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПЕРЕД ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ

Систематические наблюдения с 1967 по 1974 год показали, что перед землетрясениями с энергией более 10^8 Дж в районе дипольной пары Газор-Чашма — Высота эффективное электросопротивление уменьшалось. Эти вариации для относительно сильных (10^{12} — 10^{13} Дж) и близких землетрясений составляли 15—18%, для более слабых (10^8 — 10^{10} Дж) и удаленных — 7—8%. Оказалось, что перед всеми без исключения сейсмическими толчками в районе исследования сопротивление уменьшается, и чем больше энергия толчка, тем глубже минимум на кривой записи сопротивления.

Причинно-следственная связь событий как будто бы была налицо. Но все же оставались сомнения: не вызваны ли вариации эффективного сопротивления сезонным изменением влажности или температуры верхнего слоя пород. Рассеять эти сомнения помогли наблюдения на дипольной паре Газор-Чашма — Высота перед землетрясением 10 февраля 1972 года и после него. В этих наблюдениях использовали **переменное электрическое поле**. Известно, что переменный ток высокой частоты концентрируется у поверхности проводников (скин-эффект). Чем ниже его частота и чем больше удельное сопротивление, тем на большую глубину проникает поле внутри проводника. Если известно среднее удельное сопротивление горного массива в районе исследований, то можно определить глубину, на



которой поле за счет скин-эффекта уменьшится, например, в 10 раз.

К концу 1971 года, когда эффективное сопротивление вновь начало уменьшаться, стало очевидным, что в ближайшие 2—3 месяца в районе произойдет очередное землетрясение с энергией 10^9 — 10^{11} Дж. Тогда и была предпринята попытка оценить макси-

■ *Вариации электросопротивления, зарегистрированные на дипольной паре Газор-Чашма — Высота. Стрелки указывают время землетрясений. К — энергетический класс (десятичный логарифм энергии землетрясений в джоулях)*

■ *Наблюдаемое изменение электросопротивления горных пород при зондировании постоянным током (жирные линии) и переменным током на частотах 128 и 450 Гц (пунктирные линии)*

мальную глубину, на которой может меняться удельное сопротивление горных пород. Для этой цели использовали переменный ток на частотах 128 и 450 Гц. Максимальные глубины, куда проникает поле (десятикратное уменьшение плотности тока), для этих частот составляют 1500 и 800 м. Регулярные пятимесячные наблюдения на дипольной паре Газор-Чашма — Высота не выявили каких-либо изменений сопротивления на указанных частотах ни перед землетрясением, ни после него. Совершенно иной результат дало зондирование **постоянным током** — эффективное сопротивление обратно уменьшилось почти на 10%. А это означало, что кривая эффективного сопротивления отражает глубинные процессы подготовки землетрясения и не связана с изменениями сопротивления поверхностных слоев. Другими словами, в процессе подготовки сейсмического удара на глубинах более полутора километров происходят обратимые изменения удельного сопротивления горных пород, которые могут служить одним из критериев прогноза.

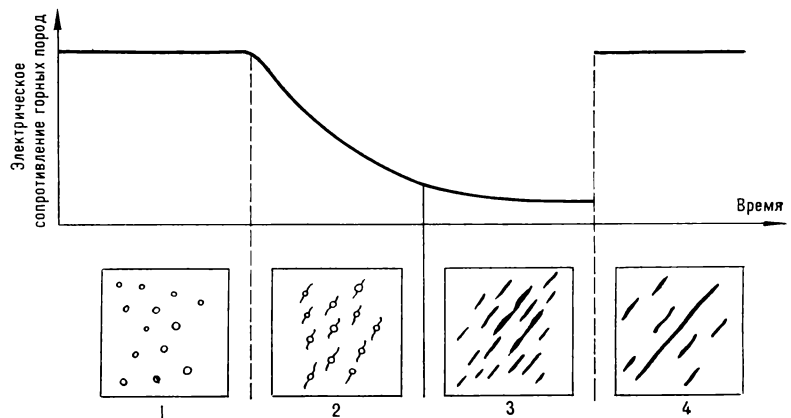
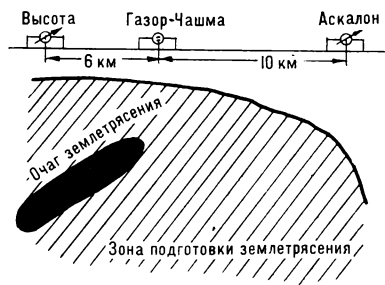
Землетрясение 10 февраля 1972 года произошло вблизи станции Высота и его гипоцентр был на глубине 5—10 км. Уменьшение сопротивления при зондировании постоянным током с октября 1971 года до сейсмического толчка на станции Высота составило 7%, а на станции Аскалон — 4%. Расстояние от эпицентра до станции Ас-

калон 15 км, поэтому можно считать, что размеры области, где удельное сопротивление изменяется, по крайней мере, превышают эту величину. По-видимому, наша оценка размеров области относится только к ее поперечнику, так как профиль Высота — Газор-Чашма — Аскалон проходит в северо-западном направлении, а тектонический разлом, к которому приурочены местные землетрясения, имеет северо-восточное простирание.

ПОДГОТОВКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Современные гипотезы формирования очага основаны на том, что **число и размеры микротрещин**, хаотически распределенных в горных породах, с ростом упругих напряжений в некотором объеме **возрастают**. Когда расстояния между трещинами становятся сравнимыми с их линейными размерами, отдельные группы микротрещин объединяются в более крупные трещины. Размеры их растут. В результате лавинообразного укрупнения трещин возникает единый крупный **магистральный разрыв** — происходит землетрясение. Процесс трещинообразования влечет за собой изменения физико-механических свойств горного массива перед землетрясением, и представления об этом процессе положены в основу разработки методов прогноза.

Электрическое сопротивление большинства горных пород определяется главным образом количеством пор и трещин, заполненных **электропроводящей поровой жидкостью**, и их структурой (извилистостью). Поровая жидкость содержится практически повсеместно, по крайней мере, до глубины 5—10 км. Трещины, возникающие перед землетрясением, зарождаются на границах отдельных зерен минералов, где, как правило, концентрируются и поры. Содержащаяся в них жидкость перетекает под давлением в новые трещины, создавая отрезки токопроводящих каналов. Последующий лавинный рост трещин увеличивает их длину в направлении, параллельном будущему магистральному разрыву. Изолированные «пузырьки» электропроводящей жидкости формируются в плоские протя-



женные проводники, которые и уменьшают электрическое сопротивление среды. Деформируясь и уменьшаясь в объеме, поры выталкивают жидкость под большим давлением, а это понижает прочность породы, способствуя дальнейшему развитию трещин и, как следствие, приводит к хрупкому разрушению — землетрясению.

Такой механизм подготовки землетрясения — пока еще рабочая гипотеза.

Предполагаемые очертания зоны подготовки землетрясения перед сейсмическим ударом 10 февраля 1972 года

Уменьшение электрического сопротивления горных пород (верхний график) на различных стадиях образования магистрального разрыва: 1 — поры, заполненные электропроводящей жидкостью; 2 — образование трещин; 3 — развитие и взаимодействие трещин, увеличение числа и размеров токопроводящих каналов; 4 — магистральный разрыв — землетрясение

Она основывается на **лабораторных исследованиях** образцов горных пород при температуре и давлении, которые характерны для глубин, где формируются очаги. Многочисленные опыты показывают, что в образцах пород при внешнем статическом всестороннем сжатии с ростом внутреннего порового давления жидкости существенно понижаются и электрическое сопротивление, и сопротивление разрушению. Рост числа и размеров трещин приводит к локальному увеличению объема, охваченного процессом подготовки землетрясения. Это, по-видимому, и есть причина наблюдаемых перед толчком аномальных наклонов и деформаций дневной поверхности, уменьшения скорости упругих волн, изменения дебита воды в источниках и скважинах, повышения концентрации радона и т. д. («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 10—14.— Ред.). Для объяснения всех перечисленных предвестников землетрясений не требуется жидкая фаза в трещинах, их можно описать процессом трещинообразования как сухой, так и увлажненной породы.

Вопрос о роли жидкости и порового давления в очаговой зоне одно-

значно решается только методом электрического зондирования, который позволяет наблюдать за изменениями электрического сопротивления на большой глубине. Дело в том, что при постоянной температуре заметно изменить электропроводность горного массива могут только привнос жидкости, ее перераспределение или вариации ее порового давления. В сухой же горной породе электропроводность меняется крайне мало как при образовании трещин, так и при изменении внешних давлений. С этой точки зрения наблюдаемые в Газор-Чашме вариации электрического сопротивления подтверждают роль поровой жидкости в процессе формирования очагов, по крайней мере, определенного класса землетрясений.

Американские исследователи повторили наш эксперимент в 1973—1974 годах. Они наблюдали изменение электропроводности над разломом Сан-Андреас (Калифорния). Как и в нашем случае, изменения эффективного сопротивления на величину порядка 15—20% предвещали землетрясения с магнитудой 3,5—4,0.

«ПЛОТИННЫЕ» ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Прямое доказательство того, что поровое давление влияет на формирование очага, — «плотинные» землетрясения («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 29. — Ред.). Создание крупных водохранилищ иногда приводит к сейсмическим явлениям в районах, которые ранее считались несейсмичными, или к усилению активности в слабосейсмичных районах. Так, при заполнении водохранилища Гувер на реке Колорадо (США) в 1935—1939 годах впервые были зарегистрированы толчки значительной магнитуды, которые по времени совпали с сезонным изменением уровня воды. Позднее аналогичные совпадения наблюдались и в других местах. Аномальный ход сейсмической активности во всех случаях был связан с режимом заполнения и не имел прямого отношения к возведению самих плотин. Количество освобождаемой сейсмической энергии в большинстве случаев росло по мере повышения



уровня воды и уменьшалось спустя некоторое время после прекращения заполнения. Начало активности, как правило, регистрировалось, когда уровень воды достигал 100-метровой отметки.

Уместно напомнить также известный феномен землетрясений, вызванных закачкой сбросовых вод в глубокие скважины в Денвере (штат Колорадо, США) и вблизи Мицусиро (Япония). В обоих случаях уровень сейсмической активности однозначно коррелировал с повышением или понижением давления воды при закачке. Предполагается, что «плотинные» землетрясения имеют сходный механизм с Денверским и Мацусирским феноменами и связаны с уменьшением прочности горного массива за счет роста давления жидкости в порах и трещинах при заполнении водохранилища (или при повышении давления воды в скважинах).

Меняется ли при этом электропроводность горного массива? Ответить на этот вопрос предстояло дагестанским геофизикам. Создание Чиркейской ГЭС на реке Сулак вызвало увеличение сейсмической активности в районе заполнения. В 1976 году здесь были начаты регулярные наблюдения за вариациями электрического сопро-

тивления. Первый год работы показал перспективность электрического прогноза «плотинных» землетрясений в этом районе. Многие толчки, вызванные изменениями уровня водохранилища, предвещались значительным уменьшением эффективного сопротивления, достигающим 20—25%.

Интересно отметить, что в качестве генератора тока здесь использовали установку мощностью 100 кВт, которая питалась энергией Чиркейской ГЭС. В ближайшем будущем дагестанские геофизики предполагают увеличить мощность установки до 2—3 МВт и попытаться заглянуть в «кухню землетрясений» на 15—20-километровую глубину. Большая сила тока для целей прогноза впервые применялась на Гармском геофизическом полигоне. В 1974 году в Газор-Чашме успешно опробован импульсный магнито-гидродинамический генератор (МГД) мощностью около 5 МВт. С 1975 года сеть приемных диполей, установленных на сейсмических станциях Гармского полигона, ведет регулярные патрульные наблюдения за изменениями эффективного электрического сопротивления на площади около 10 000 км².

Исследования временных вариаций электропроводности горных массивов входят в комплекс геофизических методов прогноза землетрясений и интенсивно ведутся в сейсмоопасных районах Средней Азии и Северного Кавказа.

Общий вид источника энергии геофизической установки с МГД-генератором



И. С. ИВЧЕНКО
Ю. Я. РУЖИН

Искусственные плазменные образования в атмосфере

АКТИВНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КОСМОСЕ

До недавнего времени всю информацию о физических процессах в околоземном космическом пространстве получали, главным образом, путем пассивных наблюдений этих процессов. Из-за технических трудностей попытки воздействовать на среду и изучать явления, вызванные такими возмущениями, не предпринимались. Поэтому со времени запуска первых космических аппаратов наши представления о ближнем космосе не так уж сильно изменились. Приборы, устанавливаемые на спутниках и ракетах, измеряли характеристики космического пространства только в определенных точках и не давали общей картины явлений.

Теперь все большее развитие получают активные (управляемые) эксперименты в космосе, позволяющие глубже понять различные процессы в плазменной оболочке Земли («Земля и Вселенная», № 1, 1974, с. 32. — Ред.).

Идея таких экспериментов не нова. Она родилась при изучении газовых хвостов комет, которые можно рассматривать как естественные зонды в межпланетной среде, так как поведение ионов в таких хвостах определяется взаимодействием с космической плазмой и сильно зависит от параметров последней. Но поскольку физика газовых хвостов комет еще недостаточно изучена, их нельзя использовать как непосредственный источник количественной информации о межпланетной среде.

Получить такую информацию можно, если смоделировать подобное

Околоземное космическое пространство — это гигантская «лаборатория», которая теперь используется для проведения активных экспериментов. Воздействуя на космическую среду искусственными плазменными образованиями, ученые исследуют характеристики ионосферы и магнитосферы.

взаимодействие, создав в межпланетном пространстве искусственные плазменные облака, свойства которых известны. Такие облака легко инжектировать с космического аппарата и наблюдать наземными приборами. Эксперименты с облаками помогают изучать околоземную плазму, геомагнитное поле, электрические поля в ионосфере.

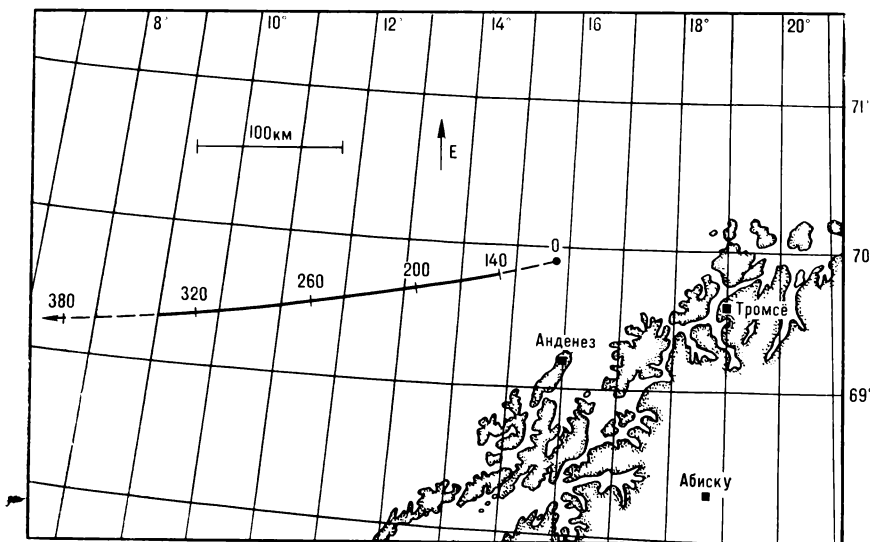
БАРИЕВЫЕ ОБЛАКА

Сначала считали, что для создания плазменных облаков нужно использовать вещества, которые встречаются в хвостах комет, например окись углерода. Однако тогда потребовалось бы выбрасывать колоссальные количества вещества (порядка тонны), что, конечно, трудно осуществить в ракетном или спутниковом эксперименте. Чтобы избежать трудностей, необходимо выбирать вещества, которые легче испаряются. Кроме того, выброшенные вещества должны создавать облака, которые излучают в видимом диапазоне спектра: их легко наблюдать с поверхности Земли оптическими приборами и невооруженным глазом. Следующее требование касается ионизации атомов вы-

бранного вещества. Наиболее экономичный источник ионизации, не требующий никаких дополнительных устройств на космическом аппарате, — солнечная радиация. Ультрафиолетовое излучение Солнца ионизует атомы некоторых щелочноземельных элементов, но для эксперимента необходимо выбирать такие, которые имеют низкий потенциал ионизации и малое характерное время фотоионизации.

Учитывая эти требования, отобрали несколько элементов, среди которых следует выделить, например, кальций, барий, стронций, европий, цезий, литий. Первым элементом, искусственно инжектированным в космос, стал натрий. Облако было выброшено на высоте 430 км с борта советской ракеты, доставившей первый космический аппарат к Луне. До 1974 года в верхние слои атмосферы в экспериментах, проведенных в СССР, США и ФРГ, было выброшено несколько десятков килограммов натрия, цезия и около двух тонн различных смесей с барием. В 1962 году в США на высоте 105 км взорвали контейнер, содержащий 95 т воды. Это была неудачная попытка искусственным путем создать серебристые облака.

В конце концов наиболее подходящим элементом был признан барий. Во-первых, он легко испаряется уже при температуре около 2000 К, во-вторых, его требуется немного (даже 100 г бария создают достаточно яркое образование). В-третьих, время, необходимое для фотоионизации атомов бария солнечным ультрафиолетовым излучением, составляет всего 15—30 секунд. И хотя потенциал ионизации бария выше, чем, например, цезия, он ионизируется гораздо



быстрее. Объясняется это тем, что фотоионизация бария ультрафиолетовым излучением Солнца может осуществляться в две стадии: при поглощении падающего кванта электрон переходит на метастабильный уровень, а при поглощении следующего кванта электрон отрывается — происходит ионизация. И наконец, наиболее яркие линии излучения бария лежат в видимой части спектра. К тому же излучения нейтрального и ионизованного бария различны по цвету, а это облегчает оптические наблюдения.

После создания первых искусственных облаков в верхней атмосфере долгое время исследовались разные методы испарения бария. В результате выяснилось, что лучше всего барий испаряется, если использовать смесь окиси меди с металлическим барием. В ходе реакции между этими веществами барий частично сгорает и дает количество тепла, достаточное для разогрева компонентов смеси до 2000 К. Избыток тепла идет на испарение излишков бария и на-

гревание полученного пара. Реальная эффективность испарения 10—15%.

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ИСКУССТВЕННЫМИ ОБЛАКАМИ

Наибольшее количество информации об искусственных бариевых облаках дают оптические наблюдения. Для определения пространственного положения и формы облака наблюдения, как правило, проводятся с двух или более наземных станций, разнесенных на достаточно большое расстояние, или с борта самолета. Используют главным образом фотокамеры с высокочувствительной пленкой, высокочувствительные телевизионные установки, электронно-оптические усилители света, электрофотометры.

Чтобы произошла фотоионизация выбрасываемого вещества, оно должно быть освещено солнечным ультрафиолетовым излучением. А для успешного проведения оптических наблюдений станции должны находиться в тени Земли. Одновременно эти условия выполняются перед восходом и сразу после захода Солнца, когда оно уже за горизонтом, но освещает область неба, где проводится эксперимент.

Облако паров бария, оставаясь нейтральным в первые секунды своего существования, затем смещается под действием атмосферных ветров (если оно выброшено в верхних слоях ат-

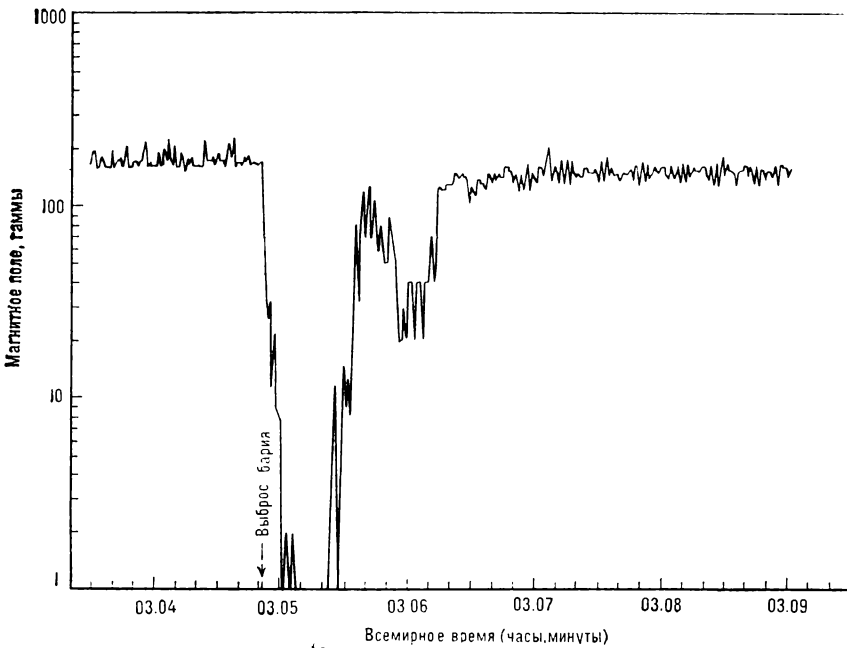
мосферы). По окончании процесса фотоионизации оно будет состоять уже из заряженных частиц — ионов бария и электронов. Поведение заряженных частиц в плазме определяется их диффузией и дрейфом в электрическом и магнитном полях. Направление дрейфа перпендикулярно и электрическому, и магнитному полям, а скорость зависит только от напряженности полей. Таким образом, измерив скорость дрейфа ионных облаков и зная величину магнитного поля Земли, можно определить электрическое поле в заданной точке пространства. Большое число экспериментов подобного типа даст глобальную картину электрических полей в ионосфере Земли. Поскольку облака вытягиваются вдоль силовых линий магнитного поля, то наблюдения за ними позволяют уточнить и направление магнитного поля Земли.

Конечно, в подобных экспериментах необходимо создавать облака достаточно разреженной плазмы, которые не вносят существенных искажений в естественное состояние ионосферы. Тепловая энергия бариевой плазмы в единице объема должна быть значительно меньше, чем плотность энергии магнитного поля и плотность тепловой энергии магнитосферы плазмы. Если же облако образовано на высоте нескольких тысяч километров, где последнее условие не выполняется, так как геомагнитное поле там резко падает, то плазменное облако сильно искажает характеристики окружающей среды. Изменяя параметры этого воздействия, можно наблюдать, как меняется поведение магнитосферной плазмы.

Подобный эксперимент провели совместно ученые США и ФРГ. 21 сентября 1971 года на высоте 31 600 км над поверхностью Земли был взорван заряд смеси бария и окиси меди массой 16 кг. В течение нескольких секунд после образования искусственного облака давление плазмы в нем превышало давление магнитного поля, и ионизованный газ создал замкнутую магнитную полость размером более 15 км. Таким образом, искусственное бариевое облако вызвало сильное магнитное возмущение в магнитосфере.

■ Дрейф бариевого облака (жирная линия) в эксперименте, проведенном учеными ФРГ 28 января 1971 года в Северной Норвегии. Цифры вдоль линии — число секунд после выброса облака. Величина электрического поля E , определенная в этом эксперименте по дрейфу облака, составила 60—80 мВ/м

УСКОРЕННЫЕ ПОТОКИ ПЛАЗМЫ

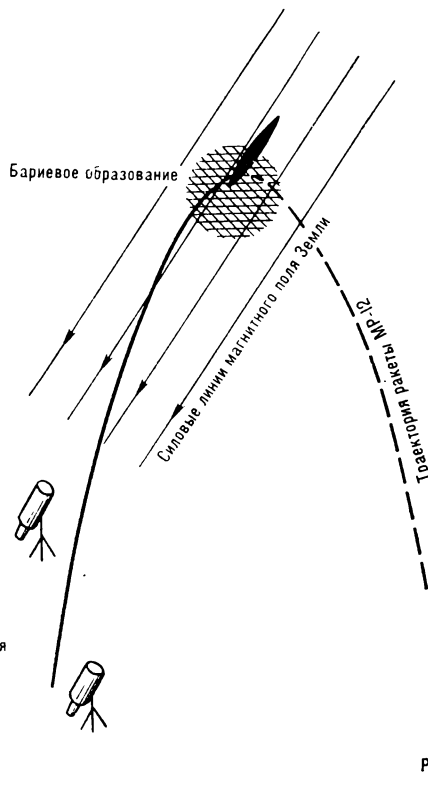


В последнее время техника получения искусственных плазменных облаков в околоземном космическом пространстве стала развиваться по пути создания ускоренных потоков плазмы или **быстрых струй**. Такие эксперименты позволяют не только изучать физические процессы в космосе, но и решать многие общие вопросы физики плазмы.

Для создания ускоренных потоков барьерной плазмы используются кумулятивные ускорители взрывного типа. Перед подрывом заряда ось ускорителя стараются ориентировать вдоль силовых линий геомагнитного поля. В момент подрыва детонационная волна специальной формы выбрасывает барьер. Барьерная струя с большой скоростью (до 15 км/с) распространяется вдоль силовой линии. Оптическими методами легко проследить ее движение и деформацию. Использование таких плазменных струй имеет ряд преимуществ перед искусственными плазменными облаками.

Во-первых, благодаря большой скорости движения струя высвечивает, если не всю силовую линию, то по крайней мере большую ее часть. Во-вторых, исследуя взаимодействие струи с атомами и молекулами атмосферы на высотах менее 500 км, можно получить распределение частот столкновений по высоте, а следовательно, и плотность атмосферы. В-третьих, плазменная струя — это прямой инструмент для измерения электрических полей вдоль всей силовой линии и в сопряженных точках.

Эксперименты с быстрыми струями пара бария начали проводиться учеными ФРГ и США с 1971 года. Боль-



■ *Возмущение магнитного поля Земли, вызванное барьерным облаком, выброшенным на высоте 31 600 км в совместном эксперименте США и ФРГ 21 сентября 1971 года*

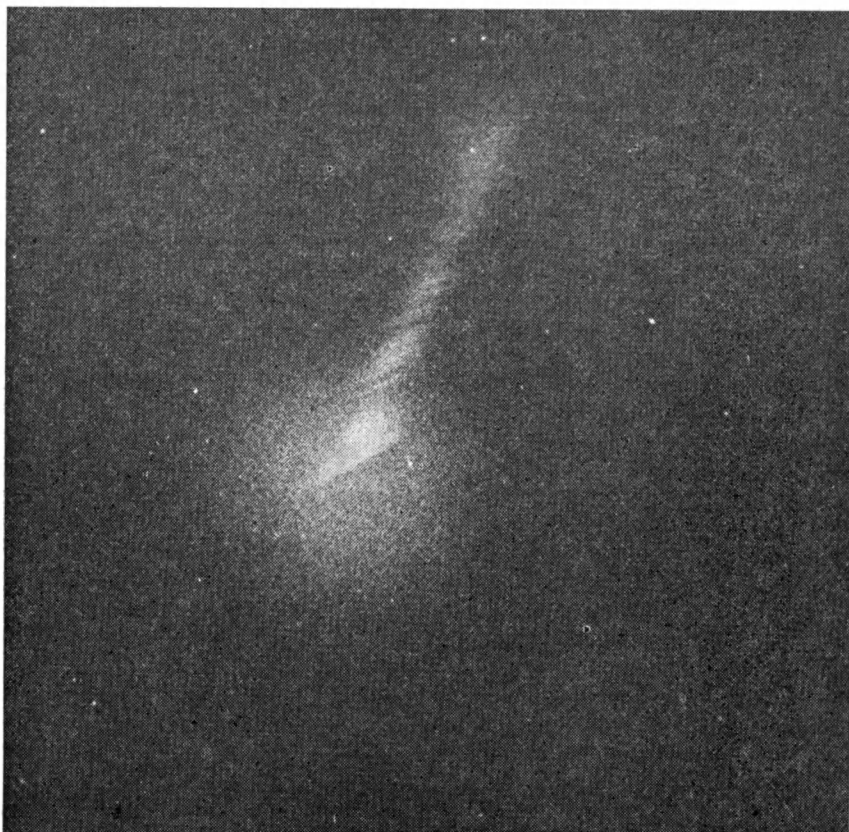
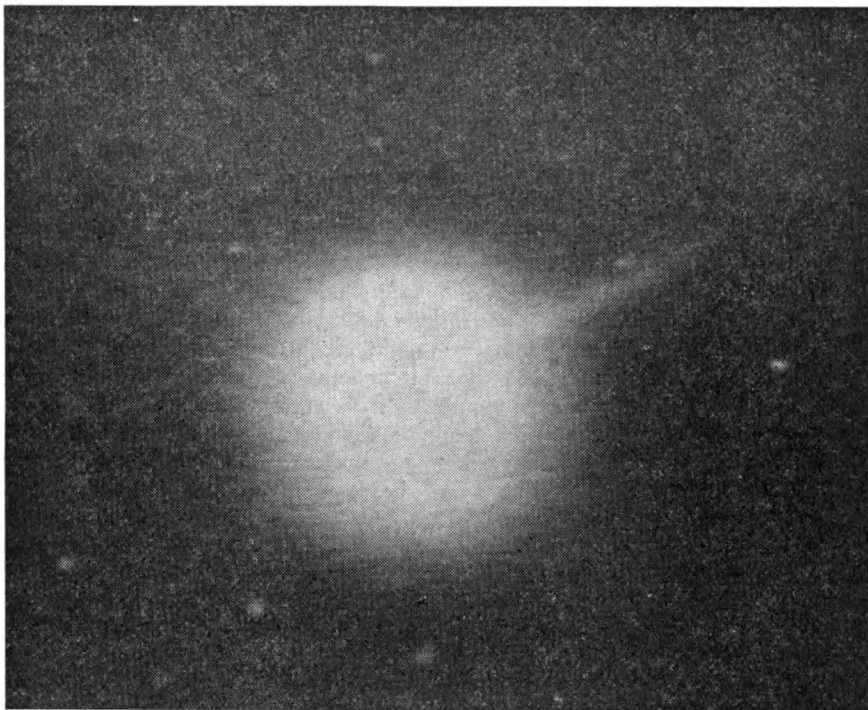
■ *Схема проведения эксперимента «Сполух». Струя пара бария устремляется вдоль силовых линий земного магнитного поля*

шая часть этих экспериментов осуществлялась на высоте 500 км в сумеречных условиях. Приведем некоторые наиболее интересные их результаты.

В серии экспериментов, выполненных американскими учеными в 1971—1972 годах в экваториальной зоне, удалось проследить движение струи вдоль всей силовой линии геомагнитного поля (ионы прошли путь около 7000 км) и зарегистрировать ее приход в сопряженную точку в южной полусфере. Если считать, что смещение струи от силовой линии — это в основном ее дрейф в электрическом и магнитном полях, то можно определить электрические поля в сопряженных точках. В одном из экспериментов этой серии было надежно установлено, что электрические поля на северном и южном концах силовой трубки значительно отличаются по величине и направлению.

Другой интересный результат, который получен практически во всех экспериментах, — **стратификация струи** (расщепление ее на несколько слоев или страт). Страты отходили от струи параллельно ей самой в направлении, перпендикулярном магнитному полю. Такая картина наблюдается иногда и в плазменных облаках, особенно если они образованы на больших высотах.

В эксперименте, выполненном 7 марта 1972 года над Аляской, струя



■ Телевизионный снимок струи парабария и облака из продуктов взрыва на фоне звездного неба. Снимок получен в эксперименте «Сполох» примерно через 12 секунд после образования струи (объектив «Зоннар» 2,8/180 мм, применялся широкополосный стеклянный фильтр)

■ Прямой фотографический снимок, сделанный в эксперименте «Сполох» в пункте оптических наблюдений фотоаппаратом «Зенит» (объектив «Гелиос-40» 1,5/85 мм) через 1,5 минуты после срабатывания ускорителя. Видна яркая струя, от которой отходит несколько параллельных страт, образующих своеобразный «хвост»

пара бария была выброшена на высоте около 540 км. Эксперимент проводился в магнитовозмущенных условиях, и струя, по-видимому, вызвала еще более сильное магнитное возмущение.

ЭКСПЕРИМЕНТ «СПОЛОХ»

4 сентября 1975 года впервые в Советском Союзе был проведен эксперимент под названием «Сполох», в котором была создана направленная струя пара бария в верхних слоях атмосферы. В эксперименте принимали участие Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР, Институт космических исследований АН СССР и другие институты и организации. Его научным руководителем был директор Института космических исследований АН СССР академик Р. З. Сагдеев.

Эксперимент «Сполох» выполнялся в средних широтах СССР на небольшой высоте. В нем была сделана попытка проследить поведение струи пара бария вдоль силовой линии геомагнитного поля. Большие ограничения в постановку физической задачи эксперимента вносило использование

метеорологической ракеты МР-12, высота подъема которой всего лишь около 170 км. На высоте апогея траектории ракеты плотность атмосферы еще достаточно велика и соударения атомов бария с атмосферными молекулами и атомами неизбежно приводят к быстрой потере направленной скорости струи. Предварительные расчеты показали что хотя струя и не успеет далеко отойти от точки подрыва заряда, размеры ее все же составят несколько километров. Появились сомнения, удастся ли зарегистрировать струю. Положение осложнялось еще и тем, что для успешного проведения оптических наблюдений эксперимент приходилось проводить почти сразу после захода Солнца, когда фон неба еще достаточно яркий и меняется со временем.

За поведением бариевой струи наблюдали из трех пунктов, оснащенных высокочувствительной телевизионной аппаратурой, аэрофотокамерами, электрофотометрами с различными светофильтрами. Все сомнения исчезли, когда экраны телевизионных установок показали, как на фоне облака из продуктов взрыва четко выделялась струя пара бария. Образование было достаточно ярким и

несколько минут наблюдалось невооруженным глазом. Оптические же установки на всех трех пунктах регистрировали свечение в течение 10—15 минут.

Расчеты оправдались — струя не отошла далеко от места взрыва и быстро затормозилась. Размеры ее, как и ожидалось, составили несколько километров. Примерно через 20 секунд после срабатывания ускорителя все установки зарегистрировали начало расслоения струи. Страты постепенно отходили только в одном направлении, перпендикулярно магнитному полю, и яркость основной части струи падала. Большая скорость съемки позволила детально проследить процесс образования страт. Примерно через 5—7 минут после появления струи картина стратификации стала более размытой и сохранялась долгое время, постепенно теряя яркость. Такая картина расслоения струи пара бария на небольших высотах в атмосфере — довольно неожиданный результат, и до окончательной обработки всех данных, полученных в эксперименте «Сполох», его нельзя полностью объяснить.



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАЗРЯДЫ ВУЛКАНОВ

При сильных извержениях в вулканических областях часто наблю-

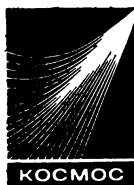
даются линейные молнии, которые связывают с выбросом огромной массы пепла. Но оказывается, электрические разряды могут создавать также извергающиеся вулканом пары и газы.

В декабре 1976 года при извержении вулкана Карымский О. П. Руленко (Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР) проводил измерения электрического поля в атмосфере в нескольких километрах от вулкана. Иногда в моменты выброса облаков из смеси водяного пара и газа (без заметного количества пепла) электростатический флюксметр регистрировал быстрые отрицательные скачки напряженности атмосферного электрического поля. Причиной их могли быть только невидимые слабые электрические разряды в вулканических облаках. Автор установил, что разряды происходи-

ли между облаками пара, имеющими положительный заряд, и кратером вулкана.

Обнаружена прямая зависимость между электрической активностью облаков и энергией их выброса (энергия оценивалась по силе вулканических землетрясений, которые также регистрировались в этом эксперименте). Число скачков электрического поля в каждом выбросе было тем больше, чем раньше возникал первый из них. Следовательно, момент появления скачка характеризовал интенсивность процесса электризации облака. Число разрядов, по-видимому, зависело от количества, скорости и температуры вещества. Короткие промежутки между разрядами говорят о большой скорости образования и разделения зарядов.

«Доклады АН СССР», 245, 5, 1979.



Профессор
С. Д. ГРИШИН
Профессор
Л. В. ЛЕСКОВ

Физика невесомости и космическая промышленность

За прошедшие десять лет новое научно-техническое направление, опирающееся на новую научную дисциплину — физику невесомости — и нацеленное в конечном счете на создание экономически эффективного производства в космосе новых материалов, доказало свою жизнеспособность.

Достижения советской науки и техники — запуск первого искусственного спутника, первый полет человека в космос, создание долговременных орбитальных станций — привели к закономерному вопросу: нельзя ли использовать такие условия космического полета, как невесомость и вакуум, для получения новых материалов?

Основания для такого вопроса были просты и убедительны. Если чае объекты, находящиеся на борту космического корабля, не действует сила тяжести, то не появится ли сила Архимеда, приводящая на Земле к расслоению жидкостей с различной плотностью, не возникнет конвекция. Жидкие тела, удерживаемые только силами поверхностного натяжения, приобретут форму правильных сфер. И если на космическом корабле нагреть до температуры плавления заготовку, сделанную на Земле, выдерживать ее при этой температуре столько времени, сколько необходимо, чтобы медленные диффузионные процессы привели к постепенному выравниванию всех неоднородностей, а потом охладить до затвердевания, то можно получить материал с уникальными свойствами — с высокой

Факторы	На Земле	В космосе
Отсутствие плавучести		
Подавление конвекции		
Преобладание межмолекулярных сил над массовыми	—	
Левитация свободной жидкости	—	
Управляющие воздействия (акустическое поле)		
Высокая скорость откачки в вакууме	—	

однородностью химического состава, недостижимой на Земле, или состоящий из компонентов, сплавление которых на Земле невозможно.

Подбирая технологический режим обработки заготовок в космосе, можно получить полупроводниковые монокристаллы и пленки, магнитные

Космические факторы, влияющие на производство материалов в условиях невесомости

сверхпроводящие сплавы, композиционные материалы, оптическое стекло.

В космосе можно приготовить и медико-биологические препараты — вакцины, ферменты, антибиотики. Один из способов получения таких материалов основан на использовании явления электрофореза в потоке раствора, содержащего биологически активные вещества. Это явление состоит в том, что под действием

электрического поля, приложенного к стенкам сосуда, сквозь который течет раствор, происходит разделение фракций. Поэтому на выходе из сосуда можно получить нужный компонент в чистом виде.

В земных условиях в жидкости неизбежно возникает конвекция, а следовательно, степень чистоты биологического препарата ухудшается. Чтобы уменьшить вредное влияние конвекции, приходится уменьшать расстояние между стенками сосуда, а значит, и производительность установки. В космосе открывается возможность преодолеть эти трудности: если в жидкости отсутствует конвекция, то размеры сосуда можно увеличить, в результате чего резко возрастает производительность установки при максимально высокой чистоте биологического препарата.

Наряду с этими простыми соображениями существовали и серьезные технико-экономические доводы. Дело в том, что производство, даже в обычных земных условиях, многих материалов — полупроводниковых монокристаллов, оптического стекла, медико-биологических препаратов — обходится дорого. Потребность же во многих из них сравнительно невелика — исчисляется килограммами, десятками или сотнями килограммов в год. Поэтому приготовление таких материалов в космических условиях вполне реально, а неизбежное повышение их цены за счет использования дорогостоящей космической техники может окупиться в результате существенного улучшения качества этих материалов.

ЭКСПЕРИМЕНТЫ В КОСМОСЕ

Интерес к экспериментам по космическому материаловедению и технологии был проявлен уже в первых длительных полетах космических кораблей и орбитальных станций. Приоритет в этой области принадлежит советским ученым. В 1969 году на борту пилотируемого космического корабля «Союз-6» летчик-космонавт СССР В. Н. Кубасов провел первые в мире технологические эксперименты на установке «Вулкан». Эта уста-

новка, разработанная под руководством академика Б. Е. Патона, была предназначена для электронно-лучевой сварки изделий и для исследования затвердевания металлов в невесомости («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 24—28.— Ред.).

Позднее эксперименты по космическому материаловедению и технологии начались в США и других странах. Технологические эксперименты выполнялись на американской космической станции «Скайлэб» в 1973—1974 годах, а также при осуществлении советско-американского проекта «Союз» — «Аполлон» в 1975 году.

Новый шаг в создании научных основ космического материаловедения был сделан во время полета станции «Салют-5» в 1976—1977 годах, когда летчики-космонавты СССР Б. В. Волинов, В. М. Жолобов, В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков осуществили цикл технологических экспериментов с помощью комплекта приборов «Реакция», «Диффузия», «Кристалл», «Поток» и «Сфера» («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 24—28.— Ред.). Основная цель экспериментов, проводившихся под руководством академика В. С. Авдуевского, — исследование особенностей процессов тепло- и массообмена, кристаллизации, бесконтейнерного затвердевания, поверхностных явлений в условиях невесомости.

Исследование проблем космического материаловедения и технологии продолжалось при проведении технологических экспериментов на борту научно-технического орбитального комплекса «Салют» — «Союз» — «Прогресс». Для выполнения экспериментов были разработаны установки «Сплэв» и «Кристалл» («Земля и Вселенная», № 3, 1979, с. 25—28.— Ред.). Основная цель технологических экспериментов состояла в том, чтобы подтвердить улучшение свойств материалов при их изготовлении в космических условиях, а также расширить представления об особенностях протекания физико-химических процессов в невесомости.

Технологические эксперименты на станции «Салют-6» были начаты в 1978 году первой экспедицией — летчиками-космонавтами СССР Ю. В. Ро-

маненко и Г. М. Гречко и продолжены второй экспедицией — В. В. Коваленком и А. С. Иванченковым. В течение 1978 года на установках «Сплэв» и «Кристалл» космонавты получили около 90 образцов различных материалов.

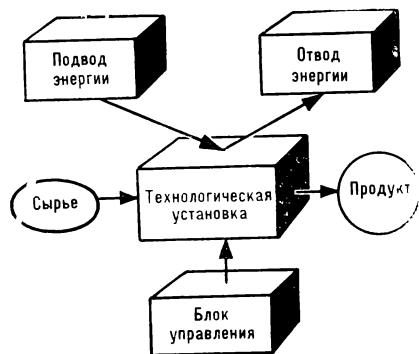
Программа технологических экспериментов на станции «Салют-6» ознаменовала начало нового направления совместных космических исследований социалистических стран по программе «Интеркосмос». На станции «Салют-6» с участием международных экипажей и космонавтов — граждан ЧССР, ПНР и ГДР были осуществлены эксперименты «Морава», «Сирена» и «Беролина» («Земля и Вселенная», № 3, 1979, с. 25—28.— Ред.).

В 1979 году технологические эксперименты на станции «Салют-6» были продолжены космонавтами В. А. Ляховым и В. В. Рюминым. В частности, выполнены советско-французские эксперименты «Эльма» и советско-болгарские «Пирин».

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Технологические эксперименты в космосе требуют серьезной наземной подготовки. Продолжительность некоторых из них достигает десятков часов, а иногда и больше. Например, эксперимент на установке «Кристалл», который был поставлен на станции «Салют-5» для исследования устойчивости гранного роста кристаллов (на примере выращивания кристаллов алюмокалиевых квасцов из пересыщенного водного раствора) продолжался 180 суток. Исследования образцов, доставленных из космоса, проводятся с использованием уникального оборудования и также занимают много времени. Все это говорит о важности тщательной подготовки технологических экспериментов, предварительной проверки ожидаемых эффектов с помощью численного и лабораторного моделирования.

Методы численного моделирования процессов массообмена и распределения примесей в жидкости были использованы советскими учеными, например, для предсказания резуль-



татов эксперимента с прибором «Диффузия» на станции «Салют-5» и эксперимента «Универсальная печь», поставленного в рамках совместного советско-американского проекта «Союз» — «Аполлон». В первом случае на ЭВМ было рассчитано распределение дибензила в толане при их взаимной диффузии в расплаве. Результаты расчета оказались в удовлетворительном согласии с данными исследования образцов, доставленных из космоса. Во втором случае была предложена теоретическая модель, учитывающая конвекционные течения в жидком германии и объясняющая наблюдаемую экспериментально картину распределения примесей в кристалле германия, который образуется при затвердевании расплава.

Не менее полезны методы лабораторного моделирования и имитации условий невесомости. Моделирование невесомости на Земле возможно, например, на борту самолета или при запуске высотных ракет. Продолжительность состояния невесомости 20—30 секунд и 5—10 минут, соответственно.

В Советском Союзе и за рубежом широко используются оба метода кратковременного воспроизведения невесомости. Начиная с марта 1976 года при запуске высотных ракет комплекса «Мир-2» регулярно проводятся технологические эксперименты. Для осуществления этих экспери-

ментов разработан специальный комплект технологической аппаратуры (СКАТ). Для нагрева и плавления веществ в нем используется тепло экзотермических реакций. Исследуемые образцы устанавливаются в ампулах, которые размещаются вдоль оси нагревательных ячеек, имеющих цилиндрическую форму. Чтобы обеспечить быстрое затвердевание образцов перед входом в плотные слои атмосферы, когда состояние невесомости исчезает, используется специальная система теплосброса — выделяющееся тепло отводится в массивную алюминиевую обойму. Мощность одной нагревательной ячейки аппаратуры СКАТ достигает 70 кВт, а максимальная температура 1700 °С.

С 1976 года в Советском Союзе выполнено около 60 технологических экспериментов на высотных ракетах. Для повышения надежности результатов большинство экспериментов повторялось несколько раз.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Что же дали технологические эксперименты и что показали лабораторные исследования образцов, доставленных из космоса? Прежде всего, добыты убедительные свидетельства того, что качество приготовленных в невесомости образцов значительно лучше качества их наземных прототипов, полученных на таких же установках. Например, монокристаллы германия, антимонида и арсенида индия, выращенные на станции «Салют-6», оказались лучше прототипов, полученных на Земле с помощью той же аппаратуры.

Германий наряду с кремнием — основной материал для современной электронной промышленности. Антимонид и арсенид индия используются как базовые материалы для приготовления диодов, фотоэлементов, детекторов инфракрасного излучения, гальваномагнитных датчиков и других полупроводниковых приборов. Степень совершенства этих материалов определяется, в частности, наличием дефектов кристаллической решетки. Один из наиболее типичных дефектов структуры кристалла — дислокации (линейный сдвиг атомных слоев

и нарушение правильности их чередования в кристаллической решетке). Дислокации сильно уменьшают прочность реальных кристаллов и ухудшают другие их свойства. Одна из причин возникновения дислокаций связана с проявлением конвекционных эффектов в жидкой или паровой фазах в процессе кристаллизации материала.

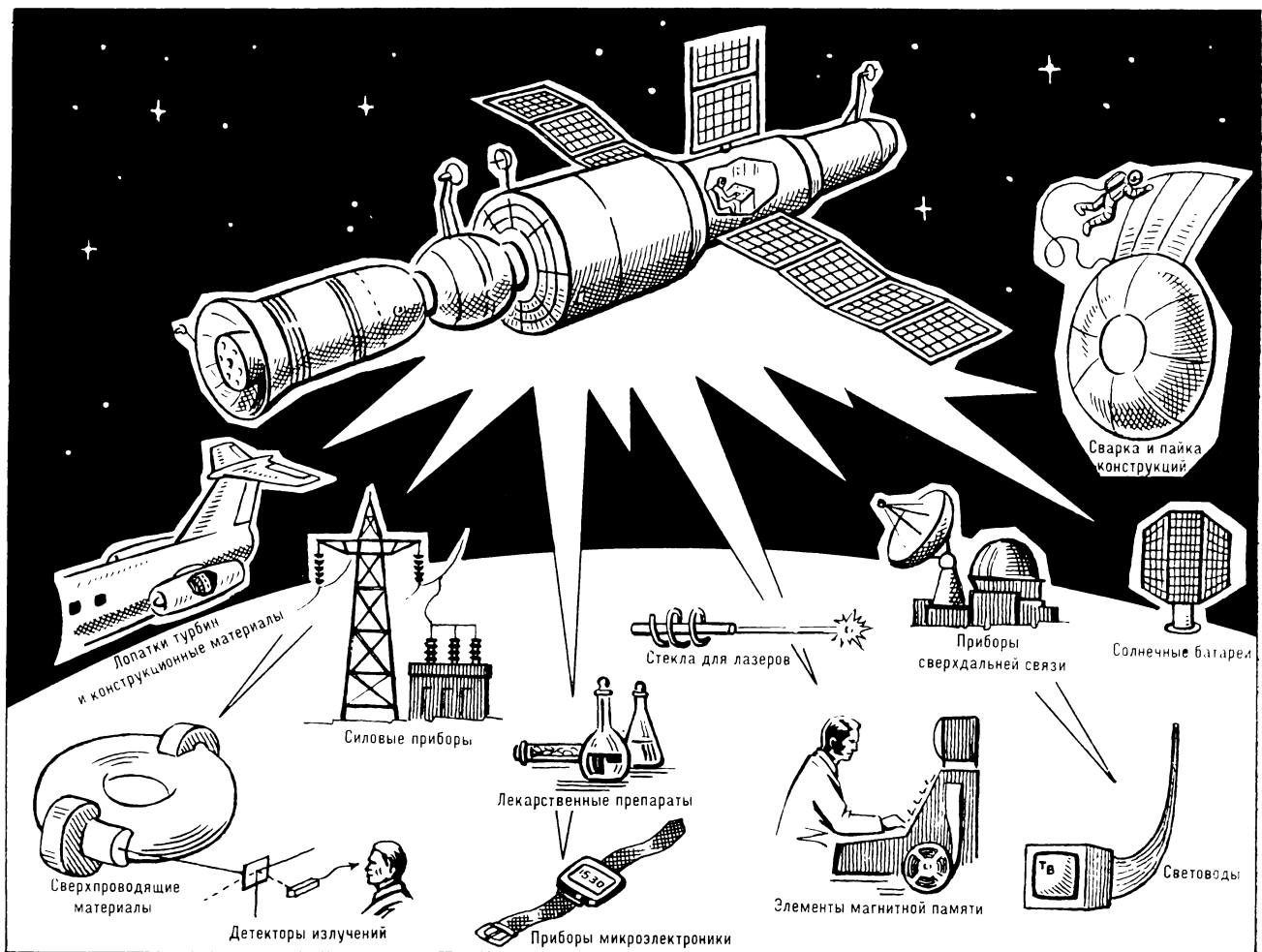
Для придания монокристаллам полупроводниковых материалов заданных электрофизических, оптических, магнитных и других свойств к ним добавляют различные примеси (легируют). Однородность распределения этих примесей по объему кристалла определяет такие его качества, как КПД, чувствительность, отношение полезного сигнала к шуму. В земных условиях при получении кристаллов из жидкой или паровой фаз вследствие конвекции распределение примесей часто оказывается неоднородным.

Анализ образцов германия, антимонида и арсенида индия, доставленных из космоса, показал, что по сравнению с земными прототипами плотность дислокаций в них снизилась в 1000—10 000 раз, а однородность распределения примесей возросла в 5—6 раз. Вероятная причина такого резкого улучшения свойств материалов состоит в отсутствии или значительном уменьшении роли конвекции в условиях невесомости.

Вывод о существенном улучшении свойств материалов при их получении в невесомости подтверждают и эксперименты на высотных ракетах. Плотность дислокаций в монокристаллах германия снизилась в 1000 раз. Образцы германия, приготовленные в той же аппаратуре на Земле, имеют поликристаллическую структуру. С помощью аппаратуры СКАТ впервые в условиях невесомости получены и монокристаллические слитки кремния — важнейшего полупроводникового материала.

В технологических экспериментах на станции «Салют-6», а также на высотных ракетах получены образцы различных материалов: специальных сплавов, оптических стекол, твердых растворов сложного состава, композиционных материалов. В большинст-

Схема технологических операций на борту орбитальной станции



ве случаев свойства образцов, приготовленных в космосе, оказались лучше, чем земных.

Но вместе с тем анализ результатов технологических экспериментов позволяет сделать и другой важный вывод: во многих случаях наблюдаемые эффекты имеют лишь качественное объяснение, а некоторые явления, обнаруженные экспериментально, не имеют пока однозначного теоретического толкования. Все это говорит о том, что теоретические представления, которые были положены в основу первых опытов по космическому материаловедению и о которых шла речь в начале статьи, недостаточны для полного понимания совокупности сложных физических процессов, в действительности происходящих в невесомости.

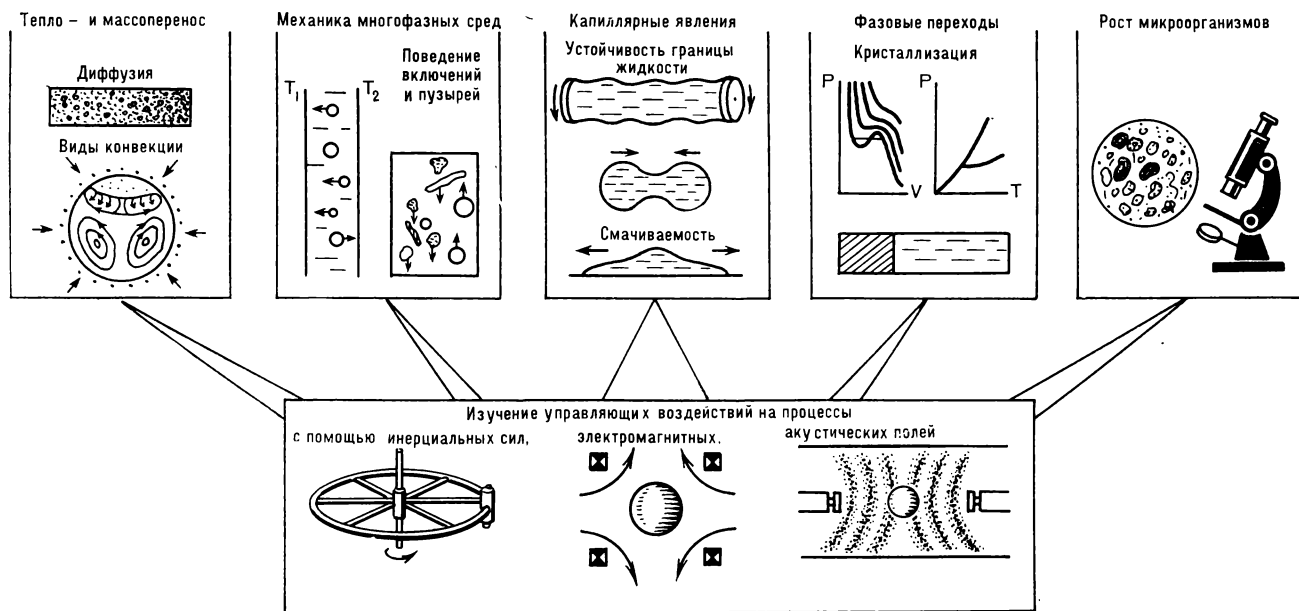
Отличительная особенность физических процессов в условиях невесомости состоит в том, что эффекты различной природы активно влияют на технологию получения материалов. Так, в невесомости происходит существенная перестройка конвекционных течений в жидкости и в паровой фазе, роль некоторых конвекционных эффектов, например естественной конвекции, может уменьшаться, а других — резко возрастать. Изменение характера конвекционных течений в жидкости приведет к перераспределению в ней примесей и, следовательно, повлияет на однородность их распределения в монокри-

сталлах, выращиваемых из этих жидкостей.

Конвекционные течения влияют также на тепло- и массообмен в жидкой фазе, в результате чего меняются условия устойчивости границы раздела твердой и жидкой фаз. Если же в процессе кристаллизации нарушается устойчивость границы раздела, то возникают дефекты в кристаллической структуре.

Еще более усложняется картина вследствие эффектов поверхностного натяжения, которые проявляются на стенках ампулы и на границах раздела различных фаз в процессе кристаллизации. Силы поверхностного натяжения определяют устойчивость формы жидких тел на борту космических аппаратов, когда возмущающие ускорения малы. Эти силы спо-

■ *Области применения материалов, полученных в космосе*



способны также повлиять на однородность распределения примесей в жидкости и кристаллах, которые выкристалливаются из этой жидкости.

Технологические эксперименты, выполненные на орбитальных станциях «Салют-5, -6» и на высотных ракетах подтвердили, что все перечисленные явления действительно могут оказывать существенное влияние на процессы получения материалов в космосе. В ряде случаев появились неожиданные эффекты. В некоторых экспериментах, например, наблюдалось аномальное взаимодействие расплава со стенками ампулы. Отмечена необычно высокая в сравнении с чисто диффузионным механизмом скорость массопереноса в паровой фазе при выращивании монокристаллов в космосе. В экспериментах на ракетном комплексе «Мир-2» методом направленной кристаллизации получены бездислокационные монокристаллические слитки германия, скорость роста которых более чем в 10 раз превышает величину, допустимую в земных условиях.

В 1975 году одному из нас пришлось участвовать в работе группы

Проблемы, которые предстоит решить космической технологии

по космическому материаловедению на Международном конгрессе по космическим исследованиям в Варне. В документах, которые подготовила эта группа с участием советских, американских, западноевропейских, японских ученых, обращалось внимание на необходимость развития комплекса наук о веществе — теории тепло- и массообмена, гидродинамики, физики поверхностных явлений. Анализ технологических экспериментов, проведенных в 1978 году в Советском Союзе, приводит к выводу, что такая постановка вопроса уже недостаточна. Для обеспечения дальнейшего развития исследований по космическому материаловедению, повышения эффективности технологических экспериментов и постепенного перехода к опытно-промышленному производству в космосе новых материалов необходимо становление новой самостоятельной научной дисциплины — физики невесомости.

НОВОЕ НАУЧНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ

Физика невесомости возникла на стыке различных, ранее мало связанных научных дисциплин: механики жидкости и теории кристаллизации, теории тепло- и массообмена и физи-

ки поверхностных явлений, термодинамики необратимых процессов и теории устойчивости. Практические задачи, с решением которых связано развитие физики невесомости, разнообразны. Прежде всего, — это создание научно-технического фундамента космического материаловедения и технологии, установление оптимальных путей развертывания на борту космических аппаратов производства улучшенных и уникальных материалов, которое будет обладать достаточно высокой технико-экономической эффективностью.

Другая практически важная задача физики невесомости состоит в исследовании реальных факторов космического полета, влияющих на технологические процессы получения материалов, в изучении космоса как производственной среды. В первую очередь это относится к исследованию полной невесомости, которая на самом деле является теоретической идеализацией. В действительности же на космический аппарат действуют малые силы, обусловленные сопротивлением верхней атмосферы, солнечным излучением и другими факторами.

В Советском Союзе разрабатываются специальные акселерометры,

предназначенные для измерения величины этих малых возмущающих ускорений. В 1978 году такой прибор был испытан на высотной ракете одновременно с проведением технологических экспериментов. Показано, что в исследованном случае величина ускорения не превышала 10^{-1} см/с².

Третья практически важная задача физики невесомости состоит в разработке научных основ специализированных установок, предназначенных для развертывания опытно-промышленного производства материалов в космосе. Принципы функционирования установок очень непросто проверить на Земле из-за силы тяжести. Это относится в первую очередь к установкам для бесконтактного и бесконтейнерного получения материалов в условиях невесомости.

Первые шаги уже сделаны. Так, исследования по бесконтейнерному затвердеванию материалов, начатые в СССР в 1976 году при испытании на станции «Салют-5» прибора «Сфера», были продолжены в 1978 году при запуске высотных ракет. В этих экспериментах получены медные и серебряные сферы диаметром около 10 мм, структурные исследования которых позволили уточнить особенности кристаллизации при отсутствии силы тяжести.

Другой эксперимент по выращиванию расплавов, форма которых определяется силами поверхностного натяжения, был поставлен с помощью прибора «Капилляр» также при запуске в 1978 году высотной ракеты. На примере модельного вещества — меди — проведены эксперименты с целью получения устойчивых конфигураций, форма которых определяется силами поверхностного натяжения. Форма образцов, приготовленных в невесомости, совпала с формой, полученной в результате расчета, выполненного на ЭВМ. Эти эксперименты будут полезны при постановке опытов по выращиванию в космосе профилированных монокристаллов. Подобные монокристаллы находят широкое применение в электронной промышленности.

Работа по созданию технологических установок следующего поколения уже начата и в Советском Союзе, и за рубежом. Советскими учеными предложены, в частности, схемы перспективных установок по бесконтейнерному получению материалов из расплавов (левитаторы), основанные на использовании лазерного излучения или ионно-плазменных пучков. Проводятся исследования по разработке активных методов управления веществом в космосе. Важные эксперименты выполнены в условиях крат-



ковременной невесомости под руководством академика Б. Е. Патона. В них прошли проверку оригинальные предложения советских ученых по управлению составом жидких сред с помощью виброакустических воздействий.

Первые эксперименты по космической технологии проведены ровно 10 лет назад — в 1969 году. Результаты обнадеживают, и нет сомнений, что продолжающиеся на борту научно-технического орбитального комплекса «Салют» — «Союз» — «Прогресс» технологические эксперименты внесут важный вклад в дальнейшее становление этого направления деятельности человека в космосе.



ПЕРВЫЙ СРЕДИ «ИНТЕРКОСМОСОВ»

Десять лет назад, в октябре 1969 года, на околоземную орбиту был выведен спутник «Интеркосмос-1» — первенец международной программы «Интеркосмос» («Земля

и Вселенная», № 6, 1976, с. 86—92.— *Ред.*)

На космодроме во время запуска царил приподнятая, торжественная атмосфера. Смотровую площадку украсили государственные флаги стран-участниц программы «Интеркосмос», а за стартом наблюдали руководители национальных координационных органов этих стран. Главной научной задачей этого эксперимента были исследования коротковолнового ультрафиолетового и рентгеновского излучения Солнца и влияния этого излучения на верхнюю атмосферу Земли. Бортовая аппаратура «Интеркосмоса-1» создавалась в ГДР, Советском Союзе и Чехословакии. В результате эксперимента ученые получили интересные данные о поляризации рентгеновского излучения Солнца и о концентрации кис-

лорода на высоте около 100 км. Запуск спутника положил начало реализации комплексной программы спутниковых и ракетных экспериментов, принятой учеными и специалистами девяти социалистических стран в апреле 1967 года («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 23—29.— *Ред.*).

Последующие спутники «солнечной» серии «Интеркосмос-4, -7, -11 и -16» были оборудованы системой, обеспечивающей солнечную ориентацию научных приборов на всей освещенной части орбиты. Основной источник энергоснабжения спутников — солнечные батареи — крепили к внешней части корпуса. Спутники «рассказали» о рентгеновской радиации солнечной короны и в условиях спокойного Солнца, и во время солнечных вспышек, а также об

ультрафиолетовом излучении Солнца. Исследуя поглощение этих излучений, ученые определяли содержание в верхней атмосфере молекулярного кислорода и плотность атмосферы.

Запущенный в апреле 1973 года в ознаменование 500-летнего юбилея великого польского ученого Николая Коперника спутник «Интеркосмос — Коперник 500» предназначался для исследования спорадического радиоизлучения Солнца и характеристик ионосферы Земли. Спутник не требовал ориентации на Солнце.

Такую же конструкцию использовали для «Интеркосмосов-3, -5, -10, -12, -13 и -14». На спутниках этой серии изучали ионосферу и магнитосферу Земли, радиационные пояса, космические лучи. Были получены сведения о динамических процессах в полярной ионосфере и магнитосфере, а также о радиационной обстановке на высоте от 200 до 1300 км.

Спутники третьей модификации

«Интеркосмос-8 и -12», которые не имели солнечных батарей и для энергоснабжения использовали химические аккумуляторы, целиком предназначались для комплексных ионосферных исследований в экваториальных, средних и высоких широтах.

Ориентация научной аппаратуры навстречу потоку первичных космических лучей и возврат научной аппаратуры после шестидневного пребывания ее в космосе — таковы конструктивные особенности спутника «Интеркосмос-6», выведенного на орбиту в апреле 1972 года для изучения космических лучей высоких энергий и метеорного вещества.

Задачи науки и практики требовали дальнейшего расширения кооперации в космосе и более оперативного получения космической информации. Назревал переход к новым, более совершенным техническим средствам изучения космоса. И вот в июне 1976 года на космические орбиты вышел «Интеркосмос-15» —

представитель нового поколения научных спутников — автоматических универсальных орбитальных станций (АУОС). С их появлением в несколько раз увеличилась масса бортовой научной аппаратуры, значительно возросло время активного существования спутника. На этой станции успешно прошла испытания Единая телеметрическая система, разработанная специалистами Венгрии, ГДР, Польши, Советского Союза и Чехословакии. Эта система обеспечила возможность получения со спутников и обработки научной информации непосредственно на территории сотрудничающих стран.

К настоящему времени уже запущены три спутника типа АУОС — «Интеркосмос-17, -18 и -19». Впереди — запуски новых «Интеркосмосов».

Ответственный секретарь
Совета «Интеркосмос» при АН СССР
Е. Ф. ЧУГУНОВ

ПОКРЫТИЯ ЗВЕЗД АСТЕРОИДАМИ

Долгое время покрытия звезд астероидами наблюдать не удавалось: орбиты астероидов были известны с точностью, недостаточной, чтобы предсказать эти события.

Явление покрытия звезд астероидами аналогично покрытию звезд Луною. Астероид пересекает луч света, идущий к нам от звезды, и звезда на время «исчезает». По земной поверхности быстро бежит крошечная тень поперечником в несколько километров или десятков километров. Наблюдения покрытий звезд астероидами позволяют определять размеры этих мелких объектов.

Одно из покрытий наблюдали несколько лет назад. Известный американский исследователь астероидов Б. Марсден на основании проведенных им расчетов предсказал, что вечером 23 января 1975 года астероид Эрос закроет одну из звезд в созвездии Лебедя. Тень Эроса пробежит по территории США. Вдоль ожидаемой полосы покрытия было размещено 17 пунктов наблюдений. В них расположились учащиеся из окрестных колледжей и студенты астрономических факультетов.

Наступало время покрытия. Эрос (примерно 9^м) с угловой скоростью около 0,2° в час приблизился к звезде, которая была значительно ярче него (примерно 4^м). Наблюдатели увидели, как свет звезды вне-

запно исчез, а через несколько секунд звезда вспыхнула снова. По длительности покрытия Б. Марсден определил, что видимый поперечник Эроса составляет около 24 км.

Результаты наблюдения покрытия звезды астероидом Геркулиной, о котором уже рассказывал журнал «Земля и Вселенная» (№ 2, 1979, с. 26), оказались столь необычны, что некоторое время вызвали сомнения. Было зарегистрировано не одно, а два «затмения» звезды. Так удалось установить, что у астероидов могут быть спутники. Покрытия звезд астероидами стали вызывать особый интерес: составлялись таблицы предстоящих покрытий и рассчитывались ожидаемые изменения блеска при фотоэлектрической регистрации явления.

И вот на симпозиуме «Планеты и астероиды», проходившем в США в марте 1979 года, группа американских ученых сообщила о наблюдениях еще одного покрытия.

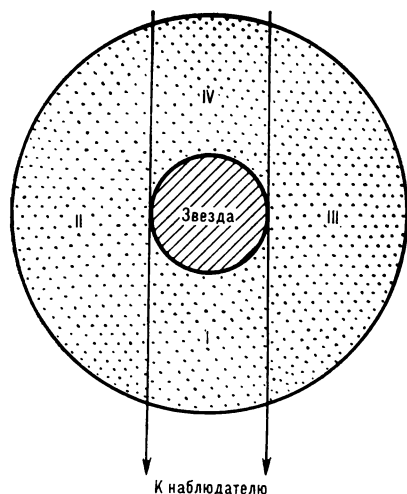


11 декабря 1978 года слабую звезду (8^м) заслонил астероид Мельпомена. Регистрация явления велась в нескольких пунктах фотоэлектрическим способом. Было установлено, что Мельпомена имеет поперечник 135 км. Это значение хорошо согласуется с оценкой, полученной недавно из поляриметрических наблюдений. В нескольких пунктах явление протекало так же, как покрытие звезды Геркулиной: за длительным исчезновением звезды (примерно на 6 секунд), обусловленным самой Мельпоменой, последовало кратковременное второе. Однако, когда тщательно проанализировали моменты второго мигания звезды в разных пунктах, то оказалось, что один спутник Мельпомены объяснить наблюдавшуюся картину не может. Пришлось предположить, что Мельпомена движется в окружении облачка мелких объектов, размеры которых оцениваются приблизительно в 300 м. Расстояние одного из них от Мельпомены составляет около 750 км (если отсчитывать расстояние в направлении, перпендикулярном лучу зрения).

Кандидат
физико-математических наук
А. Н. СИМОНЕНКО

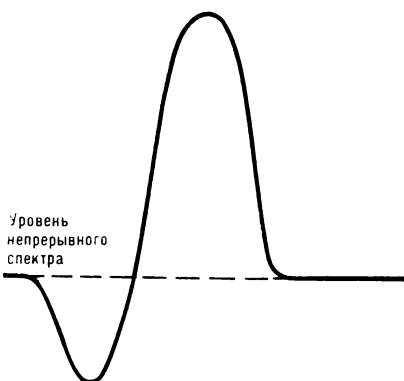
Кандидат физико-математических наук
П. Ф. ЧУГАЙНОВ

Звездные оболочки



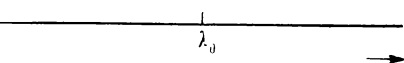
Чем объяснить необычно высокие скорости движения вещества в звездных оболочках? Почему в некоторых оболочках вещество падает на звезду? Какие звездообразные объекты скрываются в плотных пылевых облаках? На эти вопросы ученые ищут ответы.

оболочки в водородной линии H_{α} с длиной волны 6562,8 Å. В той части оболочки, которая проецируется на звезду, возникает поглощение в линии H_{α} , в других частях — излучение. При большой протяженности оболочки излучение в линии преобладает над поглощением.

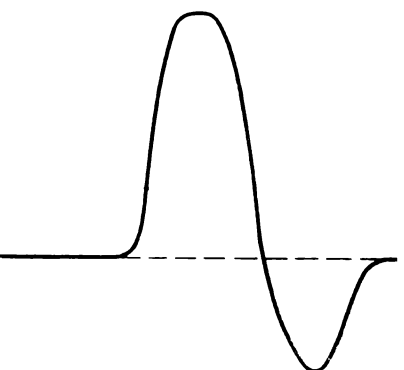


В существовании протяженных оболочек около звезд можно убедиться при наблюдении Солнца во время затмений. Когда яркий солнечный диск скрывается за темным диском Луны, становятся видимыми хромосфера и корона, которые, как показывают спектральные наблюдения, состоят из сильно нагретого газа и рассеивающих солнечный свет пылинок.

Если оболочка расширяется или сжимается, то вследствие эффекта Доплера — Физо появляются относительные сдвиги поглощения и излучения в линии и, кроме того, ширина линии увеличивается. В расширяющейся оболочке поглощение в линии имеет отрицательный сдвиг, то есть смещено в сторону более коротких длин волн. Что касается излучения в линии, то ему свойственны отрицательные, нулевые и положительные сдвиги, так как некоторая доля вещества в оболочке движется к наблюдателю, другая — от наблюдателя или поперек луча зрения. Таким образом, в спектре расширяющейся оболочки темная часть линии (поглощение) не будет совпадать с яркой, как в стационарной оболочке. Яркая линия окажется расширенной и ограниченной с коротковолновой стороны линией поглощения. В спектре сжимающейся оболочки линия излучения тоже будет расширена, но поглощение в линии сместится не в коротковолновую, а длинноволновую область спектра.



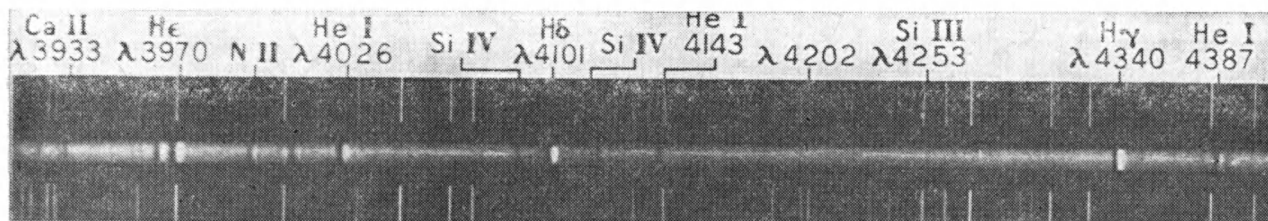
Обнаружить газовые оболочки у других звезд намного труднее. Лишь в тех случаях, когда оболочка обширная и плотная, ее излучение становится заметным в видимой области спектра. Особенно велико излучение



■ *Схема звездной оболочки. В области I стационарной оболочки возникает поглощение в спектральной линии, в областях II и III — излучение, область IV невидима для наблюдателя*

Звезды с протяженными оболочками известны давно. Это, прежде всего, новые звезды во время вспышек и массивные, горячие звезды типа Вольфа — Райе и Р Лебедя. В последние годы внеатмосферные наблюдения в далекой ультрафиолетовой области спектра уточнили наши представления о строении звездных обо-

■ *Изменение интенсивности линии H_{α} в случае расширяющейся (вверху) и сжимающейся оболочки. λ_0 соответствует несмещенному положению линии H_{α}*



лочек и движении газа в них, в частности у звезды Р Лебеда.

УСКОРЕНИЕ ВЕЩЕСТВА В ОБОЛОЧКЕ

Около 10 лет назад было высказано предположение, что звезда ζ в южной созвездии Кормы (видимая величина 2,3^m, расстояние 450 пс) окружена оболочкой. Эта звезда — сверхгигант. Масса ее около 100 солнечных, радиус в 16 раз превышает солнечный, поверхность (фотосфера) звезды нагрета до 50 000 К. Возраст ζ Кормы не более 10⁶ лет.

В спектре ζ Кормы в интервале длин волн 1000—1500 Å обнаружены широкие линии поглощения. Их удалось отождествить с линиями двукратно ионизованных атомов углерода, азота, кремния, серы и неона. Некоторые линии поглощения ограничены с длинноволновой стороны линиями излучения. Их контуры свидетельствуют о том, что оболочка ζ Кормы протяженная и расширяющаяся.

Наиболее обстоятельный анализ внеатмосферных спектральных наблюдений ζ Кормы выполнили в 1976 году астрофизики Х. Ламерс (Нидерланды) и Д. Мортон (США). Они установили, что газ, истекающий из звезды, движется ускоренно. У поверхности звезды вещество почти неподвижно, а на расстояниях, в 10—100 раз превышающих ее радиус, скорость достигает 2660 км/с. По-видимому, вещество ускоряется под давлением излучения звезды. Х. Ламерс и Д. Мортон оценили температуру в оболочке ζ Кормы. Она оказалась почти постоянной во всей оболочке и равна 200 000 К.

Что же может нагреть вещество оболочки ζ Кормы до столь высокой температуры? Если бы нагрев происходил только за счет взаимодействия излучения самой звезды с окружающим ее газом, то, очевидно, температура оболочки не была бы такой большой. В самом деле, фотосфера ζ Кормы имеет температуру 50 000 К, следовательно, излучение фотосферы не может нагреть высокие слои газа до температуры, превышающей это значение. Приходится допустить, что звезда, наряду с излучением, испускает энергию другого вида, которая в оболочке переходит в тепло. Эта дополнительная энергия может быть механической (кинетической). Ранее подобный механизм был предложен для объяснения нагрева солнечной хромосферы, причем источником механической энергии считались конвективные движения газовых масс, которые происходят в фотосферных и подфотосферных слоях Солнца («Земля и Вселенная», № 3, 1966, с. 36—41.—Ред.). Однако, в отличие от Солнца и других холодных звезд, у горячих звезд, как думали раньше, во внешних слоях конвективные движения отсутствуют. Таким образом, результаты наблюдений ζ Кормы показывают, что существующие теории взаимодействия между звездой и ее оболочкой должны быть пересмотрены.

Как следует из внеатмосферных спектральных наблюдений, не только у ζ Кормы, но и у многих других горячих звезд оболочки расширяются со скоростями, значительно большими тех, которые были получены раньше по линии H_α. Однако самая высокая скорость расширения отмечена

у ζ Кормы. До сих пор такие скорости наблюдались лишь у новых звезд во время вспышек. Механизм, вызывающий ускоренное движение газа в оболочке ζ Кормы, нельзя считать вполне выясненным. Не исключено, что наряду с давлением излучения существует еще какой-то процесс, действующий подобным же образом.

ВЫПАДЕНИЕ ВЕЩЕСТВА ИЗ ОБОЛОЧКИ

О том, что вещество в оболочке движется к поверхности звезды, судят по наблюдениям линии H_α и других водородных линий. На спектрограммах некоторых звезд линия H_α состоит из яркого и темного компонентов, причем темный смещен относительно яркого в сторону больших длин волн. Расположение темного и светлого компонентов линии H_α противоположно тому, которое наблюдается в спектрах Р Лебеда и ζ Кормы, и свидетельствует, что атомы, находящиеся между звездой и наблюдателем, движутся к звезде.

Первые сообщения о возвратных движениях в звездных оболочках появились около десяти лет тому назад, но они были основаны на не очень надежных наблюдениях. При повторном изучении спектров тех же самых звезд эффект не обнаружили. Однако в настоящее время надежно установлено существование возвратных движений в оболочках звезд ти-

■ Участок спектра звезды Р Лебеда с широкими яркими линиями водорода. Спектр сфотографирован сотрудниками обсерватории Виктория (Канада)

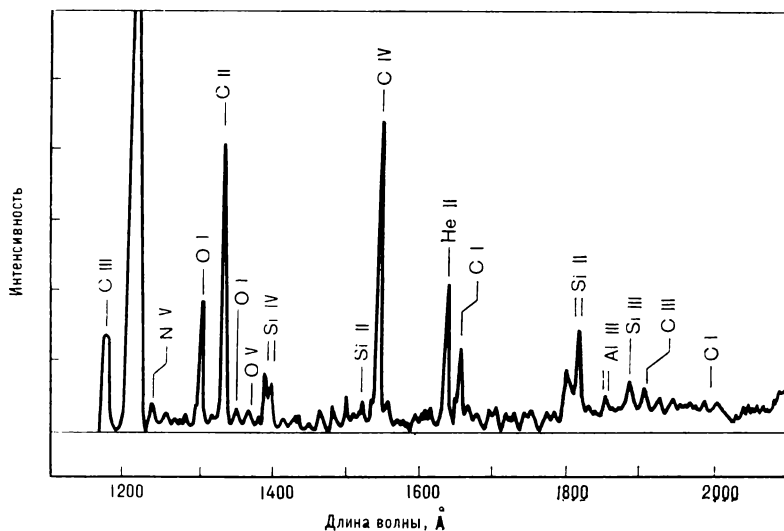
па УУ Ориона и других, родственных переменным типа Т Тельца («Земля и Вселенная», № 6, 1965, с. 10—15.—Ред.). Эти движения наблюдаются, как правило, лишь в отдельные периоды, в другое время у тех же звезд происходит обычное истечение вещества из оболочки. Такая особенность свойственна и некоторым карликовым звездам.

Недавно Л. Хартманн и Х. Андерсон на 4-метровом телескопе обсерватории Китт Пик (США) получили спектрограммы звезды EQ Девы. Наблюдения производились в течение пяти ночей, и за это время на участке спектра, прилегающем к яркой линии H_{α} с длинноволновой стороны, были замечены изменения. В первые две ночи здесь отсутствовали какие-либо линии, а в последующие появилась линия поглощения, которую можно считать длинноволновым компонентом линии H_{α} . По оценке Хартманна и Андерсона, скорость движения вещества к поверхности звезды составляла около 70 км/с.

EQ Девы расположена в окрестностях Солнца на расстоянии 16 пс. Температура ее поверхности равна 4100 К, а радиус приблизительно в 1,7 раза меньше солнечного. Видимый блеск EQ Девы (9,3^m) изменяется квазипериодически с амплитудой примерно 0,1 звездной величины и с продолжительностью одного цикла около четырех дней. Таким образом, звезду можно отнести к переменным типа ВУ Дракона, у которых, как полагают, изменения блеска вызваны осевым вращением и наличием на поверхности звезды темного пятна («Земля и Вселенная», № 6, 1975, с. 4—8.—Ред.). Многие переменные типа ВУ Дракона и, в частности, EQ Девы известны как вспыхивающие звезды. Поэтому Хартманн и Андерсон считают, что необычные изменения, наблюдавшиеся ими у EQ Девы, должны быть связаны с вспыхивающей активностью.

ГОРЯЧИЕ ОБОЛОЧКИ У ХОЛОДНЫХ ЗВЕЗД

Поскольку у карликовых холодных звезд в оптической области спектра видны яркие линии, их должны окру-



жать оболочки, нагретые до 10 000 К. Яркая линия H_{α} в спектре EQ Девы, вероятно, возникает в такой оболочке, которую можно назвать хромосферой. Но во внешних слоях Солнца (тоже довольно холодной звезды) температура возрастает от 10 000 в хромосфере до 1 000 000 К в короне. Есть ли у других холодных звезд столь горячие оболочки? Недавно был получен положительный ответ на этот вопрос.

Приборы международного спутника IUE (страны Западной Европы и США) зарегистрировали спектры звезд α Возничего, ϵ Эридана и звезды HR 1099 в созвездии Тельца. В спектральной области 1200—2000 Å обнаружены яркие линии высокоионизованных элементов, которые свидетельствуют, что во внешних слоях (выше хромосферы) этих звезд температура достигает по крайней мере 100 000 К. Следовательно, газовые оболочки α Возничего, ϵ Эридана, HR 1099 и, вероятно, других холодных звезд очень похожи на солнечную хромосферу и корону.

■
Запись спектра холодной карликовой звезды HR 1099 в интервале длин волн 1200—2000 Å, полученная со спутника IUE. В спектре присутствуют линии ионизованных атомов гелия (He), углерода (C), азота (N), кремния (Si), кислорода (O) и алюминия (Al), которые образуются в горячей оболочке звезды

ОКОЛОЗВЕЗДНЫЕ ПЫЛЕВЫЕ ТУМАННОСТИ

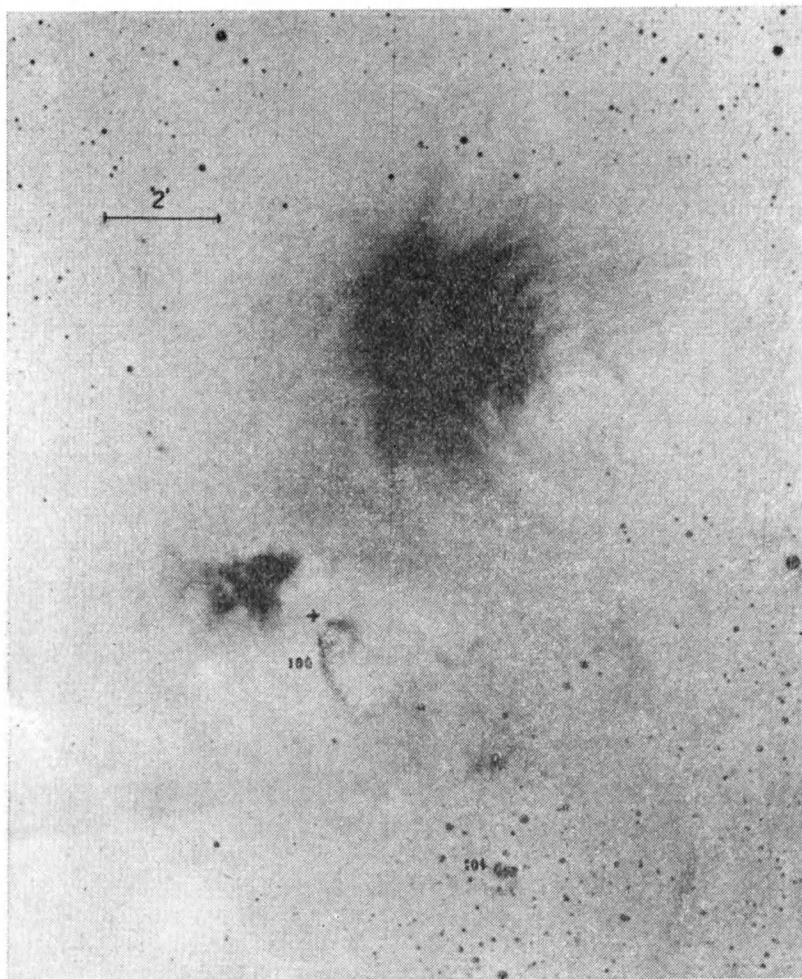
В настоящее время получено много данных, косвенно указывающих на то, что в звездных оболочках есть не только газ, но и пыль. Плотными газовой-пылевыми оболочками окружены молодые звезды.

Впервые идея о существовании таких оболочек была высказана в связи с открытием инфракрасных звезд и звезд, имеющих избыток излучения в инфракрасной области спектра («Земля и Вселенная», № 5, 1977, с. 43—50.—Ред.). Предполагалось, что в том и другом случае инфракрасное излучение возникает в плотном пылевом облаке, окружающем звезду и нагретом примерно до 1000 К. У инфракрасных звезд облако должно быть совершенно непрозрачно для видимого излучения звезды (если таковое вообще существует). У звезд, испускающих видимое и инфракрасное излучение, оболочка должна быть частично прозрачной. Модель с частично прозрачной оболочкой рассматривалась для звезд типа Т Тельца и родственных им молодых объектов, у которых инфракрасные избытки излучения особенно велики. Впоследствии С. и К. Стром и их сотрудники (США) показали, что наблюдаемое распределение энергии в спектрах звезд типа Т Тельца лучше объясняется, если допустить существование не пылевой, а газовой оболочки звезды.

Однако С. и К. Стром полагают, что модель очень плотной пылевой оболочки, окружающей звезду, может быть применена к объектам Хербига — Аро, которые, вероятно, родственны звездам типа Т Тельца. Объекты Хербига — Аро считались маленькими светлыми туманностями, но теперь внутри туманностей или вблизи них обнаружены точечные инфракрасные объекты. Поэтому можно считать, что объект Хербига — Аро, наблюдаемый в видимых лучах, является отражательной пылевой туманностью, а инфракрасный точечный объект — звезда, освещающая туманность. Поляриметрические наблюдения показали, что видимое излучение объектов Хербига — Аро может быть рассеянным внутри туманности излучением источника. Сам источник удается обнаружить только в инфракрасных лучах, так как пылинки эффективнее рассеивают свет, чем инфракрасное излучение, и поэтому видимое излучение источника совершенно не проходит сквозь толщу пылевого облака.

Предполагается, что объекты Хербига — Аро — это как бы сгущения внутри более протяженных газопылевых облаков. Например, такой объект в созвездии Южной Короны представляет собой яркое пятнышко, наблюдаемое на фоне небольшого темного облака, которое, в свою очередь, проецируется на обширную отражательную туманность. По-видимому, темная туманность и объект Хербига — Аро в созвездии Южной Короны не просто проецируются на протяженную светлую туманность, а находятся внутри нее, причем плотность диффузного вещества внутри темной туманности и в объекте Хербига — Аро, вероятно, в тысячи раз больше плотности окружающей среды.

Вопрос о том, каковы физические условия в темных непрозрачных образованиях, наблюдаемых в светлых диффузных туманностях, обсуждается давно. Хорошо известны темные глобулы в туманности Розетка в созвездии Единорога. Эти глобулы, вероятно, состоят из очень плотного, по сравнению с окружающим, газопылевого вещества. В последнее время существование областей высокой



плотности подтверждено радионаблюдениями межзвездных молекул. Кроме объектов Хербига — Аро внутри плотных областей открыты многочисленные звездообразные объекты, природа которых еще не совсем ясна. Большинство из них, как предполагают, горячие звезды высокой светимости, видимое излучение которых ослаблено пылью на 10—20 звездных

величин. Менее вероятно, что эти объекты представляют собой облака пыли, нагретой до температуры порядка 1000 К.

Трудности интерпретации объектов, находящихся внутри плотных пылевых облаков, объясняются, в частности, небольшой точностью инфракрасных наблюдений (помехи создаются земная атмосфера и тепловое излучение окружающих фотометр предметов). Только для объектов Хербига — Аро сведения об инфракрасном излучении точечного источника дополнены наблюдениями света, рассеянного внутри туманности. В спектре рассеянного излучения видны те же линии, что и в спектрах звезд типа Т Тельца. Поэтому К. и С. Стром и другие ученые считают, что у объектов Хербига — Аро звезда, погру-

■ *Туманность в созвездии Южной Короны (негатив). Рядом с двумя объектами Хербига — Аро указаны номера 100 и 101, крестом отмечено положение инфракрасного источника. Фотография получена в обсерватории Китт Пик (США)*



женная в плотную туманность, похожа на звезды типа Т Тельца. Вблизи других инфракрасных объектов, расположенных внутри плотных областей, тоже как будто бы имеются рассеивающие их видимый свет туманности.

■ Участок неба в созвездии Единорога, где расположено молодое звездное скопление NGC 2264. Вблизи треугольного яркого образования (отмечено стрелкой) расположен инфракрасный источник. Фотография сделана в обсерватории Маунт Вилсон и Паломар (США)

Однако никто не предпринимал попыток сопоставить спектры рассеянного и инфракрасного излучения, как это было сделано для объектов Хербига — Аро.

Во всяком случае, если инфракрасное излучение таких объектов составляет только часть их излучения, то их полная светимость оказывается довольно большой, а иногда и чрезвычайно большой. Один из мощных инфракрасных источников обнаружен Д. Алленом (США) в звездном скоплении NGC 2264. Положение источника совпадает с вершиной яркого образования малых размеров, воз-

можно, с рассеивающей туманностью. Д. Аллен оценил, что полная энергия, излучаемая источником в единицу времени, в $3 \cdot 10^5$ раз больше солнечной. Светимость этого объекта в десятки раз превосходит светимость ζ Кормы и в десятки тысяч раз — светимость звезды типа Т Тельца.

Интересно, что связь с плотными пылевыми сгущениями не обнаружена для звезд типа Т Тельца, весьма многочисленных в туманностях, содержащих подобные сгущения. Вероятно, звезды типа Т Тельца находятся на более поздней стадии эволюции, чем объекты Хербига — Аро. Звезды типа Т Тельца, как правило, уже не связаны с плотными пылевыми облаками, хотя у некоторых из них еще могут наблюдаться остатки некогда весьма мощных облаков. В других случаях прямых свидетельств существования пылевого облака вблизи звезды типа Т Тельца нет, но в то же время колебания блеска звезды довольно хорошо объясняются, если предположить, что пылинки вызывают быстрые изменения поглощения света.

Более определенные доказательства существования пылевых оболочек получены в последнее время для особой разновидности очень молодых звезд спектральных классов Ae и Be — звезд Г. Хербига, родственных звездам типа Т Тельца. Это довольно горячие звезды высокой светимости. Они встречаются только в темных пылевых облаках, в ряде случаев связаны с отражательными туманностями и обычно бывают окружены компактными группировками звезд низкой светимости, похожих на звезды типа Т Тельца. Пока что подробно изучена только самая яркая звезда этого типа — HR 5999, расположенная в созвездии Скорпиона. Согласно наблюдениям, ее блеск изменяется в пределах одной звездной величины, причем эти колебания вызваны скорее всего изменением поглощения в околозвездной оболочке.

Пылевые оболочки, вероятно, окружают все самые молодые звезды. Следует также отметить увеличивающееся число свидетельств в пользу того, что молодые звезды — главный источник образования межзвездных пылинок.



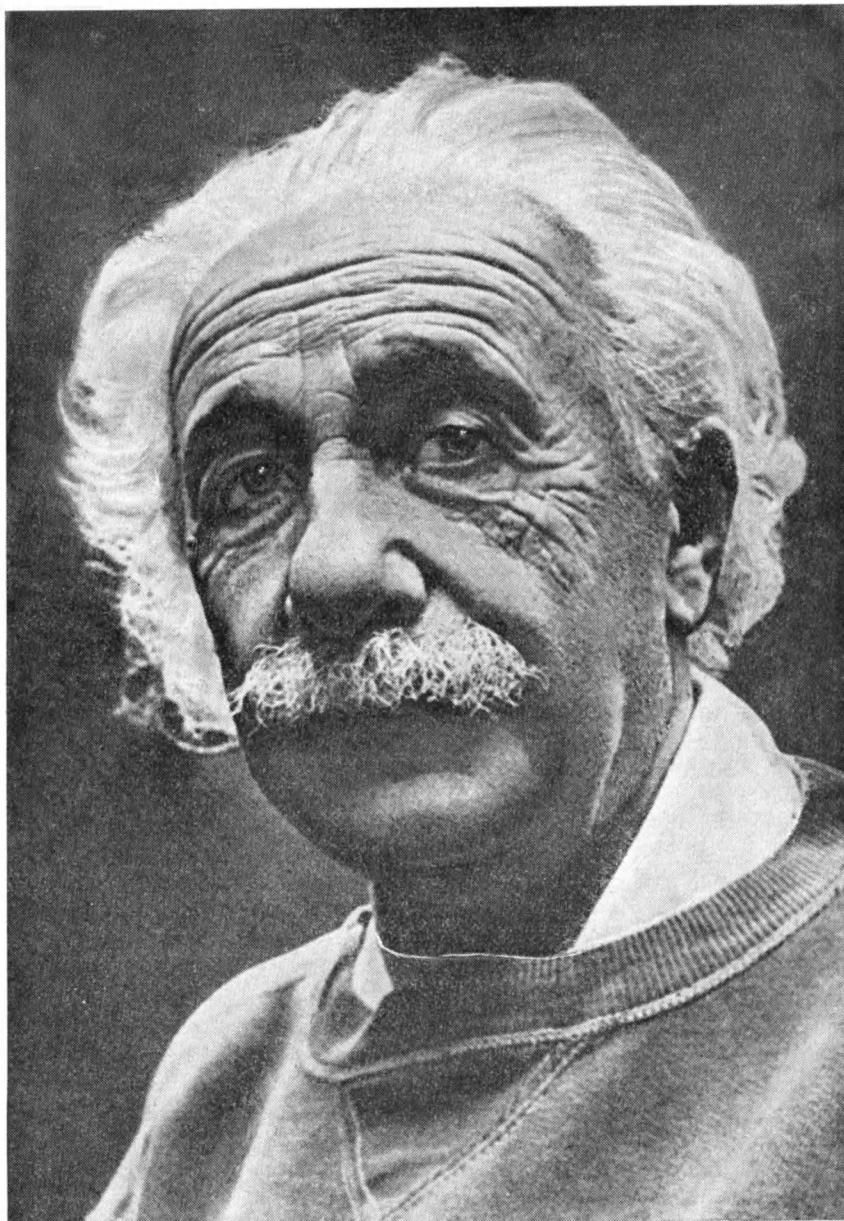
Профессор
Д. Я. МАРТЫНОВ

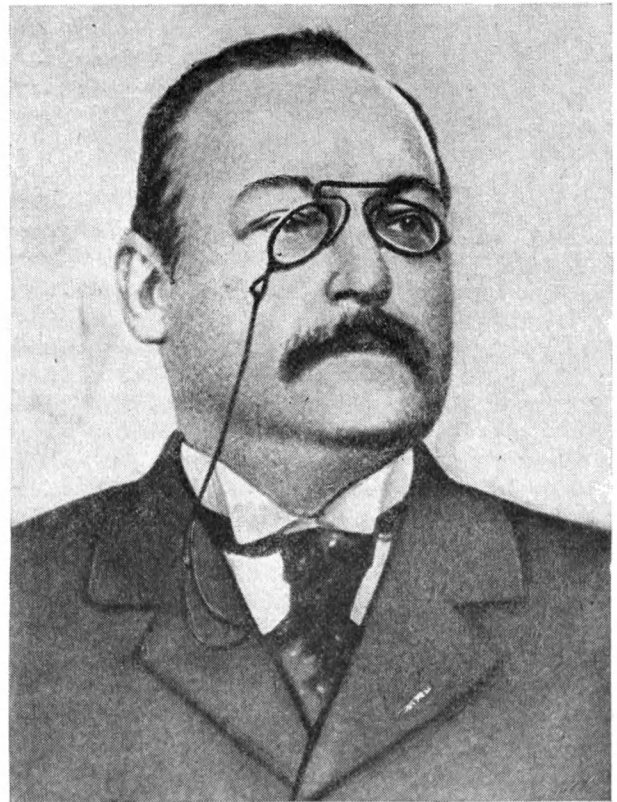
Жизнь и деятельность Альберта Эйнштейна

Исполнилось 100 лет со дня рождения Альберта Эйнштейна, крупнейшего физика XX столетия, сумевшего проникнуть в понимание сущности пространства и времени глубже, чем кто-либо другой до него, и тем самым обогатившего науку о явлениях внешнего мира океаном новых идей и представлений, развитых его помощниками и последователями. Физика преобразилась. Она стала совсем не тем, чем была в XIX столетии, хотя источники ее преобразования лежали там, в XIX веке. В лице Эйнштейна мы видим первого после Ньютона реформатора физики.

Отец Эйнштейна — Герман Эйнштейн был мелким торговцем электротоварами. Родом из Бухау в Швабии он женился там на Паулине Кох и вскоре переехал в Ульм, где и родился сын Альберт 14 марта 1879 года. Неудачная торговля в Ульме заставила вскоре Эйнштейнов перебраться в Мюнхен к брату Якобу, инженеру. Но и здесь торговое дело не ладится. Тем не менее в семье господствует хорошее настроение. Герман Эйнштейн объясняет: у него толстая кожа, она смягчает ощущение неудач. Позже Альберт Эйнштейн будет говорить то же о себе. В поисках лучшего семья переезжает в Милан. Альберт, который начал учиться в гимназии в 1889 году, остается в Мюнхене. Он относится к своей гимназии очень критически, в 15 лет бросает ее и уезжает к отцу, отказавшись от германского подданства и принадлежности к еврейской религиозной общине.

Альберт не учился в школе целый год, и неудивительно, что попытка





поступить в цюрихский Политехникум оказалась неудачной. Он не сдал экзамены по зоологии, ботанике и новым языкам. Но Альберт не унывает (толстая кожа!) и, следуя совету ректора Политехникума, поступает в кантональную школу швейцарского городка Аарау. Здесь в 1895—1896 годах он учился в третьем и четвертом классах, в этой школе он чувствовал себя счастливым. После школы он поступил в Политехникум уже без экзаменов и учился в нем до 1900 года. Хотя он записывался на очень многие курсы, лекции посещал плохо и на экзаменах предъявлял конспекты товарищей. Кончил институт со средним баллом — 4,91 из шести возможных — и не был оставлен при институте, тогда как двое его лучших друзей получили ассистентские места. Защитив диплом, но не имея места работы, Эйнштейн существует на «субсидию» своей геновской тетки, которая посылает ему ежемесячно 100 франков. Это не может продолжаться долго, ведь ему уже 22-й год!

Он не бездельничает — публикует свою первую научную работу (о явлениях капиллярности), но ничего определенного в своем положении в обществе не обретает. Проводит несколько месяцев у родителей в Милане, возвращается в Швейцарию в 1902 году, с радостью хватается за возможность заменить на несколько месяцев учителя физики в городе Винтертуре, потом, тоже на несколько месяцев, — в частном пансионе. О себе он скажет впоследствии: «Самовольный, но скромный молодой человек».

И вот в 1902 году с помощью отца своего близкого товарища Гроссмана он получает, наконец, место в Берне, в патентном бюро. В этом «ведомстве по духовной собственности» он проводит годы 1902—1909, достигнув материальной обеспеченности, возросшей с годами. Пока абсолютно ничто не говорит о каких-

■
Родители А. Эйнштейна — Паулина и Герман Эйнштейн

либо выдающихся способностях Альберта Эйнштейна. Рядовой юноша, рядовой молодой человек, рядовой сотрудник, знающий, конечно, но где уж тут говорить о талантах!..

А таланты раскрылись именно теперь, и именно здесь. Кроме материальной обеспеченности Эйнштейн получил ежедневные свободные все семь часов, вдобавок воскресенье и чувство полной свободы от необходимости утверждать свою репутацию публикацией научных работ. Он теперь мог дать полную свободу тому «своеволию», которое мешало ему учиться в школах, — он мог думать, обсуждать и откликаться на все, что попадает на пути его духовного развития, откликаться углубленно, а не мимоходом! А материальная обеспеченность доставила ему возможность начать спокойную семейную жизнь. 6 января 1903 года он женился на Милеве Марич, цюрихской студентке сербского происхождения (православного вероисповедания, заметим в скобках). От этого брака

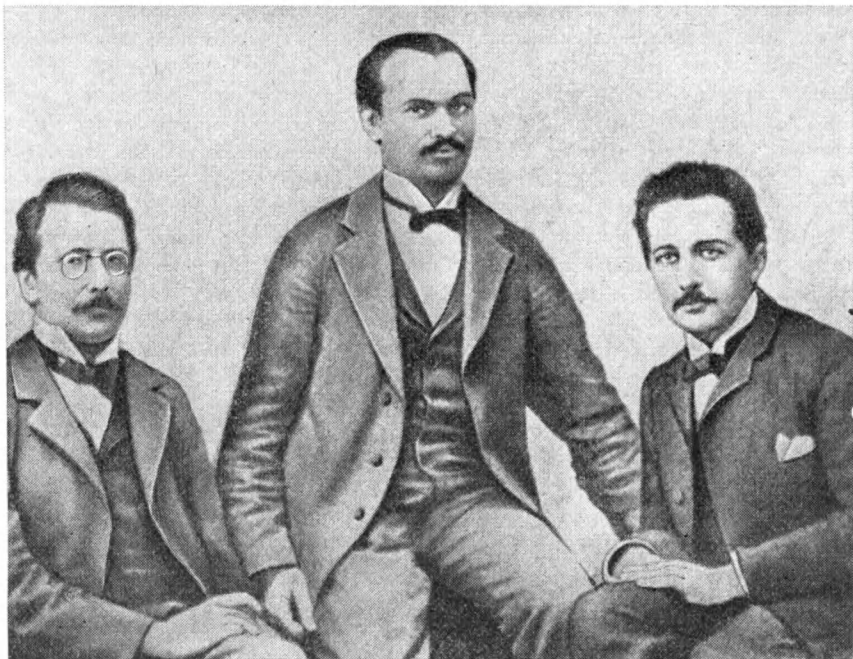
он имел двух сыновей (родились в 1904 и 1910 годах).

Еще до начала работы в патентном бюро частные уроки физики свели его со студентом-философом, румыном Морисом Соловиным. Но это были не уроки, а совместное обсуждение прочитываемых работ крупных ученых. Вскоре к ним присоединился Конрад Габихт — недавний товарищ Эйнштейна в его скитаниях, ставший студентом в Берне. Так образовалось тройственное содружество сильных интеллектов, которое они в шутку оформили как «Академия Олимпия». Потом к ним присоединился товарищ по бюро итальянец М. Бессо, обладавший энциклопедическими знаниями, и некоторые другие молодые люди. Предметом их чтений, увлеченных рассуждений и споров были и философы, и физики, и писатели — Кант, Мах, Милль, Юм, Спиноза, Авенариус, Ампер, Гельмгольц, Пуанкаре, Софокл, Расин, Диккенс...

Конечно, такие разговоры необычайно обогащали молодые умы участников «Академии» и общение друг с другом целиком их поглощало. Но у Эйнштейна оставалось еще одно большое увлечение — музыка. Альберт играл на скрипке и достиг в своем увлечении больших успехов. Его любимыми композиторами были Бах и Моцарт. На вопрос о взаимоотношениях искусства и научного творчества он впоследствии ответил: «Психологические побуждения в обоих случаях одинаковы». И, вероятно, поэтому он так легко уходил в музыку, когда нужно было дать утихнуть страстной работе ума.

Ни живопись, ни поэзия его не интересовали. Он любил книги мировоззренческого содержания, особенно философские. Кроме тех философов, которые были названы, он увлекался Шопенгауэром, Платоном, Аристотелем, зачитывался Шекспиром, Гейне, Шиллером, Г. Келлером. Он очень любил три больших романа Л. Толстого, а о «Братьях Карамазовых» говорил: «Это — удивительнейшая книга из всех, которые я держал в руках».

Нельзя назвать никого, кто научил Эйнштейна физике, нельзя сказать, что он был чьим-либо учеником.



В Политехникуме физику преподавал крупный электротехник Г. Вебер, а изучение собственно физики кончалось Гельмгольцем. Эйнштейн самостоятельно изучал Маха, Герца, Кирхгофа, Пуанкаре, Максвелла, творчески сопоставляя все важнейшие физические теории. Много лет спустя он писал, что его самая важная физическая теория — теория относительности «вовсе не является революционным актом, но естественным дальнейшим развитием линии, протянувшейся через столетия». От Ньютона до Максвелла, — добавим мы. Первый — заложил основы механики и дал законы движения, второй — открыл теоретическую электродинамику, а Герц придал ей форму теории электромагнитного поля.

Научные успехи Эйнштейна, выявившиеся вскоре, были в значительной степени связаны с философскими занятиями, которые помогли ему понять отношение между природой и познающим ее субъектом. И первым его достижением, и первой победой было создание теории относительности, о которой Макс Планк сказал, что

она превзошла «все, что было сделано до сих пор в спекулятивном (в чисто теоретическом — Д. М.) исследовании природы и даже в философской теории познания».

Эйнштейн полагал совершенно обязательным для ученого знание и умелое использование теории познания: «Наука и теория познания наставляют друг друга. Потому что наука без теории познания (если это мыслимо) примитивна и запутанна. Наоборот, теория познания без контактов с наукой становится пустой схемой». Он считал в теории познания Канта особенно ценным то, что действительное не дано нам, а задано вроде загадки. И разгадывал загадку пространства и времени долго и настойчиво. В письме к Ф. Франку он очень интересно объяснял: «Почему я открыл теорию относительности? Это покоится, кажется, на таком обстоятельстве. Нормальный взрослый не думает о проблеме Время — Пространство. Все, о чем он мог бы поразмыслить, он полагает, сделал уже в детстве. Я же, напротив, развивался так медленно, что о Пространстве и Времени стал задумываться уже взрослым. Естественно, я проник в проблему глубже, чем обыкновенный ребенок». Не только в теории относительности, но

■
Участники «Академии Олимпия» (слева направо): К. Габихт, М. Соловин, А. Эйнштейн. Берн, 1904 год

и в других своих работах он рассматривал, как правило, глубокие принципиальные вопросы.

Мы подошли к 1905 году, когда Эйнштейн сделал сразу три великие работы, из которых две носили фундаментальный характер. В первой Эйнштейн дал теорию броуновского движения. Впоследствии он возвращался к этой теме еще не раз. Во второй он ввел в физику представление о световых квантах или фотонах. Он показал, что электромагнитное излучение, в частности свет, можно рассматривать как поток индивидуальных порций энергии — квантов, которые взаимодействуют с материей как частицы — фотоны. Энергия $h\nu$ последних точно определяется частотой излучения ν . Таким образом, свет представлялся двойственно: как волновой процесс (частота) и как корпускулярное явление. Полученная Эйнштейном формула фотоэффекта
$$h\nu = \frac{1}{2} m v^2 + P,$$
 описывающая вылет из металла электрона массы m со скоростью v , легла в основу теории фотоэлектрических явлений (P — работа, необходимая для вылета электрона).

В третьей статье Эйнштейн дал разработку открытого им принципа «относительности». Это — статья «Zur Elektrodynamik bewegter Körper» («К электродинамике движущихся тел») в «Annalen der Physik», состоящая из тридцати страниц. В ней изложена специальная теория относительности (СТО). Статья родилась стремительно: между возникновением идеи и ее оформлением в печать прошло пять — шесть недель... На самом деле теория — плод многолетней упорной работы ума над проблемой пространства и времени.

Механика давно, со времени Галилея, знала принцип относительности — неразличимости механических явлений в разных системах, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно. Одно и то же явление будет протекать одинаково, вне зависимости от того, покоится ли данная система или движется прямолинейно и равномерно. Отсюда вытекает и невозможность установить абсолютное движение в

этих случаях. Принцип относительности Галилея полностью вошел в механику Ньютона.

Можно ли было распространить этот принцип относительности на электромагнитные, в частности, на световые явления? Считалось, что теория этого не допускает, а знаменитый опыт Майкельсона убедительно показал, что абсолютное движение невозможно установить с помощью света. Скорость света вдоль орбитального движения Земли и поперек него оказывалась одинаковой. Дж. Фицджеральд для объяснения этого результата предложил ни на чем не основанную гипотезу сокращения размеров тел вдоль направления движения. Г. Лоренц попытался обосновать это сокращение и дал математическое преобразование длин и течений времени в разных системах отсчета, движущихся по инерции (инерциальные системы). В разных системах свой счет времени. Таким образом Лоренц «спасал» наблюдаемое постоянство скорости света.

Эйнштейн дал всему этому совершенно иное истолкование. Кажущиеся у Лоренца промежутки времени — не кажущиеся, а реальные, они различны для разных инерциальных систем, но нельзя теперь говорить о каком-либо одном истинном времени — все они истинны и равноправны, каждое для своего движения. И оказалось, что понятие одновременности тоже зависит от движения. И все измерения, связанные со счетом времени, должны удовлетворять одному категорическому требованию — постоянству скорости света, ее одинаковости во всех системах. Таким образом, то, что у Лоренца было результатом трансформации, у Эйнштейна стало необходимым и притом реально существующим условием трансформации. Иными словами, чтобы установить свою систему отсчета, нужно опираться в счете времени на неизменность скорости света, а не на предполагавшийся, но неоправдавшийся носитель света — эфир. Из этого вытекал целый ряд следствий в основных правилах механики и, наконец, фундаментальное соотношение между массой и энергией ($E=mc^2$). Вместе с тем новая механика СТО —

печальный факт для человечества, создавшего атомную бомбу, и благодарный для человечества в его поисках новых ресурсов природной энергии — установила, что у движущегося (в данной системе) тела масса больше, чем у покоящегося.

В механике Ньютона пространство и время абсолютны и не зависят от познающего человека. В философии Канта пространство и время рассматриваются в их отношении к человеку. Это — априорные понятия, обуславливающие познание. Мах категорически отрицал абсолютные время и пространство, таким же образом он отрицал абсолютное движение, а в конечном счете перешел к критике ньютоновской концепции объективного пространства. Эйнштейн же никогда не сомневался в объективном существовании и времени и пространства, наделяя их определенными свойствами, зависящими от движения, то есть уже неабсолютных.

Мы знаем, что В. И. Ленин в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм» сделал совершенно определенное заключение: «Изменчивость человеческих представлений о пространстве и времени так же мало опровергает объективную реальность того и другого, как изменчивость научных знаний о строении и формах движения материи не опровергает объективной реальности внешнего мира» (Собр. соч., т. 14, с. 162—163).

Разумеется, между выходом в свет статьи столь фундаментального содержания, как «Zur Elektrodynamik...», и реакцией на нее со стороны физиков и философов должно было пройти некоторое время. В 1907 году, когда эту статью Эйнштейн представил в Бернский университет как диссертацию, один из рецензентов вернул ее со словами: «Что вы там написали — я вообще не понимаю».

Но в 1908 году намечается перелом. Гёттингенский профессор математики Г. Минковский, дает превосходную математическую трактовку СТО. Физическая теория приобретает математическую ясность. Минковский называет новое понимание времени, введенное Эйнштейном, «коперниковским деянием». Эйнштейн делает доклад о своей теории излу-

чения на съезде естествоиспытателей в 1909 году в Зальцбурге. С ним ищут знакомства, к нему приезжают, чтобы яснее понять его новые идеи. Его допускают до приват-доцентского чтения (трем слушателям) той же теории излучения в Бернском университете, где он в конце концов получает ученую степень. Потом — приглашение в Цюрихский университет на должность экстраординарного профессора. В 1909 году он покидает Берн, а вместе с ним и место в патентном бюро. Лекции он читает по теоретической физике. А его СТО уже живет независимой жизнью. Ее признают Планк, Лау и многие другие. С этим приходит и признание самого Эйнштейна как выдающегося физика.

Его приглашают в Прагу, в немецкий университет на должность ординарного профессора, и он переезжает туда в 1911 году. Прага была в ту пору цитаделью махистов, но Эйнштейн не очень увлекается общением с ними, равно как и остается равнодушным к стремлению представителей очень сильной пражской еврейской религиозной общины привлечь его в свои ряды. Но авторитет Эйнштейна как физика мирового масштаба закрепляется в этом году приглашением на Сольвеевский конгресс в Брюсселе. Это был первый конгресс в ряду других, повторявшихся в течение более полувека. На Сольвеевские конгрессы собирались крупнейшие физики, астрономы, химики со всего мира, и на первый конгресс 1911 года по списку, составленному Эрнстом, был приглашен Эйнштейн. Здесь он познакомился и сблизился с Лоренцом, Пуанкаре, Планком, Эрнстом, Ланжевеном, Марией Кюри, Резерфордом, Перреном. В Брюсселе произошло очень оживленное обсуждение СТО, из которого Эйнштейн убедился, что сущности ее многие не поняли. Вероятно, по этой причине Эйнштейн во всей своей последующей жизни много раз писал и выступал с докладами о теории относительности в возможно более популярном изложении.

В 1912 году Эйнштейн возвращается в Цюрих на должность ординарного профессора в Политехникум. Чтобы занять эту должность, требо-



валась рекомендация трех ученых с мировым именем. Эйнштейна рекомендовали М. Планк, А. Пуанкаре и М. Кюри. Он был избран 1 октября 1912 года на десятилетний срок.

■
А. Эйнштейн. 1920 год

Много лет спустя Эйнштейн говорил Л. Инфельду: «Специальная теория относительности сейчас уже была бы создана независимо от меня. Эта проблема назрела. Но я не думаю, что это касается и общей теории относительности» (ОТО).

Основная идея ОТО, которой Эйнштейн начал заниматься уже в 1911

году, состояла в следующем. Специальный принцип относительности не устранил понятия об абсолютном движении, так как в нем равнозначность двух систем, движущихся одна относительно другой, ограничивается лишь частным случаем равномерного и прямолинейного движения. Но в другой неинерциальной системе движения, происходящие в инерциальных, обнаружат себя силами инерции — центробежной, кориолисовой (маятник Фуко, сплюснутость земного шара, отклонение падающих тел к востоку). Выходит, что существуют абсолютные ускорения, абсолютные вращения?

Представим себе наблюдателя А в системе координат (x, y, z) , движущуюся равномерно и прямолинейно. Наблюдатель В (x', y', z') , движущийся относительно А ускоренно, увидит у тел, принадлежащих системе А, одинаковое для всех ускорение, но пришьет его гравитации, однородному полю силы тяжести. В то же время А будет считать, что В движется с ускорением в своем поле тяготения. Обе системы (x, y, z) и (x', y', z') совершенно равноправны в истолковании наблюдаемых явлений. Это и есть **общий принцип относительности**, и он позволяет рассматривать закон тяготения как естественное обобщение галилеева закона инерции. Одно из важнейших следствий — равенство инертной массы и тяжелой массы, определяющей силу притяжения, что блестяще вытекало из опытов Л. Этвёша.

Первые наброски ОТО относятся к 1911 году. Тут и реакция на опыты Этвёша, и небольшая, но глубокая статья о влиянии силы тяжести на распространение света. Эйнштейн напряженно работает над физическим содержанием установленного им принципа эквивалентности. Однако новый подход к гравитационным полям потребовал разработки математической теории ОТО. Еще во время пребывания Эйнштейна в Праге математик Г. Пик указал ему на работы Г. Риччи и Т. Леви-Чивита, которые заложили основы тензорного исчисления. Несколько позже Эйнштейн обратился к своему старому товарищу, а теперь профессору математики

Цюрихского Политехникума, Марселю Гроссману с призывом о помощи в дальнейшей разработке ОТО, и Гроссман после ознакомления с работами Римана, Риччи и Леви-Чивита превосходно решил поставленную перед ним Эйнштейном задачу. В 1913 году была опубликована новая фундаментальная работа «Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und eine Theorie der Gravitation» («Очерк обобщенной теории относительности и теория гравитации»), которая состояла из двух частей. Автор первой из них — Эйнштейн, второй — Гроссман. Итак, время и пространство нельзя более рассматривать как независимые фундаменты физических процессов. И геометрия тел, и ход часов зависят от движений и гравитационных полей, а те в свою очередь создают материю.

В своих физических построениях вообще и при создании ОТО Эйнштейн не раз находился под влиянием физических идей Маха, но философию Маха Эйнштейн отверг еще до создания ОТО. На вопрос одного французского философа он отозвался о Махе: «Жалкий философ». Быть может, в этот отзыв вкралось отрицательное впечатление о Махе как личности, которое создалось у Эйнштейна при посещении Маха в 1913 году в окрестностях Вены, где больной 75-летний старик, с «добродушным и хитроватым выражением лица», ничего не дал Эйнштейну положительного. А отрицательное заключалось в том, что Мах отстаивал нереальность существования атомов, с чем Эйнштейн — создатель теории броуновского движения и свидетель огромных успехов других сторон атомной теории — не мог согласиться.

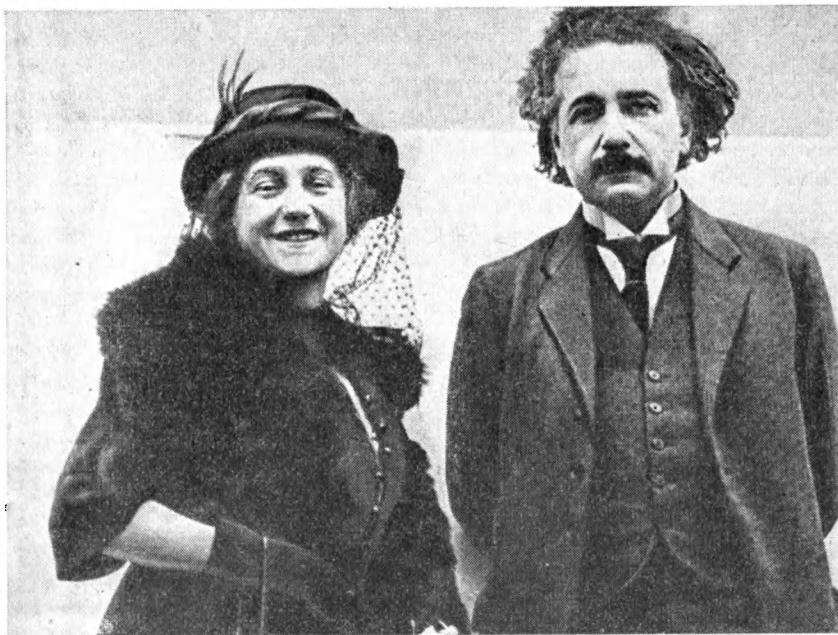
В 1913 году Эйнштейн участвует в съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Вене. Вскоре после этого его избирают действительным членом Прусской академии наук и директором одного из научно-исследовательских институтов. Он покидает Цюрих в 1914 году, оставляя там жену с двумя сыновьями. Его второй брак с троюродной сестрой был счастливым, хотя и бездетным.

Уже в 1915 году он сообщает друзьям, что основные уравнения ОТО он

нашел, и в 1916 году подводит итоги ряду своих журнальных работ в книге «Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie» («Основы общей теории относительности»), изданной в Лейпциге. Но это не было ни в малейшей степени концом его работ по ОТО, тем более, что она жила уже своей полнокровной самостоятельной жизнью в работах его новых учеников и продолжателей. Среди них — К. Шварцшильд. Он нашел решение уравнений ОТО для одной сферической массы и тем самым дал разработку теории тяготения Эйнштейна в формах, близких астрономии и астрофизике.

Эйнштейн уже объяснил «лишние» 42 угловые секунды в вековом движении перигелия Меркурия (1915 г.), необъяснимые для классической теории. Но это был пока единственный контакт ОТО с опытом. Между тем Эйнштейн глубоко разделял идею Галилея о ценности опыта и чувственного восприятия. Он всегда жадно искал средства проверить свои уравнения. Отдавая предпочтение опыту, Эйнштейн, по его словам, получал могучий метод, без которого он не смог бы производить работы по физике. Он стремился свои теоретические построения доводить до предсказания эксперимента. Но путь к этому был иногда и долог и труден. А пока не найдено опытное подтверждение, теоретик не находит покоя. «Теперь я понимаю, почему есть так много людей, которые охотно колют дрова. В этом виде деятельности успех виден сразу», — говорил он.

Легко понять, что он был очень обрадован возможностью проверки его предсказания об отклонении светового луча в поле тяготения Солнца. Эта возможность появилась в связи с солнечным затмением 29 мая 1919 года, когда по инициативе А. Эддингтона Королевское астрономическое общество в Лондоне организовало специально подготовленные экспедиции в Гвинею и Бразилию. Нужно было сфотографировать звездное поле в ближайших окрестностях Солнца и сравнить взаимное положение звезд с тем, которое получалось на фотографиях, снятых несколько месяцев спустя, когда Солнце уже да-



леко ушло из этой области неба. Обработка снимков блестяще подтвердила предсказанное Эйнштейном смещение звезд радиально от Солнца на величину, близкую к предсказанной, $1,75''$ для звезд, чей свет проходил у самого солнечного края.

Последующие экспедиции на солнечное затмение в большей или меньшей мере повторили этот результат, в том числе советская экспедиция 1936 года на Дальнем Востоке и английская 1952 года в Судане, но тогдашний результат 1919 года, доложенный в Лондоне на объединенном заседании Королевского общества и Королевского астрономического общества, был расценен как самое выдающееся научное событие XX века, величайшее со времен Ньютона.

Общая теория относительности влекла за собой неисчислимые следствия — от недр атома до строения Вселенной в целом, от отклонения световых волн в полях тяготения до гравитационных волн. Работать над этим множеством задач стали многочисленные ученые.

Выше было названо имя Шварцшильда как продолжателя дела Эйн-

штейна; сюда же можно присоединить еще много имен прежде всего тех физиков, которые развивали атомную теорию с позиций СТО и теорию атомного ядра. Следует назвать еще оригинальное обобщающее изложение ОТО Г. Вейлем в 1918 году. Нам, астрономам, ближе имена А. Эддингтона, который одним из первых глубоко усвоил теорию тяготения Эйнштейна, Э. Фрейнлиха, организовавшего исследование Солнца в стационарных и экспедиционных условиях, В. де Ситтера, который развивал идею нестационарной вселенной как равноправную со стационарной вселенной Эйнштейна (Эйнштейн уже перешел к вопросам космологии), А. А. Фридмана, который показал, что уравнения гравитации Эйнштейна в применении ко всей вселенной допускают разнообразные решения.

Конечно, для широкой публики учение Эйнштейна и его последователей было трудным для понимания, а иногда (и даже довольно часто) сводилось к вульгарной формулировке: «Все в мире относительно». В действительности и сам мир, и многое в нем безотносительно и непреходяще. Прежде всего, скорость света, наличие гравитационных полей, связанных с присутствием материи. Если спра-

ведлива популярная в наши дни модель горячей Вселенной, то факт первоначального взрыва тоже безотносителен. Физики говорят, что все эти явления инвариантны по отношению к преобразованию координат.

Если в годы 1912—1918 Эйнштейн завоевывает себе широчайшее признание среди ученых, то после 1919 года его имя не сходит с газетных полос, его слава становится всемирной. Уже как гость он читает в Цюрихе лекцию по приглашению, в 1920 году встречается с Н. Бором. Совершает ряд триумфальных поездок в Австрию, Японию, Францию, Голландию, где получает непродолжительную именную профессию в Лейдене, а в 1921 году посещает США и читает «Четыре лекции...». Совершает поездку в Палестину.

В том же 1921 году Нобелевский комитет присуждает ему премию за ... интерпретацию фотоэлектрического эффекта с помощью теории световых квантов, разработанной в 1905 году!

В чем дело?

Эйнштейн родился в мелкобуржуазной еврейской семье, нуждавшейся, по условиям бедной и беспокойной жизни, в поддержке еврейской религиозной общины. Но молодой Эйнштейн еще в средней школе от общины отвернулся, отвернулся от всего того, что в ней было обрядного и тем более религиозного. Мы уже видели, что и в Праге он не поддавался давлению со стороны тамошней очень сильной общины и уклонился от ее признания. А возникший в Германии антисемитизм, широкий вообще и узкий в научных кругах, больно его ранил. Он говорил: «Я видел недостойную мимирию достойных евреев и от этого зрелища мое сердце кровоточило». Конечно, он не мог стать на путь мимикрии. Окруженный очень влиятельными в науке истинными друзьями — М. Планком, В. Нернстом, М. Лау, Г. Рубенсом и многими другими, он встречает очень сильно и одержимого противника — Ф. Ленарда, Нобелевского лауреата 1905 года, убежденного эмпирика, поклонника эксперимента и вдобавок ко всему злобного националиста, актив-

■
Эльза и Альберт Эйнштейн на борту «Сельтик». 1922 год

ного фашиста впоследствии. Ленард выступал против Эйнштейна яростно, ни в чем с ним не соглашаясь.

В этой обстановке Шведская академия наук не решилась присудить премию за «небесспорное» открытие, какими являлись СТО и ОТО в глазах Ленарда и К°, и присудила ее за открытие фотоэлектрического эффекта, добавив, впрочем, «и за его работы в области теоретической физики», что вызвало бурный протест Ленарда.

В течение своей жизни Эйнштейн стал почетным доктором или членом 25 университетов и академий, в том числе Академии наук СССР осенью 1926 года. Его слава поразительна по масштабу. И это — при его неизменной скромности и готовности оживленно беседовать с коллегой, учеником, дорожным спутником...

Но в Берлине ему грозят убийством, друзья просят воздержаться от публичных выступлений...

По мере того как политическая обстановка в Германии в 20-е годы накалялась, официальные отношения к Эйнштейну становились все более холодными. Причина этого лежала, конечно, в том, что Эйнштейн, в противоположность своим ученым коллегам, выступал по политическим вопросам открыто и часто. А был он в ту пору активным пацифистом и противником антисемитизма...

В 1933 году, вернувшись из США в Европу, Эйнштейн не поехал дальше Бельгии. В Берлине воцарился фашизм. Прусская академия письмом своего секретаря обвинила Эйнштейна в участии в «мерзкой травле Германии во Франции и Америке». Эйнштейн вышел из Прусской академии 30 марта 1933 года. Вышел он и из Баварской академии. А фашистское правительство объявило вознаграждение в 50 000 марок «за голову Эйнштейна».

Эйнштейну было 54 года, когда он с женой, двумя ее дочерьми и испитанным секретарем Еленой Дюказ покинул Европу. Они нашли приют в США, в Принстоне. Этот период жизни Эйнштейна мог бы оказаться спокойным, если бы не разыгралась вскоре вторая мировая война. Он не

остался к ней безразличным. Когда приехавший из Европы Бор сообщил об открытом в Германии расщеплении урана, Эйнштейн написал президенту Ф. Рузвельту письмо, в котором указывал, какое это будет страшное орудие убийства, если оно попадет в руки нацистов, и просил поставить эксперименты о возможности создания атомной бомбы.

Дорога в ад вымощена добрыми намерениями. Рузвельт, которому было доставлено письмо Эйнштейна, внял его просьбе и придал ядерным экспериментам самый широкий размах. Атомная бомба была сделана в США, но не в Германии. А рекомендация группы физиков, ее создавших, испробовать действие бомбы над необитаемой местностью, не была принята во внимание. По распоряжению президента Г. Трумена (Рузвельт уже умер) бомбы сбросили над Хиросимой и Нагасаки три месяца спустя после того, как война с Германией была завершена. Две атомные бомбы унесли 260 000 жизней, 163 000 человек были ранены или поражены лучевой болезнью. Эйнштейн воспринял это как катастрофу. Под ее впечатлением он высказался, что есть лишь один путь к уверенности существования, к миру — создание всемирной организации государств.

Покинув Германию, Эйнштейн предался идее разработки единой теории поля, идее, которая возникла у него в 20-х годах после создания общей теории относительности.

Уже были установлены независимо два поля — электромагнитное и гравитационное. Затем хлынул поток открытий новых частиц. Для них тоже нужно было построить поля. Одно? Много? Как много? Наконец, в 20-х годах родилась квантовая волновая механика, которая констатировала, что положение и скорость частицы в некий момент не могут быть одновременно фиксированы с произвольно высокой точностью. Не от несовершенства наших средств исследования, а принципиально. Эйнштейн не признал квантовую механику. Почему? Это — загадка. Хотя объяснений выставлялось немало, они держатся на таких тонких аргументах, что лучше оставить их.

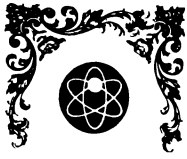
Преодолев ограничения ньютоновской механики, спасши в своей механике ускорения, устранив их абсолютный характер в ОТО, Эйнштейн искал теперь единую теорию поля как содержание будущей физики. Эту задачу он не решил, как не решили ее его приемники и последователи.*

В 1955 году Эйнштейн умер. Это случилось 18 апреля. Ему было 76 лет. В завещании он просил не допускать никаких религиозных обрядов или церемоний. Лишь немногие друзья проводили его тело в крематорий. Его прах был рассеян.

Доброжелательность, общительность, стремление помочь, понять своего ближнего характеризуют нравственный облик Эйнштейна. Но его яркая интеллектуальность была еще более привлекательной, его мозг работал всегда с максимальным напряжением страстно и убежденно. Для него формирование правильного понимания пространства и времени, этих устоев физики, было не вопросом карьеры, не созданием жизненных благ для себя. Для него это была сама жизнь — ее цель, смысл и содержание. В одном из писем Эйнштейн писал: «Вы думаете, что я смотрю на труды моей жизни со спокойным удовлетворением. Но с близкого расстояния это выглядит совсем иначе. Нет ни одной идеи, которая, по моему убеждению, будет прочно стоять, и я чувствую неуверенность: нахожусь ли я на правильном пути? Я не хочу быть правым... Я хочу только знать, прав ли я».

Ньютон в свое время говорил: «Если я видел дальше других, то потому только, что стоял на плечах гигантов». Он, конечно, имел в виду великих своих предшественников от Гиппарха до Кеплера. Эйнштейн тоже «стоял на плечах гигантов», в том числе и «на плечах» Ньютона, к гениальной интуиции которого он относился с восхищением. И «на плечах» Эйнштейна будут стоять грядущие реформаторы физики!

* Сейчас физики смотрят оптимистически на создание единой теории электромагнитных явлений, слабых (радиоактивных) и сильных (ядерных) взаимодействий. Но гравитация все еще остается в стороне от этих усилий.



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Доктор физико-математических
наук
К. С. СТАНКЕВИЧ

Как было открыто реликтовое излучение

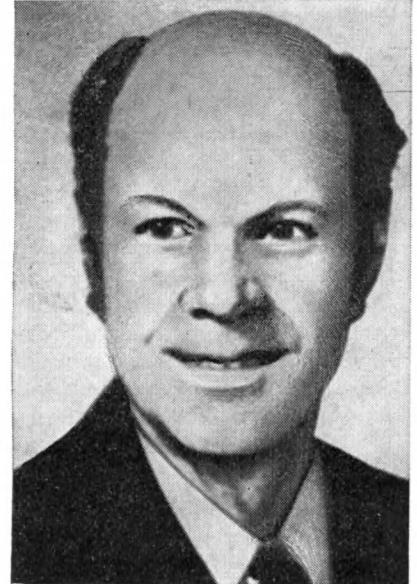
В октябре 1978 года доктор Арно Пензиас и доктор Роберт Вильсон получили Нобелевскую премию за открытие космического микроволнового фона. Об истории открытия и связанных с ним теоретических исследованиях рассказывает эта статья.

АНТЕННА С МИНИМАЛЬНОЙ ШУМОВОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

В 1964 году молодые радиоастрономы А. Пензиас и Р. Вильсон по заказу фирмы «Белл» начали изучение характеристик антенны, которая предназначалась для работы по программе спутниковой связи «Телстар». Им предстояло первое самостоятельное научное исследование.

Обычное назначение антенны — прием электромагнитного излучения в узком телесном угле (главном луче), сориентированном в нужном направлении. Направленность приема ограничивается дифракцией радиоволн, всегда возникающей на элементах конструкции антенны. Из-за дифракции антенна способна собирать излучение в полном телесном угле. И хотя постороннее излучение поступает сильно ослабленным вне главного луча, оно тем не менее мешает приему слабых сигналов.

Известно, что все тела и окружающая среда излучают электромагнитные волны с универсальным распределением энергии по спектру частот, которое характеризуется температурой самого тела и его излучательной способностью. В радиоастрономии используются однозначной зависимостью между температурой и мощ-



■ *Арно Пензиас. Родился 26 апреля 1933 года в Мюнхене. В 1958 году он закончил Колумбийский университет в США, а в 1962 году получил степень доктора философии. С 1961 года работает в фирме «Белл Телефон Лабораториз» (г. Холмделл, штат Нью-Джерси), с 1962 года заведует отделом радиотехнических исследований*

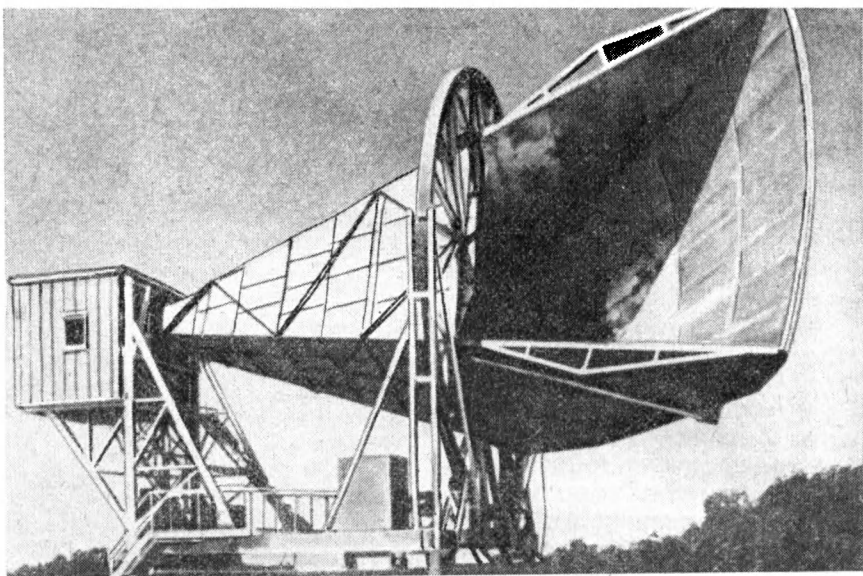
■ *Роберт Вильсон. Родился 10 января 1936 года в Хьюстоне (штат Техас). Степень доктора философии получил в 1962 году в Калифорнийском технологическом институте. С 1963 года работает в фирме «Белл Телефон Лабораториз»*

ностью излучения абсолютно черных тел, измеряя в температурных единицах интенсивность слабых сигналов любой природы. Поверхность Земли и атмосфера, имеющие температуру около 300 К, являются источниками интенсивного шумового радиоизлучения. Оно тоже принимается антенной и вместе с собственным излучением волновода, подсоединяющего приемник, образует некоторый уровень шумового сигнала. На его фоне регистрируется сигнал от исследуемого объекта. Обычно у радиоастрономических антенн сантиметрового диапазона интенсивность шумов составляет несколько десятков градусов. Она непостоянна и зависит от многих факторов, например от погоды или угла наклона антенны.

В конце 50-х годов в фирме «Белл» была разработана специальная малошумящая рупорно-параболическая антенна. Это — комбинация прямоугольного рупора и сектора параболического отражателя, фокус которого совмещен с вершиной рупора. Еще тогда было показано, что такая антенна действительно обладает наилучшей помехозащищенностью и минимальной шумовой температурой — порядка нескольких градусов. Характеристики этой антенны и начали исследовать Пензиас и Вильсон.

Благодаря точной настройке антенны им удалось почти полностью освободиться от влияния постороннего излучения. Радиоизлучение Земли, например, добавляло к температуре антенны всего лишь 0,1 К. Сложное волновое соединение между рупором и приемником, содержащее вращающиеся части, было выполнено с особой тщательностью. Пензиас и Вильсон разработали также высокочувствительную приемную аппаратуру, в которой использовался малошумящий усилитель на кристалле рубина, охлаждаемом жидким гелием. Таким образом впервые была создана приемная система с низкой температурой шумов. Точные измерения показали, что на частоте 4080 МГц (длина волны 7,35 см) температура антенны, направленной в зенит, равна 6,7 К, из них собственные шумы волновода и антенны составили всего 0,9 К, 2,3 К пришлось на радиоизлучение атмосферы и $3,5 \pm 1,0$ К остались на долю неизвестного источника. Это избыточное приращение температуры не изменялось при направлении антенны в различные точки неба, не зависело от времени и сезона наблюдений (с июля 1964 по апрель 1965 года), его не удавалось объяснить совокупным излучением космических объектов.

Приведенные выше значения температуры различных элементов антенной системы демонстрируют крупные технические достижения и высочайшую инженерную культуру экспериментаторов. Естественно, Пензиас и Вильсон опирались на богатый инженерный опыт фирмы и располагали данными о радиоизлучении атмосферы, характеристиках антенны, правда, на других частотах. С этой антенной



ранее работало несколько высококвалифицированных коллективов, однако честь открытия космического микроволнового фона выпала не на их долю.

Свою работу Пензиас и Вильсон 13 мая 1965 года направили в «Astrophysical Journal». Это была третья статья, опубликованная Пензиасом, и четвертая, — Вильсоном. Они не смогли дать объяснения наблюдаемому космическому шуму и до публикации сообщили о своих результатах известному физическому Р. Дикке, работающему в Принстонском университете. Одновременно со статьей А. Пензиаса и Р. Вильсона в журнале была напечатана статья Р. Дикке, П. Пиблса, П. Ролла и Д. Вилкинсона, интерпретирующая неизвестный добавок шумовой температуры антенны как **реликтовое излучение горячей Вселенной**.

ИЗЛУЧЕНИЕ, ОСТАВШЕЕСЯ ОТ «ОГНЕННОГО ШАРА»

Мысль о том, что на ранних стадиях Вселенная была горячей, высказана впервые Г. А. Гамовым в 1947 году. Это предположение выдвигалось в надежде объяснить образование химических элементов, поскольку реакции синтеза должны быстро протекать при высоких температурах («Зем-

ля и Вселенная», № 3, 1969, с. 4—11.— Ред.).

Если рассматривать расширение Вселенной с момента первоначального «огненного шара», имевшего температуру 10^{10} К через секунду после начала расширения, то через три минуты радиус Вселенной возрастет в 10 раз и температура станет 10^9 К. Именно такая температура и требуется для синтеза элементов. По мере расширения Вселенной вещество и излучение остывали. Из теории также следовало, что остаток этого равновесного излучения должен и сейчас заполнять Вселенную. Г. А. Гамов предсказал, что современное значение температуры реликтового излучения должно быть около 25 К. Р. Альфер и Р. Герман (ученики Гамова) уточнили расчет и получили температуру 5 К. В 50-х годах были выяснены значения скоростей реакций синтеза и оказалось, что образование многих элементов невозможно в рассматриваемой схеме. Теория происхождения элементов, предложенная Г. А. Гамовым, подверглась критике, а потом о «горячей космологии» за-

Рупорно-параболическая антенна, на которой было открыто реликтовое микроволновое излучение Вселенной

были. Правда, в 1964 году к ней вновь обратились Ф. Хойл и Э. Тейлер, чтобы объяснить образование гелия. К этому же году относятся расчеты микроволнового фона, проведенные А. Г. Дорошкевичем и И. Д. Новиковым. Они получили для современной температуры реликтового излучения значения 1—30 К и на основе существовавших радиоастрономических данных пытались установить верхний предел этой величины.

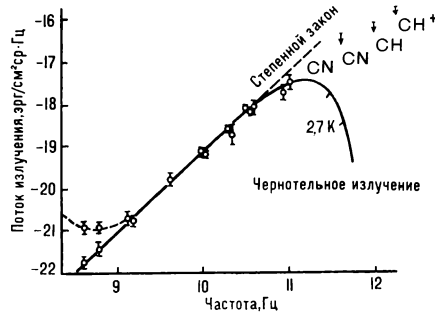
В начале 60-х годов Р. Дикке и его сотрудники в Принстоне решили проверить идею о горячем начале Вселенной. Проверить ее можно было бы, если бы удалось зарегистрировать в наши дни реликтовое тепловое излучение. Осенью 1964 года Р. Дикке и его ученики П. Ролл и Д. Вилкинсон приступили к созданию установки для обнаружения этого излучения на длине волны 3 см. Прежде чем они успели провести измерения, Пензиас по телефону сообщил о зарегистрированном неизвестном избытке в шумовой температуре антенны, равном 3,5 К. Дикке, Пиблс, Ролл и Вилкинсон поняли: обнаружено то, что они планировали найти, — космическое микроволновое излучение, оставшееся от «огненного шара» в процессе расширения Вселенной.

СПЕКТР РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Доказать, что спектр обнаруженного излучения соответствует излучению абсолютно черного тела, можно было, лишь получив данные на других длинах волн, и здесь большой вклад внесли принстонская группа и советские радиофизики из Научно-исследовательского радиофизического института в Горьком.

В течение 1966—1968 годов были сделаны измерения примерно на пятнадцати длинах волн — от 74 см до 3,3 мм, охватывающих длинноволновую часть спектра реликтового излучения. В этой области интенсивность, как и ожидали, обратно пропорциональна квадрату длины волны и температура, которой соответствует излучение, равна, согласно последним данным, $2,73 \pm 0,08$ К.

Далее предстояли измерения на



более коротких волнах миллиметрового диапазона. Нужно было найти положение максимума в распределении интенсивности реликтового излучения и установить соответствие спадающей части спектра излучению абсолютно черного тела с температурой 2,73 К. Но в этом диапазоне значительно возрастают радишумы атмосферы благодаря поглощению электромагнитных волн парами воды. Эти шумы не остаются постоянными в течение эксперимента из-за вариаций влажности. Даже размещение аппаратуры в горах, на высоте около 4000 м, не помогает — аппаратуру нужно выносить за пределы атмосферы.

Тогда вспомнили о межзвездных молекулах циана. В основном состоянии эти молекулы поглощают линию 3874,6 Å в фиолетовой части спектра излучения звезд, но если основное состояние возбуждено, то линия смещается и длина ее волны становится 3874,0 Å. Длина волны возбуждающего излучения равна 2,64 мм. Значит, по отношению интенсивностей наблюдаемых линий поглощения циана можно точно вычислить энергию возбуждающего излучения с длиной волны 2,64 мм.

Впервые оптические спектральные наблюдения межзвездного циана выполнил канадский астроном Мак-Келлар еще в 1941 году. Он нашел, что

■ *Спектр реликтового микроволнового излучения (шкалы — в логарифмическом масштабе). Показаны измерения на отдельных частотах. Сплошная кривая соответствует излучению абсолютно черного тела с температурой 2,7 К*

около четверти молекул циана находится в возбужденном состоянии, и это слишком много, чтобы объяснить распределение молекул по состояниям столкновениями с атомами водорода или действием излучения света звезд. Согласно оценке Мак-Келлара, температура возбуждения циана оказалась 2,3 К. Этот результат вошел в классическую книгу Г. Герцберга «Молекулярные спектры и структура молекул», опубликованную в 1941 году и хорошо известную советскому читателю. Герцберг писал, что «температура 2,3 К имеет, конечно, всего лишь иллюстративное значение». В течение четверти века оставалась нерешенной загадка возбуждения межзвездных молекул циана. И только после открытия реликтового излучения Вселенной она получила естественное объяснение (И. С. Шкловский). В 1969 году американские астрономы Дж. Клаузер и П. Таддиус вновь проанализировали спектры одиннадцати звезд в линиях поглощения циана и получили температуру возбуждающего молекулы излучения около 3 К. Длина волны 2,64 мм удачно расположена вблизи максимума излучения абсолютно черного тела с температурой около 3 К, и эксперимент Клаузера и Таддиуса убедительно показал соответствие реликтового фона этому спектру.

Позднее пытались использовать другие межзвездные молекулы для измерений температуры микроволнового излучения на волнах от 1,3 до 0,36 мм, но удалось получить лишь грубую оценку верхней границы (меньше 8 К). Это, скорее, породило больше проблем, чем внесло ясность. Стало очевидным, что на субмиллиметровых волнах необходимы прямые измерения. На этом закончился этап наземных измерений спектра реликтового фона.

Прошло более десяти лет после открытия Пензиаса и Вильсона, прежде чем было полностью исследовано распределение энергии микроволнового фона Вселенной по всему диапазону длин волн. Лос-аламосская группа исследователей провела специальные запуски ракет, на которых устанавливались приемники, охлаждаемые до температуры 1,7 К. После длительных



неудач все-таки были получены достоверные данные, подтверждающие трехградусную температуру реликтового излучения на волнах субмиллиметрового диапазона. Точные значения температуры в этом диапазоне, равные $2,7^{+0,2}_{-0,3}$ и $2,99^{+0,07}_{-0,14}$ К, измерены английскими и американскими физиками недавно. В их экспериментах приемную аппаратуру поднимали за пределы плотных слоев атмосферы на высотных баллонах. Понадобился кропотливый труд больших коллективов ученых разных стран (Англии, СССР, США) для доказательства того, что спектр микроволнового фона тепловой и соответствует излучению абсолютно черного тела при

температуре 2,7 К. Этот результат — важнейший аргумент в пользу теории горячей Вселенной, теории «большого взрыва», и одно из главных достижений наблюдательной космологии. В самое последнее время обнаружен избыток излучения вблизи максимума спектра.

■
В конце 1978 года доктор А. Пензиас посетил Москву и встретился с советскими учеными в Институте космических исследований АН СССР (слева направо): академик Р. З. Сагдеев, доктор А. Пензиас, академик Я. Б. Зельдович, летчик-космонавт СССР В. И. Севастьянов

Фото А. Плямоватого

ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ И РЕЛИКТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

В развитии современной теории эволюции горячей Вселенной велика заслуга советских астрофизиков. Они разработали теорию пространственных флуктуаций температуры реликтового фона, предсказали ряд интересных эффектов в распределении интенсивности этого излучения. В прошлом году один из предсказанных эффектов — уменьшение интенсивности реликтового фона всего на 0,01% в направлении скоплений галактик (предсказание сделано Я. Б. Зельдовичем и Р. А. Сюняевым) — был обнаружен экспериментально. Это падение интенсивности —

следствие взаимодействия микроволнового излучения с горячим межгалактическим газом скоплений.

Теория горячей Вселенной рассматривает взаимодействие излучения и вещества в процессе расширения. В первоначальном «огненном шаре» спустя секунду после начала расширения вещество, нагретое до 10^{10} К, представляло собой плазму. Благодаря рассеянию электромагнитных волн на свободных электронах, вещество и излучение тесно взаимодействовали, их температура была одинаковой. По мере расширения температура вещества уменьшалась. Как только оно охладилось до 4000 К, первичная плазма начала рекомбинировать: во Вселенной появился нейтральный водород. Это — очень важный этап в истории Вселенной. После рекомбинации взаимодействие излучения и вещества прекратилось, и спектр реликтового излучения остался таким, каким он был в то время, когда рекомбинация закончилась. Если тогда во Вселенной уже существовали крупномасштабные возмущения плотности вещества или скоростей его движения, то в современном спектре и пространственном распределении микроволнового фона могли бы наблюдаться некоторые неоднородности.

Есть основания предполагать, что тепловая история Вселенной была гораздо сложнее. Поиск межгалактического водорода во Вселенной, принятый на длине волны 21 см, и попытка обнаружить поглощение свет испускаемого далекими квазарами, в линии нейтрального водорода не

дали положительных результатов, что свидетельствует о чрезвычайно малой концентрации нейтрального водорода в межгалактическом пространстве. Кроме того, расчеты показывают, что если бы газ оставался нейтральным, то средняя температура вещества во Вселенной в современную эпоху не превышала бы 0,003 К. Между тем мы знаем, что в галактиках, в холодных плотных газовых облаках межзвездной среды, минимальная температура составляет несколько градусов, а в недрах звезд и ядер галактик она достигает миллиардов градусов. Значит, во Вселенной в какой-то период произошел вторичный разогрев вещества, появилась ионизованная среда. Новь возникшее взаимодействие вещества и излучения (рассеяние излучения на свободных электронах) должно вызвать новые искажения спектра и дополнительные пространственные флуктуации температуры реликтового фона.

Особенно интересным представляется исследование мелкомасштабной (несколько угловых минут) пространственной структуры реликтового излучения. Сегодня мы наблюдаем далекие небесные объекты — квазары, галактики, их скопления. А это значит, что плотность вещества во Вселенной неоднородна — в масштабах этих объектов существуют значительные возмущения плотности. Небесные тела могли возникнуть благодаря гравитационной неустойчивости из флуктуаций плотности, которые существовали в эпоху, предшествовавшую рекомбинации водорода. Современные пространственные вариации

реликтового излучения должны быть пропорциональны амплитуде этих возмущений плотности. Поэтому обнаружение мелкомасштабных флуктуаций температуры микроволнового излучения позволило бы определить возраст небесных тел и внести ясность в теорию их происхождения. Различные теории дают примерно одинаковый предел для флуктуаций температуры — около 10^{-4} К. Измерение столь малых величин не вызывает принципиальных трудностей у экспериментаторов, но задача настолько сложна, что десятилетие, прошедшее со времени первых исследований, не принесло окончательных результатов.

Недавно была обнаружена небольшая анизотропия распределения интенсивности реликтового излучения на небе, связанная с движением Солнечной системы относительно этого излучения. Из-за эффекта Доплера наблюдатель воспринимает несколько повышенную интенсивность излучения с той стороны, куда он движется, и пониженную — с противоположной. Наблюдения показали, что скорость Солнечной системы относительно реликтового излучения около 400 км/с.

Открытием космического микроволнового фона А. Пензиас и Р. Вильсон внесли фундаментальный вклад в науку. Исследование реликтового излучения остается одной из важнейших и трудных проблем современной космологии. Над ее решением работают многие коллективы ученых, но, несмотря на достигнутые успехи, до сих пор мы еще поразительно мало знаем об этом удивительном явлении.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ОБЛАКОВ

Установлено, что конвективные облака, наблюдаемые в земной атмосфере, излучают электромагнитные волны. Излучение в СВЧ-диапазоне возникает еще до перехода облака в грозовую фазу, что дает возможность обнаруживать облака, представляющие опасность для летательных аппаратов.

Л. Г. Качурин, Л. И. Дивинский и Б. Д. Иванов (Ленинградский гидрометеорологический институт) в те-

чение нескольких лет изучали облачное радиоизлучение в метровом диапазоне волн. В экспериментах, которые проводились в Алазанской долине Восточной Грузии, использовались синхронно работающие радиолокационные станции.

Обнаружено два типа сигналов, поступающих от облаков, находящихся в электрически активном состоянии — в грозовой, предгрозовой и послегрозовой фазе развития. Немолниевое излучение, поступающее в виде серии коротких импульсов, стационарно, и облака, генерирую-

щие его, обнаруживаются приемными устройствами на расстоянии 30—50 км. Радиоизлучение, сопровождающее молниевые разряды, более интенсивно и обнаруживается на расстоянии 140—180 км. Эти особенности радиоизлучения облаков в метровом диапазоне можно использовать при создании аппаратуры, предназначенной для диагноза и прогноза электрической активности облачности.

«Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана», 15, 7, 1979.



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Профессор
А. А. КОСМОДЕМЬЯНСКИЙ

«Космические ракетные поезда»

(К 50-летию выхода в свет работы
К. Э. Циолковского)

Работа Константина Эдуардовича Циолковского «Космические ракетные поезда» — первая попытка создать строгую математическую теорию многоступенчатых ракет. Для современной ракетной техники работа Циолковского имеет громадное значение и как образец проницательности человеческого разума, и как фундамент новых свершений в области ракетостроения и космонавтики.

Многоступенчатые ракетные системы применялись для фейерверков и иллюминаций давно. В сочинении К. Сименовича (1650 г.) уже имелись эскизы трехступенчатых фейерверочных ракет. В XVIII веке двухступенчатые и трехступенчатые фейерверочные ракеты большими партиями производились в России. В 20-х годах нынешнего столетия о применении в ракетах-носителях многоступенчатых систем писали Р. Годдард и Г. Оберт, но они не привели теоретических расчетов.

Теории полета многоступенчатых ракет (ракетных поездов, по терминологии Циолковского) не существовало до 1929 года.

Конечно, с позиций современной ракетодинамики работа К. Э. Циолковского «Космические ракетные поезда» — это только первое приближение к познанию законов движения многоступенчатых ракет.

Вычисляя законы движения ракетных поездов, Константин Эдуардович ограничивался рассмотрением прямолинейных движений в свободном пространстве, то есть не учитывал влияния гравитационных и аэродинамических сил. Но и такая постановка задачи все же позволила выявить

максимальные возможности получения реактивного способа движения. Циолковский пишет: «Мы не имеем цели сейчас входить во все подробности. Тут цель другая: показать выгоды поезда в отношении окончательной скорости в сравнении с одноким реактивным прибором»... «Мы будем сначала решать задачу в самом простейшем виде. Предполагаем устройство всех ракет совершенно одинаковым. Запасы горючего и сила взрывания также».

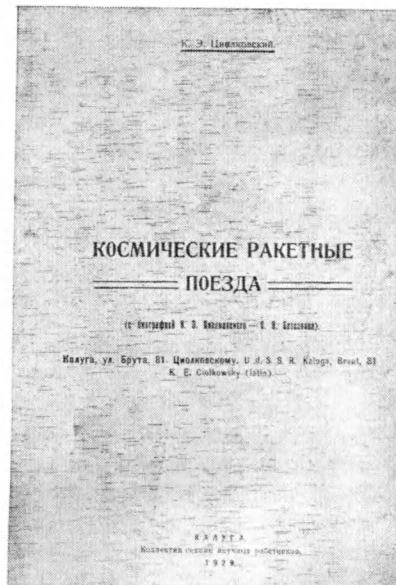
Приведем некоторые описания «ракетного поезда» по Циолковскому.

«Под ракетным поездом я подразумеваю соединение нескольких одинаковых реактивных приборов, двигающихся сначала по дороге, потом в воздухе, потом в пустоте вне атмосферы, наконец, где-нибудь между планетами или солнцами».

«Взрыв (то есть включение реактивного двигателя) начинается с передней ракеты, чтобы весь поезд подвергался натяжению, а не сжатию, с которым легче бороться. Кроме того, это способствует и устойчивости поезда во время взрывания. При этом можно составить более длинный поезд, а следовательно, и получить большую скорость при том же запасе горючего в каждом ракетном вагоне».

«Каждая ракета должна иметь рули: направления, высоты и противодействия вращению. Они должны действовать не только в воздухе, но и в пустоте».

«Дело происходит приблизительно так. Поезд, положим, из пяти ракет скользит по дороге в несколько сот верст длиною, поднимаясь на 4—8 верст от уровня океана. Когда пе-



редняя ракета почти сожжет свое горючее, она отцепляется от четырех задних. Эти продолжают двигаться с разбегу (по инерции), передняя же уходит от задних вследствие продолжающегося, хотя и ослабленного взрывания. Управляющий ею направляет ее в сторону, и она понемногу спускается на Землю, не мешая движению оставшихся сцепленными четырех ракет. Когда путь очищен, начинает свое взрывание вторая ракета (теперь передняя)... Так же и все другие ракеты, кроме последней. Она не только выходит за пределы атмосферы, но и приобретает космиче-

Обложка брошюры К. Э. Циолковского «Космические ракетные поезда» (1929 г.)

скую скорость. Вследствие этого она или кружится около Земли, как ее спутник, или улетает далее — к планетам и даже иным солнцам».

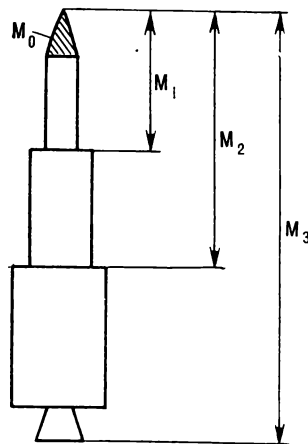
Из приведенных описаний может создаться впечатление, что ракетный поезд весьма мало похож на современную космическую многоступенчатую ракету (старт вертикальный, горение топлива начинается с хвостовой ракеты). Однако, если посмотреть на ход вычислений, в основу которых положена формула Циолковского, то станет ясно, что при сделанных предположениях (движение происходит в свободном пространстве, и учитывается только реактивная сила) все вычисления остаются верными и при вертикальном старте, и при другом порядке срабатывания последовательных ступеней. Добавим к этому, что вертикальный старт и расположение первой ступени в хвостовой части ракеты используются в некоторых конструкциях и в наши дни.

Надо отметить, что из предыдущих работ К. Э. Циолковский получил следующее: реактивная сила и сила тяжести для стартующей вертикально ракеты пропорциональны кубу характерного линейного размера ракеты (L^3), в то время как сила лобового сопротивления будет пропорциональна квадрату этого размера (L^2) и, следовательно,

$$\frac{\text{сила лобового сопротивления}}{\text{сила тяжести}} = \frac{K_1 L^2}{K_2 L^3} = \frac{K}{L},$$

где K , K_1 , K_2 — некоторые постоянные. Таким образом, чем крупнее ракета, тем меньше влияют на ее летные характеристики аэродинамические силы.

Если в процессе движения масса вертикально взлетающей ракеты будет изменяться (убывать) по степенному закону (в этом случае ускорение, обусловленное реактивной силой, при постоянной относительной скорости частиц на срезе сопла будет постоянным), то влияние силы тяжести на летные характеристики будет тем меньше, чем больше перегрузка, обусловленная реактивной силой.



Следовательно, при больших перегрузках влиянием силы тяжести на летные характеристики можно в первом приближении пренебречь.

К. Э. Циолковский всегда стремился (и не только в данной работе) выявить максимальные возможности реактивного движения. Он провел вычисления для четырех вариантов компоновок своего поезда. К. Э. Циолковский пишет: «Охарактеризуем наши поезда разных систем. Могут быть четыре случая.

А. Ракеты устроены почти одинаково. Запас взрывчатых веществ у всех один и тот же, но взрывание тем сильнее, чем масса поезда больше. Благодаря этому, ускорение для всех частных поездов (субракет, по современной терминологии — А. К.) одно и то же, но время взрывания обратно массе поезда.

Б. Запас взрывчатых веществ и сила взрывания тем больше, чем больше масса частного поезда... Секундное ускорение и время взрывания для всех поездов одинаковы.

В. Запас взрывчатых веществ пропорционален массе частного поезда, но сила взрывания постоянна... Этот случай нами не разобран.

Г. Все ракеты совершенно тождественны по запасу горючего и взрывной машине. Чем больше масса частного поезда, тем меньше ускорение. **Время взрывания для всех поездов (последовательных субракет — А. К.) одинаково.**

■
Схема трехступенчатой ракеты с последовательным отделением ступеней

Преобразовав формулы для скорости полезного груза и выполнив расчеты, Циолковский доказал, что «вычисления можно упростить, если считать поезда с конца, в обратном порядке, то есть последний поезд из одиночной ракеты считать за первый, предпоследний — за второй и т. д.». Этот вывод Циолковского был повторен в работе М. Фертрегга*. В наши дни такой подход к расчету летных характеристик многоступенчатых систем наиболее распространен.

Важнейший практический вывод, сформулированный Циолковским в 1929 году, состоит в том, что даже при хорошо известных и опробованных горючих и окислителях, при практически реализуемых числах Циолковского

$$Z = \frac{\text{вес топлива в субракете}}{\text{вес субракеты без топлива}}$$

можно получать и первую и вторую космическую скорость для планеты Земля. «Одним словом, и при несовершенстве реактивных приборов можно получить космические скорости».

Кстати, у всех известных нам многоступенчатых ракет последовательные субракеты одноразового действия. А вот Константин Эдуардович еще в 1929 году писал: «Совершив свое дело, то есть отправив последнюю ракету в космическое путешествие, все остальные ракеты, какой бы ни было системы, пролетов более или менее длинный путь в атмосфере, планируя, спускаются на сушу или воду и опять могут служить для того же. Один и тот же поезд, на одном и том же пути может отправить миллионы приборов в небесное путешествие. Требуется только непрерывный расход на горючее из дешевых продуктов нефти и эндогенных соединений кислорода». В 1935 году К. Э. Циолковский предложил теорию «эскадрилий ракет» (одинаковых ракет, соединенных параллельно, с последовательным переливанием топлива из боковых ракет).

* М. Фертрегг. Основы космонавтики (перевод с англ.). «Просвещение», 1969.

Приведем один простой пример расчета скорости полезного груза для трехступенчатой ракеты. Будем разделять многоступенчатую ракету на субракеты. Масса первой субракеты M_1 состоит из массы полезного груза M_0 , массы конструкции первой ступени и массы топлива. Для второй субракеты **первая субракета — полезный груз**. Будем считать, что для всех ракет числа Циолковского Z одинаковы и равны 9 (очень высокое конструктивное совершенство). И, если относительная скорость отброса $V_7 = 3$ км/с, субракета M_3 сообщит M_2 скорость

$$v_2 = V_7 \ln(1 + Z) \text{ или}$$

$$v_2 = 2,3 V_7 \lg(1 + Z) = 6,9 \text{ км/с.}$$

Скорость, полученная субракетой M_1 от субракеты M_2 , $v_1 = 6,9$ км/с.

Учитывая, что M_1 получила от M_3 (вместе с M_2) скорость v_2 , запишем полную скорость M_1 в виде:

$$v = v_1 + v_2 = 13,8 \text{ км/с.}$$

Скорость полезного груза M_0 будет

$$v_{\text{макс.}} = v + V_7 2,3 \lg(1 + Z) = 20,7 \text{ км/с.}$$

Если вес полезного груза $P_0 = M_0 g = 10$ т (g — ускорение силы тяжести), то с учетом принятого нами числа Циолковского «9» $P_1 = M_1 g = 10 P_0 = 100$ т, $P_2 = M_2 g = 1000$ т и $P_3 = M_3 g = 10\,000$ т.

Таким образом, у **однородной многоступенчатой ракеты** (у всех субракет числа Z одинаковы) **веса последовательных субракет** (считая от полезного груза) **растут в геометрической прогрессии, а приращение скоростей от последовательных субракет одинаковы и равны $v_{\text{макс.}}/n$** , где n — число субракет (скорость полезного груза возрастает от однородных субракет в арифметической прогрессии).

После работы К. Э. Циолковского было доказано, что учет влияния однородного поля тяжести ($g = \text{const}$) не меняет сформулированного закона нарастания скоростей для однородной многоступенчатой ракеты*.

Скажем совсем кратко о том, как работал этот необыкновенно талантливый человек. Окружающих поражали страстная увлеченность, одержи-

* Л. М. Воробьев. К теории движения ракет. М., «Машиностроение», 1970.

мость изучаемой проблемой. Он говорил, что глухота спасала его от мелочных раздражений внешнего мира, и поэтому он мог целиком отдаваться своим размышлениям, вычислениям и экспериментам. К. Э. Циолковский писал: «Творчество требует сосредоточения на определенной группе идей. Остальные должны быть забыты»*.

Он обладал хорошей памятью, энциклопедическим умом, огромной трудоспособностью. В его работах поражает оригинальная сила мышления и сила чувства. А его негибкая воля! «Жизнь несла мне много горестей, и только душа, кипящая радостным миром идей, помогла мне их перенести». Циолковский творчески работал ежедневно. Бедность, потери близких, насмешки коллег-педагогов и обывателей Калуги, голод и холод в годы гражданской войны, невозможность опубликовать подготовленные к печати работы не останавливали его.

Вдохновение и творческая фантазия не покидали его до последних дней жизни. За четыре месяца до смерти он взволнованным глуховатым голосом говорил по радио советскому народу: «Герои и смельчаки проложат первые космические трассы: Земля — орбита Луны, Земля — орбита Марса и еще далее — Москва — Луна, Калуга — Марс»**.

Многим эти мысли Циолковского казались в те дни несбыточными и даже безумными. В одной из своих брошюр, напечатанной в Калуге на «средства автора», он приводит следующее высказывание М. Горького: «Все на Земле создано напряжением нашей воли, нашей фантазии, нашего разума. Необходимо, чтобы человек внушал самому себе: я все могу. Не нужно бояться дерзости или безумства в области труда и созидания. Самое великое и удивительное из всего созданного людьми — есть наука, искусство, техника...»***.

* К. Э. Циолковский. Нирвана (издание автора). Калуга, 1914.

** С. Самойлович. Гражданин Вселенной. Калуга, Государственный музей истории космонавтики имени К. Э. Циолковского.

*** К. Э. Циолковский. Реактивный аэроплан. Калуга, 1930.

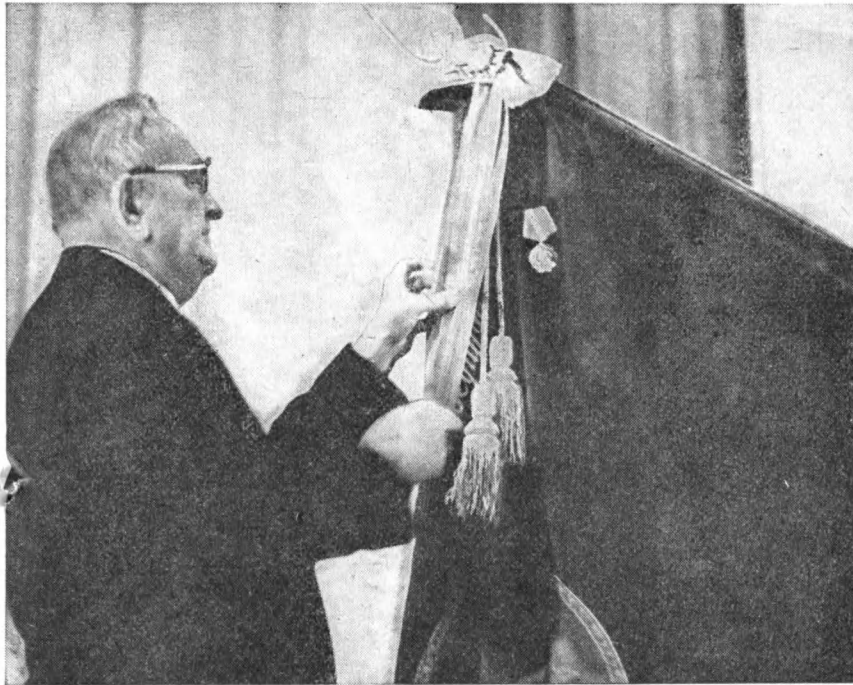


200-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ МИИГАиК

В мае 1979 года исполнилось 200 лет Московскому институту инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии (МИИГАиК) («Земля и Вселенная», № 5, 1979, с. 40—46.—*Ред.*). 23 мая в конференц-зале института состоялось расширенное заседание ученого совета МИИГАиК. Ректор института профессор В. Д. Большаков рассказал об истории вуза и его сегодняшнем дне. Начальник Главного управления технических вузов РСФСР профессор В. Я. Никонов от имени коллегии Минвуза назвал МИИГАиК передовым вузом России, постоянно добивающимся высоких показателей в работе. Постановление коллегии Главного управления геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК), в котором дана высокая оценка преподавательской и научной деятельности коллектива старейшего технического вуза, огласил заместитель начальника ГУГК кандидат технических наук Л. А. Кашин. В своей приветственной речи дважды Герой Советского Союза лётчик-космонавт СССР Б. В. Вольфов отметил плодотворную совместную работу космонавтов с учеными-института.

Со славным юбилеем МИИГАиК поздравили: заместитель начальника Военно-топографического управления Генерального штаба Вооруженных Сил СССР генерал-майор В. В. Шилов, начальник Военно-инженерной академии имени В. В. Куйбышева генерал-лейтенант инженерных войск Е. С. Колибернов, академики А. А. Михайлов и В. П. Мишин, заместитель председателя Секции наук о Земле Президиума АН СССР член-корреспондент АН СССР Г. А. Авсюк, главный редактор журнала «Геодезия и картография» В. В. Полевцев, а также представители многих других организаций и учреждений страны.

На заседании выступали зарубежные гости. Ректор Высшего институ-



та по архитектуре и строительству в Софии профессор И. Н. Патоков подчеркнул, что МИИГАиК оказал огромное влияние на развитие геодезической науки в Болгарии. О сотрудничестве с институтом-юбилеем, который готовит специалистов и для братских социалистических стран, говорили представители учебных заведений и научных учреждений ВНР, ГДР, МНР, ПНР, СФРЮ и ЧССР.

По поручению Федерации космонавтики СССР заместитель председателя Федерации И. Г. Борисенко и дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР Г. Т. Береговой наградили ученых и преподавателей института медалями имени С. П. Королева и дипломами имени летчика-космонавта СССР Ю. А. Гагарина. Сотрудникам МИИГАиК были вручены значки «За отличные успехи в работе», «Отличник геодезии и картографии». Профессор Ф. В. Дробышев получил диплом «Лучший изобретатель геодезии и картографии».

Вечером 23 мая в Государственном центральном концертном зале состоялось торжественное заседание, посвященное 200-летию института. На заседание собралось около 2,5 тыс. человек. Член ЦК КПСС, заместитель Председателя Президиума Верховного Совета СССР М. А. Яснов в своей приветственной речи сказал, что будучи передовым вузом, МИИГАиК

ведет научную и практическую работу, имеющую большое народнохозяйственное значение. Только за три года десятой пятилетки экономический эффект от внедрения научных исследований, выполненных в институте, составил около 70 млн. рублей. М. А. Яснов зачитал Указ Президиума Верховного Совета СССР от 11 апреля 1979 года о награждении МИИГАиК орденом Ленина и от имени Президиума Верховного Совета СССР вручил орден, прикрепив его к знамени института.

В ответном слове профессор В. Д. Большаков и студентка МИИГАиК А. В. Миронова сердечно поблагодарили за высокую государственную награду. Профессор Большаков подчеркнул, что коллектив института рассматривает ее как проявление заботы партии, ее Центрального Комитета и лично товарища Л. И. Брежнева о высшей школе.

С высокой государственной наградой институт поздравили: министр

Член ЦК КПСС, заместитель Председателя Президиума Верховного Совета СССР М. А. Яснов прикрепил орден Ленина к знамени института

высшего и среднего специального образования РСФСР академик И. Ф. Образцов, первый секретарь Бауманского райкома КПСС С. А. Купреев, начальник ГУГК кандидат технических наук И. А. Кутузов, первый проректор Дрезденского технического университета профессор Ф. Деймлик, который приветствовал МИИГАиК от имени всех зарубежных делегаций, начальник Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина, генерал-лейтенант авиации, дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Г. Т. Береговой, председатель Совета ректоров города Москвы, ректор Московского высшего технического училища имени Н. Э. Баумана академик Г. А. Николаев, начальник Военно-топографического управления Генерального штаба Вооруженных Сил СССР генерал-лейтенант Б. Е. Бызов. Приятным сюрпризом для участников заседания прозвучало в зале приветствие с космической орбиты, записанное на пленку. Космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин горячо поздравили коллектив МИИГАиК со славным юбилеем.

Участники торжественного заседания направили приветственное письмо Центральному Комитету КПСС, Президиуму Верховного Совета СССР, Совету Министров СССР и Генеральному секретарю ЦК КПСС, Председателю Президиума Верховного Совета СССР товарищу Л. И. Брежневу.

После торжественного заседания состоялись концерт и бал.

24—28 мая в конференц-зале вуза-юбилера была проведена конференция «Научные проблемы геодезии». Ее участники заслушали и обсудили доклады, посвященные проблемам космической и морской геодезии, геодезической астрономии, изучению движения земной коры, исследованиям по определению фигуры и размеров Земли, научному приборостроению, картографии. Было сделано несколько докладов о роли МИИГАиК в развитии геодезии и картографии.

В юбилейные дни в институте была развернута выставка, посвященная истории и сегодняшнему дню МИИГАиК, геодезическим инструментам, редким книгам по геодезии и картографии.

Участники юбилейных торжеств посетили также выставку, посвященную 60-летию Ленинского декрета «Об учреждении Высшего геодезического управления» и 200-летию МИИГАиК, работавшую в Политехническом музее.

Э. К. СОЛОМАТИНА

РЕЙСЫ КОРАБЛЕЙ НАУКИ (январь—июнь 1979 года)

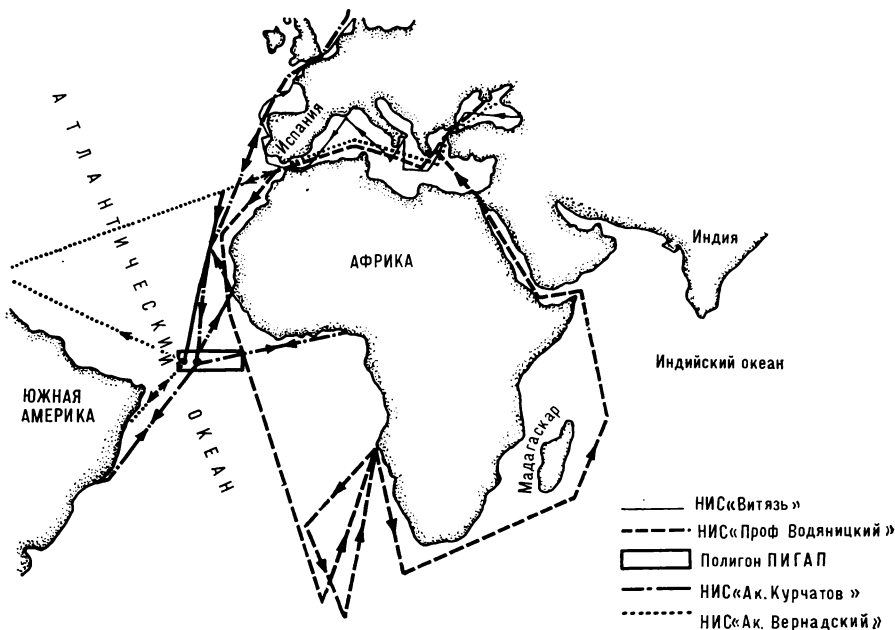
В первой половине 1979 года научно-исследовательский флот АН СССР и академий наук союзных республик продолжал изучение Мирового океана по международным и национальным программам.

115-суточный рейс «Дмитрия Менделеева» (Институт океанологии АН СССР), начавшийся в декабре прошлого года, проходил в западной части Тихого океана, в основном в его экваториальной зоне. Экспедиция изучала звуковые поля в океане, океаническую турбулентность, внутренние волны, тонкую структуру вод. С помощью глубоководного аппарата «Пайсис» (канадского производства) удалось получить интересные научные данные. Первое погружение на глубину 590 м гидронавты осуществили в Тиморском море 31 марта 1979 года. Во время погружения испытывалась работа систем аппарата и научных приборов. 7 апреля гидронавты погрузились на 1720 м. В апреле 1979 года «Дмитрий Менделеев» вернулся во Владивосток.

В середине апреля 1979 года закончился очередной рейс «Профессора Водяницкого» (Институт биологии южных морей АН УССР). Выйдя из Средиземного моря Гибралтарским проливом, судно обогнуло Африку и через Суэцкий канал вернулось в Севастополь. На протяжении всего маршрута ученые исследовали биологическую структуру и продуктивность океанских вод. Изучались сырьевые запасы кальмаров открытого океана, в некоторых районах удалось выявить перспективные в промысловом отношении виды рыб.

Научно-исследовательские суда «Академик Курчатов» и «Профессор Штокман» (Институт океанологии АН СССР), а также «Михаил Ломоносов» и «Академик Вернадский» (Морской гидрофизический институт АН УССР) приняли участие в первом эксперименте по программе ПИГАП (программа исследований глобальных атмосферных процессов). Во время эксперимента, который проходил в экваториальной зоне Атлантики и закончился в мае 1979 года, была получена информация о крупномасштабных процессах в океане и атмосфере.

Свой первый рейс в марте 1979 года завершило новое научно-исследовательское судно «Дальние Зеленцы», построенное в Хабаровске для Мурманского морского биологического института АН СССР. Из Владивостока через Суэцкий канал судно прибыло в Мурманск. В 80-суточном перегонном рейсе экипаж судна и сотрудники института изучали влия-



ние загрязнения вод на морские организмы в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах.

Свой 65-й рейс закончил ветеран академического флота научно-исследовательское судно «Витязь» (Институт океанологии АН СССР). Выйдя из Черного моря в Атлантический океан, судно в апреле 1979 года прибыло в Калининград. В рейсе изучались физические, химические, биологические и геологические процессы, протекающие в морях. Это был последний рейс «Витязя», служившего науке на протяжении 30 лет («Земля и Вселенная», № 4, 1974, с. 73—79. — *Ред.*).

«Профессор Богоров» (Дальневосточный научный центр АН СССР) в первой половине 1979 года совершил рейс в тропическую зону Индийского океана, где ученые Тихоокеанского института биоорганической химии ДВНЦ АН СССР занимались поиском физиологически активных веществ в морских организмах. Одновременно проводились химические и биохимические исследования веществ, которые могут быть использованы для лечения нервных, сердечно-сосудистых и некоторых других заболеваний.

Ученые Института вулканологии ДВНЦ АН СССР на судне «Вулкано-

лог» проводили работы в юго-западной части Тихого океана. Исследовалась подводная вулканическая деятельность и ее влияние на процессы рудообразования. Одновременно испытывался комплекс основного и вспомогательного оборудования судна во взаимодействии со спутниковой навигационной системой «Фуруно». Разрабатывалась методика поиска обнаружения и комплексного исследования подводных вулканов. Четырехмесячный рейс «Вулканолога» закончился в июне 1979 года.

Экспедиция на научно-исследовательском судне «Каллисто» (Дальневосточный научный центр АН СССР) с декабря по март 1979 года работала в центральной части Тихого океана. Изучался процесс минералообразования на океаническом дне.

На судне «Аю-Даг» (Институт термодинамики и электрофизики АН ЭССР) продолжалось исследование загрязненности Балтийского моря. Во время рейса члены экспедиции установили контакты с научными учреждениями Швеции, Дании, ГДР, ФРГ. При заходах судна в порты этих стран проводились совместные симпозиумы, семинары, обсуждалась методика исследований, советские специалисты знакомились с оборудованием лабораторий исследовательских институтов.

А. И. ЧИБОВ

■
Маршруты научно-исследовательских судов в Атлантическом и Индийском океанах



Доктор философских наук
А. Д. УРСУЛ

Внеземные цивилизации: проблема существования

До недавнего времени идея множественности обитаемых миров квалифицировалась как материалистическая, а противоположная ей (жизнь признавалась только на Земле) — как идеалистическая. Но между идеями уникальности или множественности обитаемых миров и главными философскими направлениями нет однозначной связи.

Тот факт, что идея множественности живых и разумных существ в космосе нередко связывалась однозначно с материализмом, имеет свои исторические основания и оправдание. В условиях господства геоцентрической точки зрения, на протяжении столетий выступающей в качестве религиозно-церковной догмы, сама идея множественности миров имела прогрессивно-антирелигиозный, атеистический характер. Признание иных внеземных материальных существ противопоставлялось богу и другим сверхъестественным «существам».

В современных условиях, когда теологи под влиянием успехов космонавтики уже не отрицают, а даже «развивают» идею множественности обитаемых миров, эта гипотеза не может иметь однозначную связь ни с материализмом, ни с идеализмом (религией).

Как верно подметил член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский, водораздел между материализмом и идеализмом, наукой и религией, сейчас не проходит по обсуждаемой проблеме. Идея об уникальности нашей цивилизации возрождается теперь в рамках материализма. В отличие от античной материалистической идеи и противоположной ей

традиционно религиозной концепции, идея уникальности не носит геоцентрического характера: ведь наша цивилизация уже осваивает космос, практически преодолевая геоцентризм своего существования и развития.

Другая особенность современной концепции уникальности разумной жизни заключается в том, что она возникла из идеи множественности обитаемых миров не на основе философско-идеалистических положений, а на базе логического анализа этой проблемы в рамках научного материализма. Обобщая данные частных наук, главным образом астрономической, И. С. Шкловский справедливо заметил, что «ведущей тенденцией в развитии концепции множественности обитаемых миров за последнее столетие является систематическое сокращение числа космических объектов, рассматривавшихся как возможное пристанище жизни». * Далее он приводит аргументы (некоторым ученым они представляются спорными — и здесь нет ничего удивительного, ибо все аргументы за и против существования внеземных цивилизаций в принципе дискуссионные), свидетельствующие о том, что эта тенденция характерна и для настоящего времени.

Развивая свою аргументацию, И. С. Шкловский опирается не только на данные астрономии, но, пожалуй, первым среди астрономов обращает внимание на социальные аспекты развития нашей цивилизации

как цивилизации космической. Для этой цели он привлекает прогнозирование освоения космоса на длительные отрезки времени и показывает принципиальную возможность неограниченного развития цивилизаций благодаря овладению окружающим космическим пространством, отдельными планетными системами, галактиками и даже Метагалактикой. И поскольку мы не наблюдаем проявлений разумной астроинженерной деятельности и данные современной науки исключают пока вывод о посещении нашей планеты иными разумными существами, И. С. Шкловский делает вывод о том, что «мы одиноки, если не во всей Вселенной, то, во всяком случае, в нашей Галактике или даже в Местной системе галактик». Причем, по мнению И. С. Шкловского, этот вывод, обосновывается не хуже, а значительно лучше, чем традиционная концепция множественности обитаемых миров.

Здесь мы должны заметить, что хотя многие оппоненты И. С. Шкловского считают его концепцию «концепцией одиночества» разумной жизни во Вселенной, мы, опираясь не на заглавие его статьи, а на содержание, не считаем такую оценку корректной. Основной пафос концепции И. С. Шкловского направлен против того варианта идеи о множественности обитаемых миров, который однозначно не подтверждается данными современной науки и тенденциями ее развития, а не вообще против идеи наличия внеземных цивилизаций.

И. С. Шкловский не утверждает, что наша цивилизация одинока во Вселенной, а лишь в Галактике или

* И. С. Шкловский. О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной. «Вопросы философии», № 9, 1976.

в Местной системе галактик. Значит, за пределами этих астрономических систем не исключается наличие разумной жизни, как, впрочем, и внутри них, ибо речь идет о возможности обнаружения лишь сверхцивилизаций. Но если наша цивилизация еще далека от освоения Галактики, то почему на таком же примерно уровне не могут находиться другие цивилизации нашей же Галактики? Относительно цивилизаций, не вышедших за пределы своей планеты, ни один астроном не может сделать вывод, что они не существуют: ведь наблюдать с очень больших расстояний проявление деятельности цивилизаций земного типа мы пока не можем.

В силу этих причин мы считаем точку зрения И. С. Шкловского не концепцией «возможной уникальности разумной жизни во Вселенной», а концепцией некоторого ограничения множественности обитаемых миров. Не случайно ее автор говорит, что он исключает лишь возможность сверхцивилизаций в Местной системе галактик, что речь идет лишь о нашем практическом, а не абсолютном одиночестве во Вселенной. В философском плане важно подчеркнуть, что дополнительная характеристика идеи уникальности разумных существ (во всяком случае в варианте И. С. Шкловского) — это переход от абсолютной уникальности к относительному, практическому одиночеству. В такой постановке вопроса преодолевается метафизическая абсолютизация традиционной концепции уникальности, носящей геоцентрический характер. Благодаря выводу об «относительности одиночества» по сути дела в одно целое соединяются и концепции уникальности и концепции множественности, выступая одновременно как «ограничение» множественности и как «ослабление» уникальности. Учитывая подобное диалектическое сочетание в концепции И. С. Шкловского, мы склонны считать ее шагом вперед на пути понимания проблемы существования внеземных цивилизаций. По нашему мнению, положения, высказанные И. С. Шкловским в его книге «Вселенная, жизнь, разум», в определенном аспекте не противоречат новой

его концепции, качественно развивающей эти положения.

Итак, мы полагаем, что в концепции множественности обитаемых миров наметились две основные тенденции, которые чисто условно можно было бы назвать «пессимистической» и «оптимистической». Обе отображают не реально существующий объект познания (поскольку он еще не обнаружен), а лишь наши представления о нем, следующие из суммы знаний и выступающие как научные гипотезы.

Причем развивается, конечно, не только «пессимистическая» гипотеза («сокращение числа возможных обитаемых миров»), но и «оптимистическая». Ее защищают в своих работах член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев*, Л. М. Гиндилис, Е. Т. Фаддеев, Ю. А. Школенко, В. В. Рубцов и другие ученые. «Оптимистическая» тенденция в последние годы стала, пожалуй, «традиционной», и мы не будем ее рассматривать в данной статье.

Полезно отметить, что «пессимистические» точки зрения имеются не только по проблеме существования внеземных цивилизаций (как и связи с ними). Странники очень многих фундаментальных проблем научнотехнической революции и отдельных ее направлений также делятся на «пессимистов» и «оптимистов». Следовательно, наличие тенденций оптимизма и пессимизма есть своеобразное выражение противоречивого характера исследуемых проблем, в частности, проблемы существования внеземных цивилизаций.

В выборе решения, в данном случае — формирования оптимистической или пессимистической концепции существования внеземных цивилизаций, играют роль как частнонаучные, так и философские факторы, о чем свидетельствуют упомянутые статьи И. С. Шкловского и Н. С. Кардашева. В них хорошо показана роль тех или иных социальных представлений о перспективах прогресса цивилизации в космосе, длительности и факторах

их развития. Нам хотелось бы обратить внимание и на роль философско-мировоззренческих положений, непосредственно связанных с теорией материалистической диалектики, с общей теорией развития.

Проблема существования внеземных цивилизаций непосредственно зависит от понимания процесса развития вообще и биологической и социальной ступеней развития материи в особенности. Явно или неявно в рассуждениях о проблеме существования внеземных цивилизаций используются такие категории, как «необходимость» и «случайность», «возможность» и «действительность», «общее» и «особенное» и «единичное». Правильные пути научного поиска выбираются в том случае, если эти категории используются в их единстве. В прежней «концепции уникальности» абсолютизируются случайность, единичность, действительность и ряд других всеобщих характеристик развития, которые отрываются от необходимости, общего и возможности. Вместе с тем, те варианты «концепции множественности» обитаемых миров, которые можно было бы назвать «сверхоптимистическими», утверждающие чрезвычайно большую распространенность жизни, абсолютизируют необходимость и общее. Такого рода гипотезы и представления могут быть отвергнуты уже из чисто философских соображений: требования учета единства необходимости и случайности, общего и единичного, возможности и действительности и других универсальных категорий диалектики.

Но из чисто философских соображений нельзя отвергнуть умеренно

* Н. С. Кардашев. О стратегии поиска внеземных цивилизаций. «Вопросы философии», № 12, 1977.

оптимистические либо умеренно пессимистические концепции, так как они учитывают упомянутое единство, реализуют диалектико-материалистический подход. Конечно, это единство, скажем, необходимости и случайности, общего и единичного в оптимистических и пессимистических концепциях различно, и ясно, что здесь в принципе должна существовать некоторая мера. Но философия не дает «ключ» к точному ее определению, ибо это — задача не столько философии, сколько всей науки в целом. Философия дает лишь общие методологические ориентиры универсально-общенаучного характера.

Вместе с тем, в проблеме внеземных цивилизаций наряду с определенными методологическими положениями, вытекающими из материалистической диалектики, существенную помощь оказывают общесоциологические, историко-материалистические положения и закономерности. В исследованиях этой проблемы был получен, на наш взгляд, значительный прогресс, когда наряду с астрономическими, биологическими, кибернетическими и другими положениями естественных наук стали использоваться социологические соображения. Причем это характерно не только для работ философов-профессионалов, которые по своему долгу должны это делать, но и для работ крупных астрономов. Таким образом, усилия по реализации союза философии и естествознания сыграли положительную роль, помогли выявить основные проблемы (вопросы природы внеземных цивилизаций и их существования, длительности их развития, причин вступления в контакт и т. д.). По сути дела уже преодолен либо преодолевается «астрономо-техницистский» подход к этой проблеме, который господствовал до последнего времени.

Однако решение проблемы внеземных цивилизаций требует не только философско-социологического обоснования и не только научных исследований, проводимых астрономами и другими естествоиспытателями. Нам уже приходилось высказывать мнение об общенаучном характере этой проблемы, и здесь мы попытаемся

несколько развить это положение. Под общенаучными проблемами условимся понимать такие, которые для своего решения требуют участия либо всех, либо основных научных дисциплин — общественных, естественных, технических, фундаментальных и прикладных. Очевидно, что в строгом смысле общенаучных проблем, решение которых требовало бы участия абсолютно всех наук, в данное время не существует. Поэтому проблема внеземных цивилизаций (их существования и связи с ними) еще не стала общенаучной, а лишь становится ею. Достаточно сказать, что из общего числа всех наук (около 2000) в настоящее время примерно 20 имеют отношение к проблеме внеземных цивилизаций. Это и есть свидетельство того, что мы находимся в самом начале разработок общенаучной проблемы внеземных цивилизаций, и любые категорические заявления выражают, скорее, субъективное мнение их авторов, чем объективное состояние решения проблемы существования внеземных цивилизаций.

Другой вывод методологического характера, вытекающий из представления об общенаучном характере проблемы внеземных цивилизаций, — возможность уточнения сферы поисков их существования, которые должны пополнять философско-социологические положения.

Проблема существования внеземных цивилизаций еще долго будет иметь свой земной или, лучше сказать, антропоцентрический аспект. Продвигаясь к решению этой проблемы, мы более глубоко изучаем земную цивилизацию, постепенно и уверенно превращающуюся в цивилизацию космическую. Быть может, иные цивилизации во многом не похожи на нашу, но обнаружить их мы сможем лишь в том случае, если выявим (а не случайно угадаем) то существенно общее, что нас объединяет, что позволит нам понять, где и что нужно искать.

Решение проблемы внеземных цивилизаций во многом зависит от того, насколько мы познаем нашу земную цивилизацию, выявим ее наиболее важные характеристики и закономер-

ности развития. А это, в свою очередь, означает, что разработка проблемы внеземных цивилизаций способствует более правильным представлениям о человечестве, его космических характеристиках и тенденциях развития. Этот «земной эффект», на наш взгляд, полностью оправдывает современные исследования проблемы внеземных цивилизаций. Конечно, мы согласны с замечаниями Н. С. Кардашева о том, что «информация, полученная в результате обнаружения разума в космосе, может указать пути развития нашей цивилизации на астрономически большие интервалы времени» и что «использование этой информации может коренным образом изменить весь наш образ жизни и деятельности». Однако обнаружить внеземные цивилизации и использовать их информацию мы сможем тогда, когда лучше познаем человечество, получим такое общее знание о социальной форме движения, которое укажет нам пути и области поиска.

Ориентация на быстрый успех решения проблемы внеземных цивилизаций — сверхоптимизм в этой, как и в других попытках решения общенаучных проблем, всегда, как показывает история науки, сменяется сверхпессимизмом (и наоборот). Поэтому, разрабатывая проблему внеземных цивилизаций, мы не должны ставить в качестве единственной и даже главной цели их обнаружение и получение от них информации. Мы можем ставить одновременно и цели более глубокого познания нашей цивилизации, ее космической деятельности и перспектив ее развития. Лишь такая двуединая цель отображает диалектику познания социальной ступени развития во Вселенной и ставит проблему поиска внеземных цивилизаций не в ранг абстрактных, далеких от жизни проблем, а актуальных и фундаментальных общенаучных проблем современной науки.



Директор
Московского планетария
К. А. ПОРЦЕВСКИЙ

Московскому планетарию — 50 лет

УКАЗ ПРЕЗИДИУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР

О награждении Московского планетария орденом Трудового Красного Знамени

За большой вклад в пропаганду естественнонаучных знаний, активную работу по коммунистическому воспитанию трудящихся наградить Московский планетарий орденом Трудового Красного Знамени.

Председатель Президиума
Верховного Совета СССР
Л. БРЕЖНЕВ
Секретарь Президиума
Верховного Совета СССР
М. ГЕОРГАДЗЕ

Москва, Кремль.
23 августа 1979 года

5 ноября 1979 года Московскому планетарию исполнилось 50 лет. Столичный планетарий, уникальное научно-просветительское учреждение Москвы — крупнейший в стране центр пропаганды естественнонаучных знаний. В московском планетарии проводятся популярные лекции-сеансы по астрономии и космонавтике, пропагандируется диалектико-материалистическое мировоззрение на основе данных современного естествознания. В течение года в планетарии читается 2000 лекций, на которых присутствует около 700 000 слушателей. На предприятиях и в учреждениях Москвы лекторы планетария читают еще 5500 лекций. И если учесть эти выездные лекции, то за год число слушателей превышает миллион.

В Звездном зале установлен уни-

кальный, единственный в СССР большой планетарий Цейсса с программированным управлением («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 76—81.— Ред.). Здесь демонстрируются звездное небо, Солнце, планеты, спутники, космические корабли и станции. Аппарат планетарий не только показывает небо различных широт Земли, он позволяет как бы перенестись на Луну, Венеру или Марс, совершить полет к Юпитеру и Сатурну. В Звездном зале планетария можно увидеть самые разнообразные небесные явления, которые когда-либо происходили или будут происходить.

В фойе планетария демонстрируются глобусы Луны, Марса, звездного неба, старинные астрономические приборы, метеориты из коллекции Академии наук СССР, макеты первых

советских ракет и космических аппаратов. На астрономической площадке посетители могут наблюдать в телескоп пятна на Солнце, лунные горы и «моря», Венеру, Марс, Юпитер и его спутники, Сатурн с кольцами, двойные звезды, туманности, звездные скопления и галактики.

СТРАНИЦЫ ПОЛУВЕКОВОЙ ИСТОРИИ

Сейчас, через полстолетия, просматривая журналы и книги, посвященные открытию планетария, удивляешься необыкновенному энтузиазму, с которым велось строительство Звездного дома.

Журнал «Огонек» 23 сентября 1928 года сообщал: «Замечательно, что при нашей материальной бедности, при нашем жестком импортном плане, мы ввозим и устанавливаем дорогостоящее сооружение, какого нет во многих европейских столицах... Планетарий Москвы, по мысли его организаторов, явится чем-то вроде наглядного народного университета... Привлекая внешней эффектностью, планетарий вместе с тем поможет трудящимся расширить свой умственный кругозор. Поэтому постройку его нужно приветствовать как событие исключительной культурной важности».

Журнал «Искра» в № 3 за 1929 год писал: «При планетарии предположено устройство обсерватории, для которой Московское общество любителей астрономии (МОЛА), вообще горячо откликнувшееся на идею создания в Москве планетария, предоставило в пользование большую астрономическую 17-сантиметровую тру-

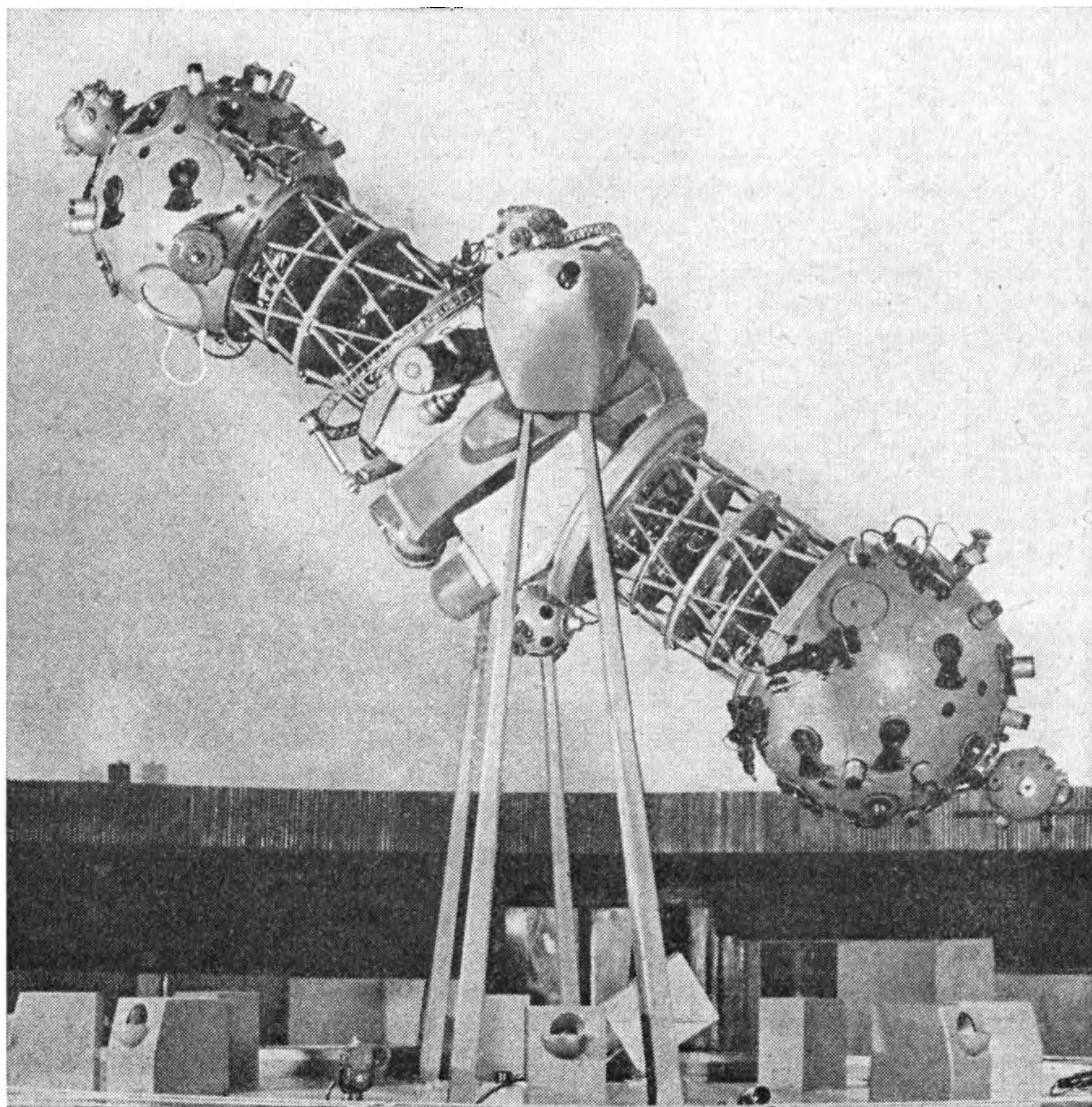
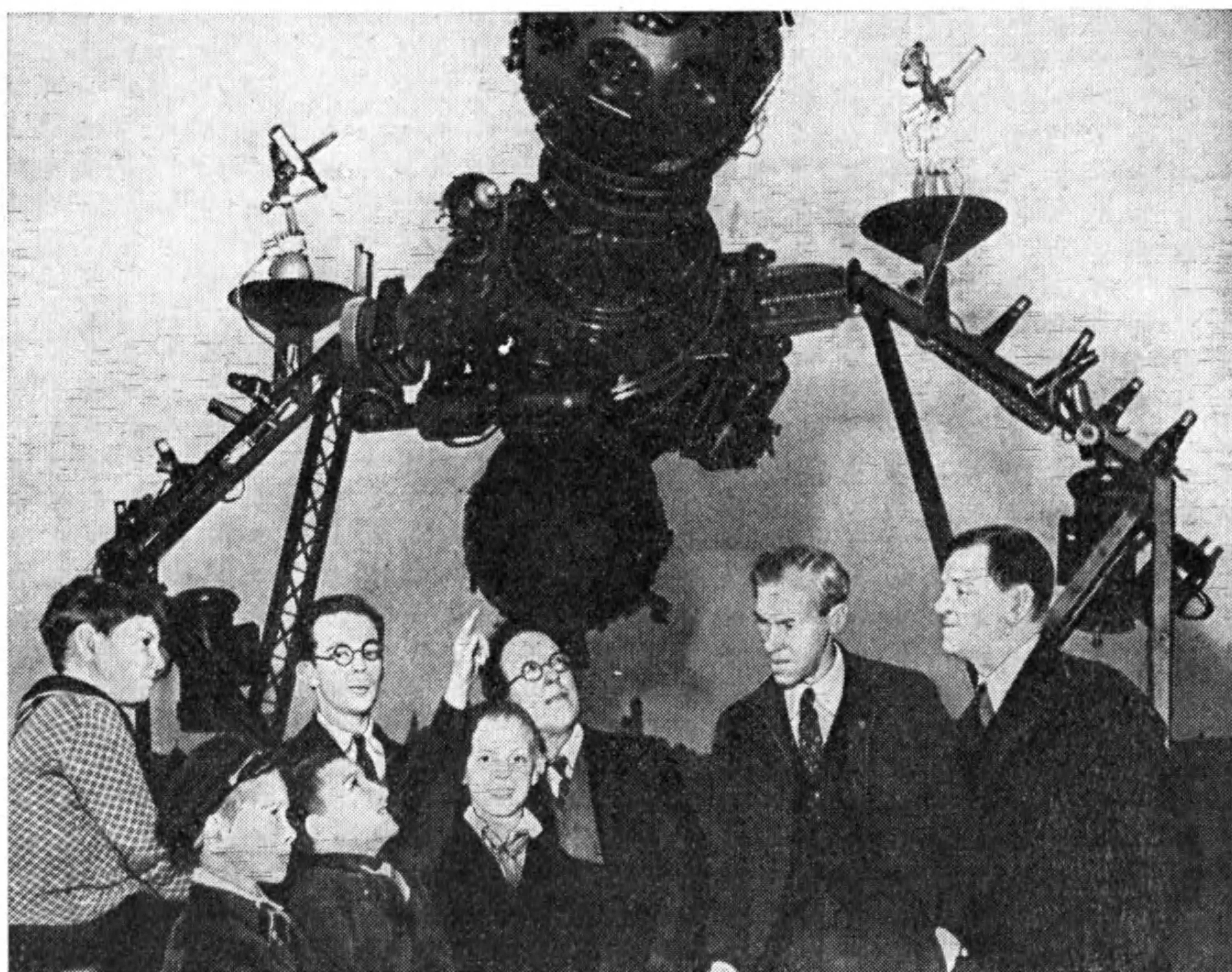
бу. Кроме того, то же общество предоставило в пользование для планетария свою астрономическую библиотеку с книгами как научного, так и научно-популярного характера... Открытие планетария требует большой подготовительной работы. Методическая секция комиссии по постройке в Москве планетария разрабатывает темы лекций, подбирает лекторов и издает ряд брошюр и листовок о Московском планетарии. Большое значение имеет вопрос об условиях его использования... Планетарий — это орудие для вовлечения в культурную работу широчайших масс трудящихся; это — первая ступень к огромному культурному перевороту в области религиозных предрассудков и суеверий».

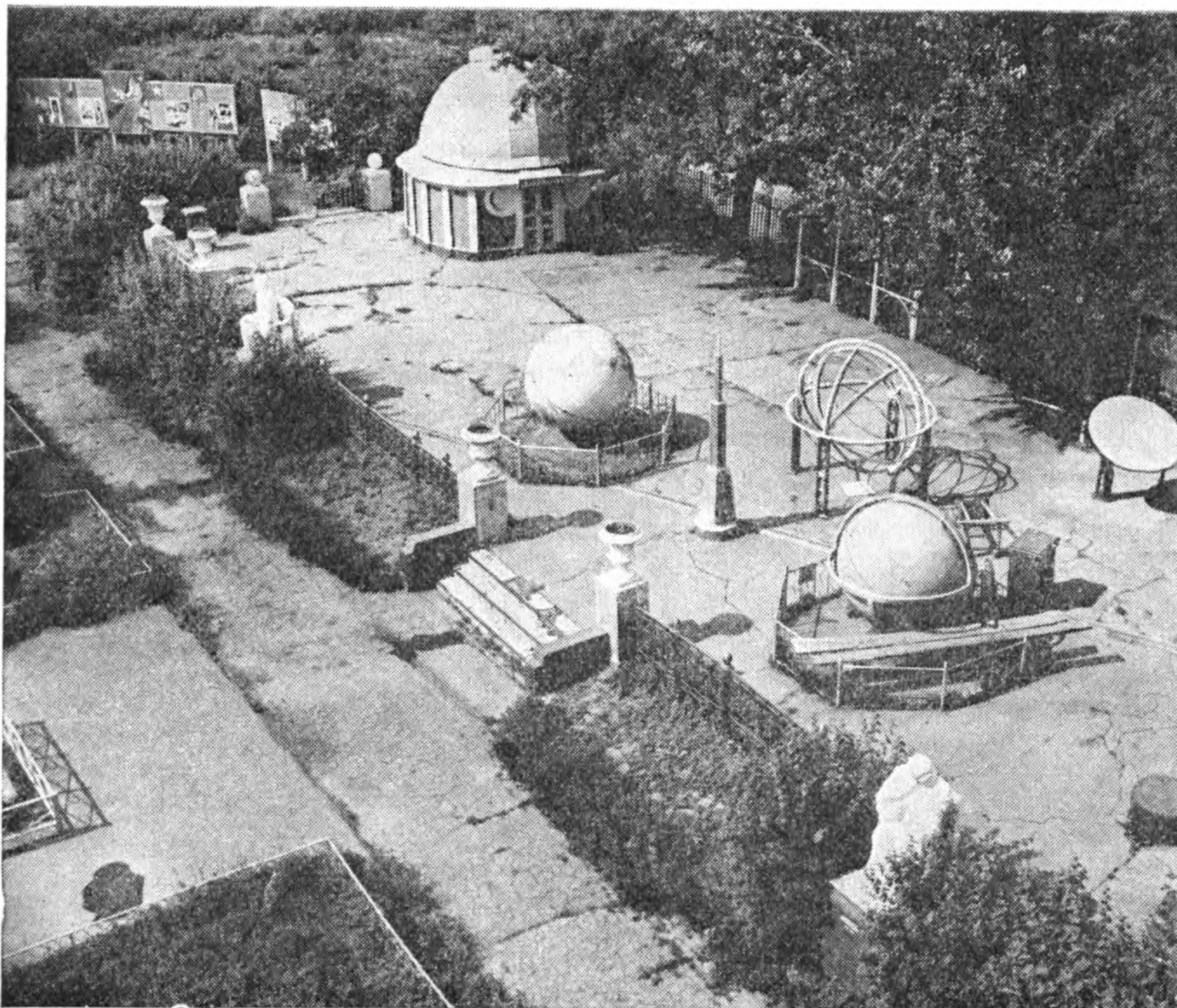
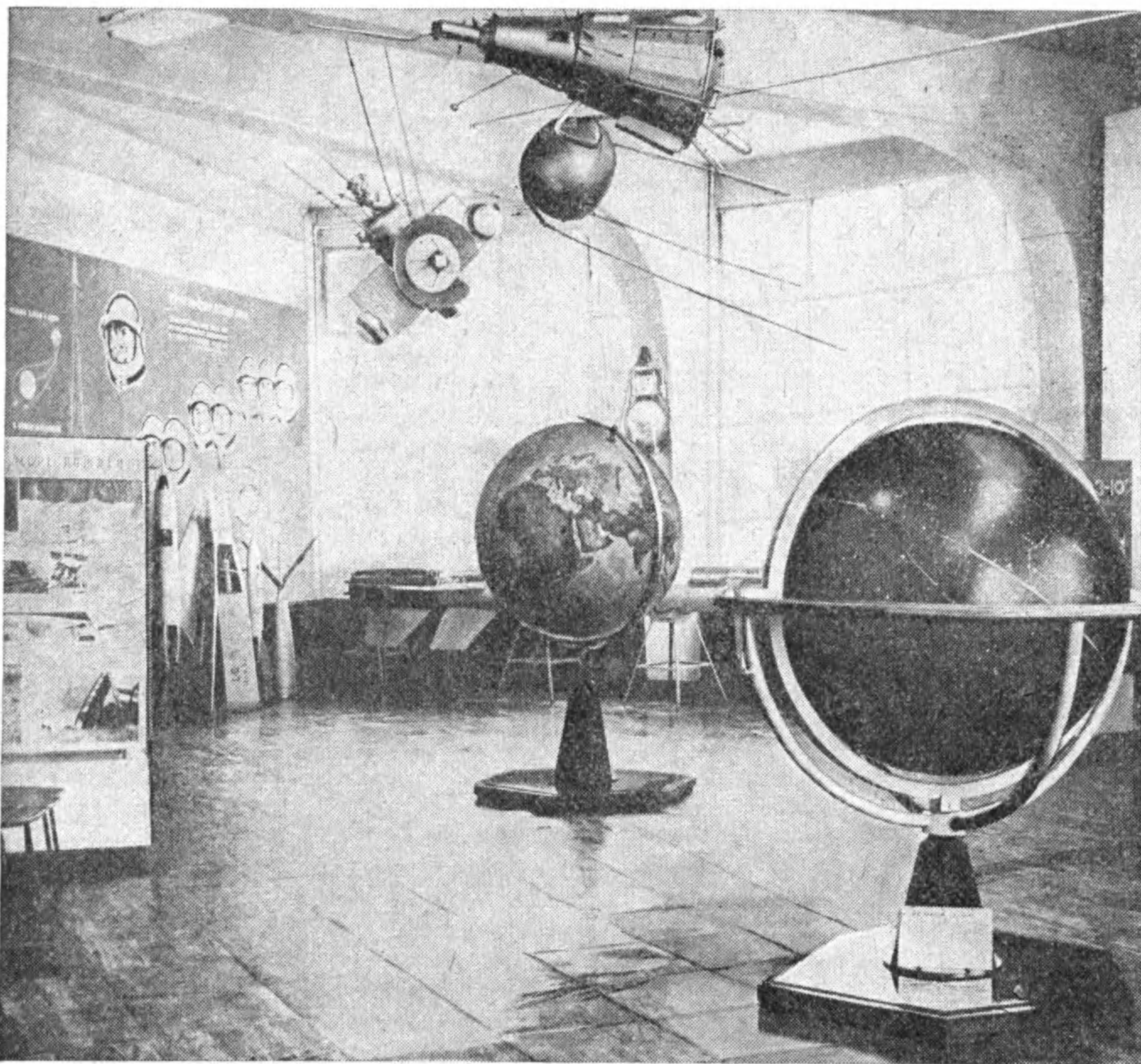
Первый кирпич в фундамент здания Московского планетария был заложен в день осеннего равноденствия — 23 сентября 1928 года, а через тринадцать с половиной месяцев планетарий уже построили. Его первым директором стал избранный по конкурсу К. Н. Шистовский. Он был командирован в Германию, где прошел трехнедельный курс управления аппаратом планетарий. Первая лекция с демонстрацией звездного неба состоялась в Москве 5 ноября 1929 года, накануне 12-й годовщины Великого Октября.

В то время большая аудитория, в которой был установлен аппарат планетарий, называлась зрительным залом имени Моссовета, малая аудитория на первом этаже носила имя К. Штернберга — астронома-коммуниста, погибшего в гражданскую войну («Земля и Вселенная», № 2, 1965, с. 50—54.—Ред.). Фойе планетария украшали скульптуры борцов за научное мировоззрение — Галилео

Первые лекторы Московского планетария беседуют со школьниками у аппарата планетарий. Слева направо: К. К. Деможидов, К. Л. Баев, К. Н. Шистовский, В. А. Шишаков (1940 г.)

Современный аппарат Цейсса, установленный в Московском планетарии





Галилея и Джордано Бруно — работы скульптора К. Л. Луцкого (ныне эти скульптуры установлены на астрономической площадке планетария). Внизу, под главным фойе, размещалась экспозиция «Происхождение человека, религиозных верований и современный взгляд на мир». Здесь же находилась комната МОЛА с библиотекой и фотолабораторией.

За первые десять месяцев работы планетария его посетило около 600 000 человек. В. В. Маяковский, побывавший в планетарии, писал в известном стихотворении: «Должен каждый пролетарий посмотреть на планетарий».

В 20—30-е годы борьба за ликвидацию безграмотности, за отрыв от религиозных верований значительной части населения была необходимым этапом развития нашего общества. Не случайно поэтому, в деятельности планетария с самого начала его существования атеистической пропаганде уделяется большое внимание. Непосредственную помощь в этой работе оказали Н. К. Крупская и Е. М. Ярославский. В планетарии выступали известные популяризаторы науки и атеисты — профессор К. Л. Баев, Г. А. Гурев, А. Ф. Ларионов, А. Б. Поляков, И. Ф. Шевляков, К. Н. Шистовский, В. А. Шишаков и другие активные деятели Союза воинствующих безбожников.

В предвоенные годы Московский планетарий стал в буквальном смысле слова «Звездным театром». В нем ставились пьесы, в которых играли профессиональные актеры. В главном зале с большим успехом шли спектакли «Джордано Бруно» и «Галилей».

В 30-е годы в планетарии проходили заседания Стратосферного комитета и организационно-массового отдела ГИРДа. С сентября 1936 по май 1937 года здесь работали курсы по теории реактивного движения. Вот что вспоминает о занятиях на этих курсах один из участников Л. А. Владиславлев: «Первый день занятий

■
Фойе Московского планетария

■
Астрономическая площадка планетария



был особенно памятен. Мы собрались в одной из лекционных аудиторий планетария. Всего в группе было человек 15, некоторые из них — инженеры из ЦАГИ и РНИИ. Точно в назначенное время приехало «начальство»: Г. Э. Лангемак, С. П. Королев и М. К. Тихонравов. Г. Э. Лангемака мы знали как автора книги о ракетах, написанной совместно с В. П. Глушко. С. П. Королев начал лекцию с обзора теоретических работ, проведенных К. Э. Циолковским и зарубежными учеными. Вторая часть лекции относилась к области исследования ракетами Вселенной. Мы были очарованы рассказом о значении исследования космоса, создании межпланетных станций, высадке людей на планетах и прочем. На вопросы также отвечали Г. Э. Лангемак и М. К. Тихонравов. Занятия проводились регулярно два раза в неделю по вечерам. Выступали профессор В. И. Дудаков, Б. М. Земский и др. Большой интерес представляли лекции В. П. Глушко по курсу

«Ракетные двигатели на жидком топливе».

В планетарии была изготовлена опытная модель ракеты «Осоавиахим» конструктора А. И. Полярного. Ныне макет этой ракеты вместе с другими ракетами «ГИРД» установлен в фойе планетария.

И в наши дни исследователей космоса часто можно увидеть в планетарии. С 1960 года в Звездном зале проводились занятия по астронавигации. Будущие космонавты, начиная с Ю. А. Гагарина, изучали здесь звездное небо («Земля и Вселенная», № 2, 1978, с. 16—19.— Ред.). Дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР А. А. Леонов, выступая в Звездном зале планетария, сказал: «Путь на Байконур начинался здесь, в Московском планетарии».

■
Р. И. Цветов у глобуса Земли рассказывает об орбите первого искусственного спутника Земли (1957 г.)

проходили стажировку штурманы полярной и дальней авиации, изучали звездное небо южного полушария те, кто впоследствии прокладывал воздушные трассы в Антарктиду.

Во время войны в планетарии читались для военнослужащих специальные лекции — «Астрономия на войне» и «Астрономия для разведчика». Иногда лекции заканчивались под аккомпанемент стрельбы: на крыше планетария был установлен зенитный пулемет, а на территории современной астрономической площадки — батарея зенитных орудий.

Особого внимания заслуживает лекционная работа планетария, получившая название учебной. Это не были учебные занятия в общепринятом смысле, они дополняли и расширяли программу школы.

В Московском планетарии учебная работа была отделена от массовой и приобрела свойственную ей специфику в 1932 году. Тогда еще не существовало стабильных учебников и про-



грамм и лекторы планетария сталкивались с многочисленными методическими трудностями, в решении которых большую помощь оказали профессора К. Л. Баев, М. Е. Набоков и П. И. Попов. Основы учебной работы в планетарии заложили лекторы А. Ф. Ларионов, И. Ф. Шевляков и В. А. Шишаков, сочетавшие преподавание астрономии в школе с чтением учебных лекций в планетарии. С осени 1943 года по инициативе И. Ф. Шевлякова и в соответствии с пожеланиями Мосгороно, вместо эпизодических, были введены циклы лекций, охватывающие весь школьный курс астрономии. Сейчас в планетарии читаются два цикла из пяти лекций: «Вселенная» — для учащихся средних школ и «Физика Вселенной» — для учащихся ПТУ и техникумов.

В конце 40-х — начале 50-х годов тематика лекций в планетарии не ограничивалась астрономией, читались лекции по физике и физической географии. Тогда же в планетарии были

■ *Директор Московского планетария К. А. Порцевский демонстрирует универсальный инструмент летчикам-космонавтам СССР П. И. Климучу и В. И. Севастьянову (1977 г.)*

созданы секции физики и географии (позднее преобразована в секцию наук о Земле). Организаторами физической секции были такие замечательные популяризаторы науки, как А. И. Самгин, П. В. Войнилович, Н. И. Тулупов, В. В. Торчинский; организатор географической секции — талантливый лектор и педагог, ныне заслуженный учитель РСФСР А. А. Рындин.

В физической аудитории на учебных лекциях демонстрировались диапозитивы, кинофильмы и разнообразные опыты, которые в школе показать нельзя. Например, лекция о всемирном тяготении сопровождалась демонстрацией прибора гравископа, лекция о вращении Земли — маятника Фуко. Эти оригинальные приборы создал заведующий астрономической площадкой Р. И. Цветов. Кроме учебных лекций физическая секция подготовила лекции для младших школьников: «Перо жар-птицы», «Жидкий воздух», «Занимательная физика», «Чудеса без чудес». Они пользовались неизменным успехом.

В географической аудитории были установлены диорамы: «Эратосфен измеряет высоту Солнца», «Вулкан Ключевская сопка», «Климатические зоны Земли». В аудитории читались

лекции по физической географии: «Как измерили Землю», «Движение Земли», «Смена времен года» и многие другие.

Большой вклад в разнообразие форм лекционной работы внес В. В. Базыкин — сначала заведующий научно-методическим отделом, а впоследствии директор Московского планетария. При его участии создавалась астрономическая площадка, разрабатывались оригинальные демонстрационные приборы для Звездного зала, а также новые формы лекционной работы, использующей агитавтобус, который был оборудован современными средствами массовой пропаганды.

Лекторы Московского планетария ежегодно читают тысячи лекций на заводах и фабриках, в учебных заведениях и учреждениях, в парках культуры и отдыха, в общежитиях. Эти лекции прослушали миллионы трудящихся. Лекторы планетария выступали и в отдаленных районах нашей Родины — перед рыбаками Каспия и Балтики, шахтерами Донбасса и Кузбасса, строителями Братска, колхозниками Украины, Узбекистана, Туркмении и Киргизии.

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КРУЖОК

Московский планетарий гордится своим астрономическим кружком, которому исполняется 45 лет. Его история началась в 1934 году, когда по инициативе газеты «Пионерская правда» в одной из аудиторий планетария собрались на свое первое собрание десятка два ребят — любителей астрономии. Руководил кружком В. А. Шишаков. Кружок очень быстро вырос, превратившись в большой коллектив увлеченных астрономией школьников. Долгое время кружком руководил Ф. Ю. Зигель и автор этих строк.

Шли годы. Десятки тысяч школьников занимались в кружке — осваивали теорию, учились наблюдать небесные светила, публиковали результаты своих наблюдений в «Бюллетене ВАГО», сборнике «Исследования планеты Юпитер», журналах «Астрономический вестник», «Труды Международного геофизического года», участвовали в метеорных экспедициях и экспедициях по наблюдению полных



солнечных затмений, конструировали приборы. Кружок имел филиалы в Московской области. Первый из них

■
Кружковцы под руководством В. А. Шишакова наблюдают Солнце (1937 г.)

был организован ровно 30 лет назад при школе № 1 города Жуковского учеником 8 класса Е. Левитаном.

Не все, кто занимался в астрономическом кружке Московского планетария и был удостоен диплома наблюдателя, стали астрономами-про-

фессионалами, но многие получили высшее астрономическое, физическое или математическое образование. Среди них известные теперь ученые: член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев, доктора физико-математических наук В. Г. Курт, И. Д. Новиков, А. С. Шаров, П. В. Щеглов. Некоторые выпускники кружка до сих пор поддерживают связь с планетарием, став его лекторами. Это — кандидаты наук А. В. Засов, Е. П. Левитан, А. О. Нейман, Б. Н. Пановкин, Е. К. Страут, а также штатные лекторы О. В. Катц, Б. А. Максимачев, С. В. Широков. Видимо, не только сумма знаний, но и дружный коллектив кружка помогли этим людям найти свой путь в жизни.

Трибуна ученых

Ежегодно сотни лекций по самым различным вопросам науки читают в планетарии ученые. Здесь выступали академики В. А. Амбарцумян, Б. М. Кедров, В. А. Котельников, А. А. Михайлов, А. К. Несмеянов, А. И. Опарин, Б. Н. Петров, А. Б. Северный, В. Г. Фесенков, О. Ю. Шмидт, Е. К. Федоров, Б. В. Гнеденко, члены-корреспонденты АН СССР С. Н. Блажко, Ю. Д. Буланже, М. С. Зверев, Д. Д. Максудов, Э. Р. Мустель, С. В. Орлов, П. П. Паренаго, Г. А. Тихов, В. С. Троицкий, В. В. Федынский, И. С. Шкловский, член-корреспондент АПН СССР Б. А. Воронцов-Вельяминов.

О своих экспедициях рассказывали в планетарии известные путешественники Тур Хейердал и Жак Майоль, исследователь Тунгусского метеорита Л. А. Кулик, знаменитые полярные капитаны В. И. Воронин и И. А. Ман, полярники И. Д. Папанин, Э. Т. Кренкель и Е. И. Толстиков. Рассказывал о своем творчестве писатель К. Г. Паустовский. В планетарии выступали космонавты Ю. А. Гагарин, Г. С. Титов, А. Г. Николаев, П. Р. Попович, А. А. Леонов, Г. Т. Береговой, В. Ф. Быковский, В. И. Севастьянов, Г. М. Гречко, В. Н. Кубасов, П. И. Климух, Л. С. Демин, Н. Н. Рукавишников и др. Традиционными стали в Московском планетарии устные выпуски журнала «Земля и Вселенная».

СОЗДАТЕЛИ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

Все лекции в планетарии сопровождаются показом диапозитивов. Сотни тысяч их сделаны в Московском планетарии. Подавляющее большинство диапозитивов, используемых во всех планетариях страны, изготовлены в Московском планетарии.

Сотрудники планетария конструируют разнообразные демонстрационные приборы. Среди них — небольшие планетарии. Эти аппараты, изготовленные в мастерских Московского планетария, были установлены во многих планетариях страны.

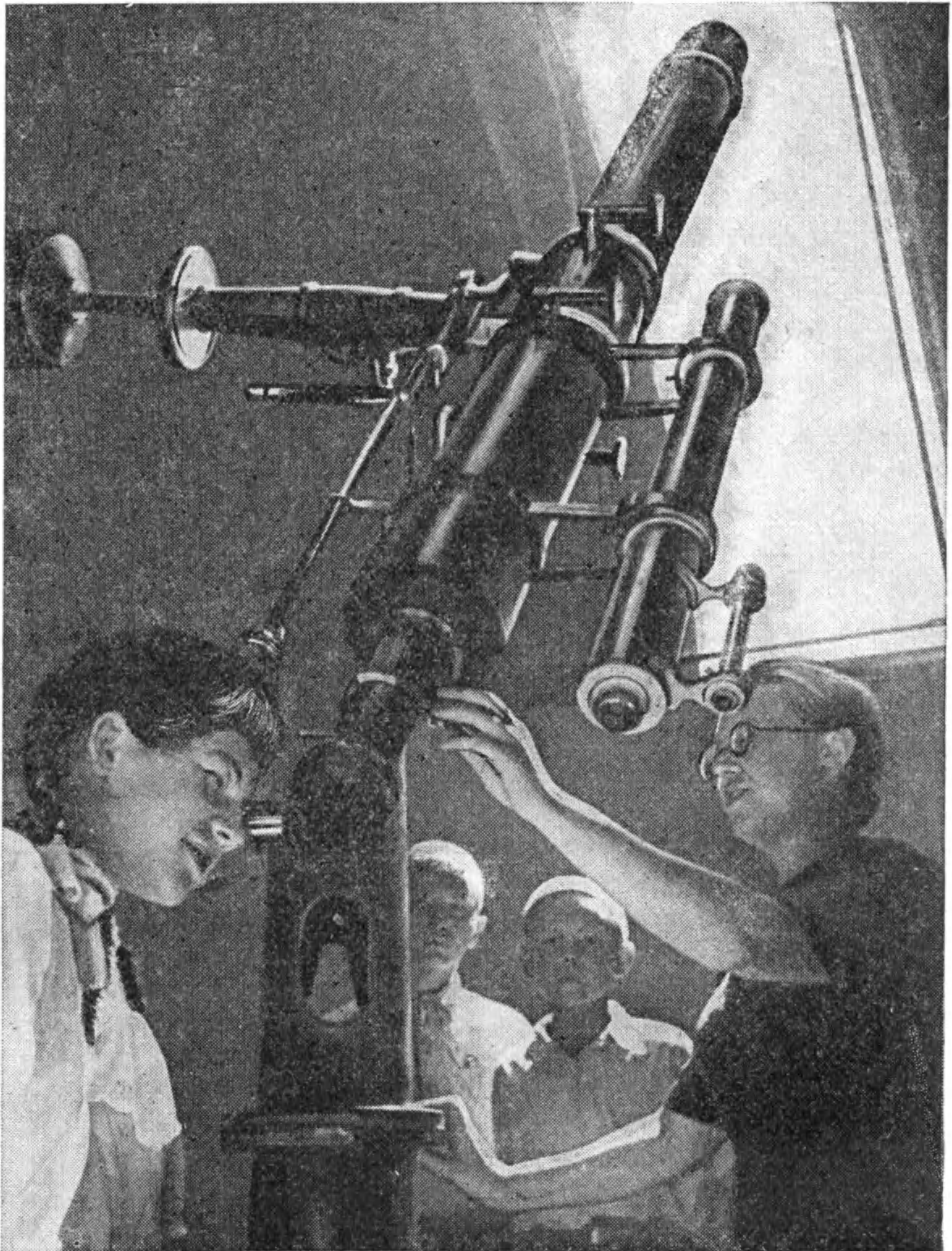
К. Н. Шистовский разработал первый советский оптический планетарий, на который получены патенты из ФРГ, США и Японии. Оригинальные созданные в планетарии оптико-динамические приборы, демонстрирующие солнечные затмения, лунные затмения, восход Солнца, метеоры, зарю, облака, полярные сияния, полет спутника, стыковку космических кораблей, полет на Луну, комету. Патент на аппарат «мерцание звезд» был продан во Францию для Всемирной выставки 1937 года. Над разработкой и созданием этих приборов трудился замечательный творческий коллектив: К. Н. Шистовский, С. Н. Михайлов, С. И. Коровкин.

Московский планетарий обеспечивает наглядными пособиями и оборудованием все 76 советских планетариев, оказывает им методическую помощь, проводит семинары директоров, лекторов, механиков. Московский планетарий поддерживает международные связи с планетариями мира. Деятельность планетариев ЧССР, ПНР, НРБ, ВНР начиналась при содействии Московского планетария.

Московский планетарий всегда будет служить благородному делу — нести знания в массы.

■
На занятиях астрономического кружка в обсерватории планетария

■
Летчик-космонавт СССР Г. Т. Береговой беседует с членами астрономического кружка (1968 г.)



Казахские названия небесных светил

В устном народном творчестве казахов сохранились легенды о небесных телах и явлениях, отражающие кочевой образ жизни этого народа. Вот некоторые из них.

ЖЕЛЕЗНЫЙ КОЛ И СЕМЬ КОНОКРАДОВ

Кочевники думали, что Полярная звезда неподвижна. Они считали ее Железным колом. Две крупные звезды Малой Медведицы казахи назвали Белый мерин и Серый мерин, а созвездие Большой Медведицы — Семь конокрадов. Как рассказывает легенда, Белый и Серый мерин пахнут на лугу, спутанные веревкой, конец которой привязан к Железному колу. Их охраняет сторож на лошади. Семь конокрадов хотят украсть Белого и Серого мерин, которые кружат вокруг кола. Конокрады следуют за ними. Но наступает утро, и конокрады уходят ни с чем. Так повторяется каждую ночь.

ПАСТУШЬЯ ЗВЕЗДА

Планета Венера видна перед восходом или после захода Солнца. В предутренние часы пастухи угоняли на пастбища скот, а вечером пригоняли его домой. Поэтому Венеру называли Пастушьей звездой.

ИСТРЕБИТЕЛЬ ОСЛОВ

Шел зимой караван навьюченных ослов. С наступлением темноты купцы остановились на ночевку и договорились тронуться в путь с восходом Венеры. Все уснуло, только дежурный не спал. Вдруг он увидел на востоке

Астрономические явления в 1980 году



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ. В 1980 году произойдут два солнечных затмения. Полное солнечное затмение 16 февраля будет наблюдаться в Африке, Юго-Восточной Азии, Индийском океане, юго-восточной части Атлантического океана. Северная граница затмения пройдет по территории СССР от Баку до Красноярска, начало затмения при заходе Солнца удастся увидеть на Байкале. Кольцеобразное солнечное затмение 10 августа доступно наблюдению в восточной части Тихого океана, Южной Америке и на юге Северной Америки.

ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ. На 1980 год приходится три полутеневых лунных затмения. Первые два из них могут наблюдаться в СССР. Данные о лун-

ных затмениях приведены в таблице (время московское).

ПЛАНЕТЫ. Первый квартал 1980 года. Условия для наблюдения Юпитера, Марса и Сатурна особенно благоприятны. Планеты видны всю ночь. Противостояние Юпитера будет 24 февраля, Марса — 25 февраля, Сатурна — 14 марта. Марс во время противостояния находится в самой удаленной части своей орбиты, поэтому его расстояние до Земли в момент наибольшего сближения 26 февраля составит 101,3 млн. км. Юпитер и Марс перемещаются по созвездию Льва, Сатурн — по созвездию Девы. Кольца Сатурна в январе и феврале невидимы, так как Солнце освещает их южную сторону, а к Земле обращена северная.

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ЛУННЫХ ЗАТМЕНИЙ

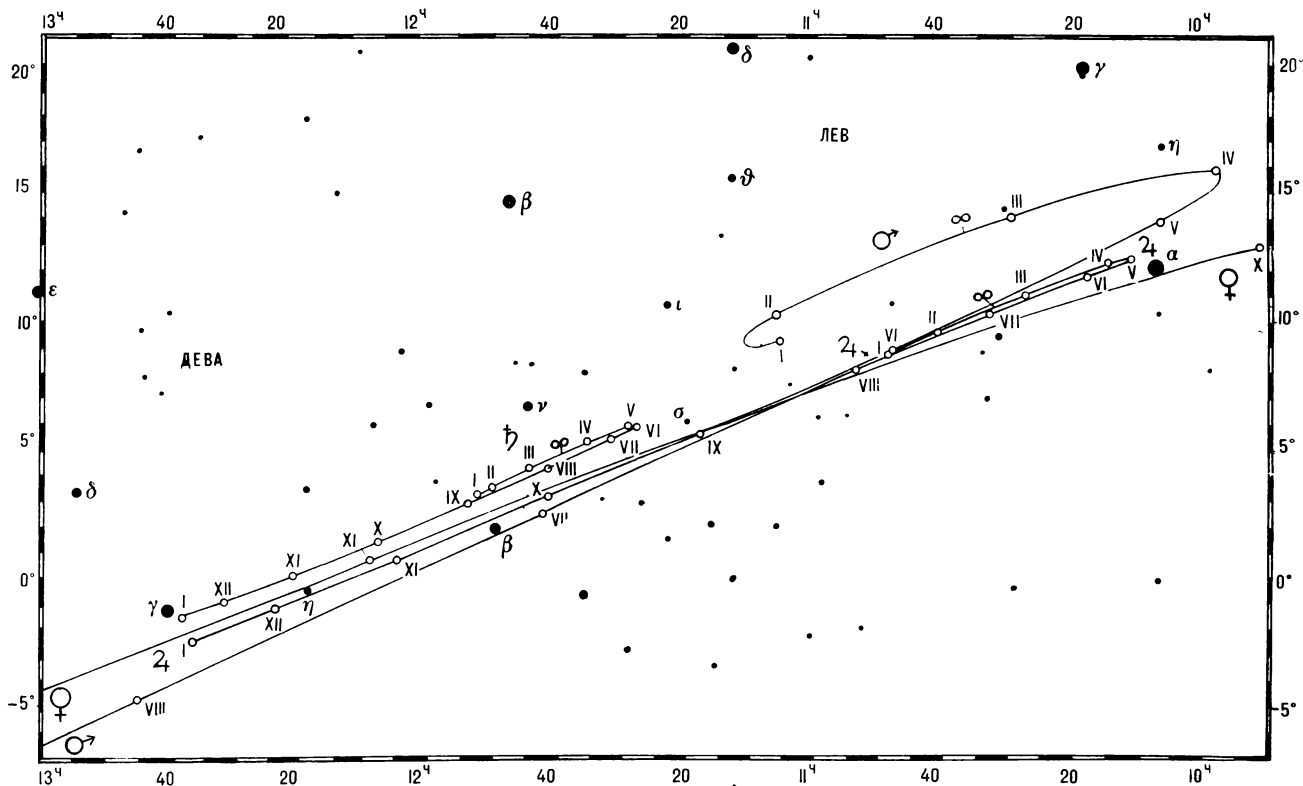
Фазы затмения	В ночь с 1 на 2 марта	В ночь с 27 на 28 июля	В ночь с 25 на 26 августа
Начало полутеневого затмения	21 ^ч 44,9 ^м	20 ^ч 57,4 ^м	4 ^ч 42,8 ^м
Момент наибольшей фазы	23 ^ч 46,8 ^м	22 ^ч 09,7 ^м	6 ^ч 32,1 ^м
Конец полутеневого затмения	1 ^ч 48,7 ^м	23 ^ч 22,1 ^м	8 ^ч 21,4 ^м
Величина наибольшей фазы	0,681	0,279	0,733
Расстояние от края Луны до края тени	12,8'	23,2'	8,2'

восходящую яркую звезду. Решив, что это Венера, он разбудил купцов. На самом деле он увидел Юпитер, который в противостоянии не уступает в блеске Венере. Хотя до рассвета было далеко, караван двинулся в путь. Неожиданно поднялся сильный буран, и караван сбился с дороги. Ослы, не успевшие хорошо отдохнуть и поесть, пали. Вот почему Юпитер казахи стали называть Истребителем ослов.

ПОЧЕМУ НА ЛУНЕ ТЕМНЫЕ ПЯТНА

Согласно легенде, Луна и Солнце были прекраснейшими женщинами, которые соперничали в красоте. Однажды Солнце исцарапало лицо Луны, с тех пор на нем остались темные пятна...

Доцент
К. Б. БОЛЕЕВ
Ш. Т. ТУЛЕГЕНОВ



12 марта кольца Сатурна повернутся к Земле ребром.

Меркурий с 10 февраля и до конца месяца можно наблюдать в лучах вечерней зари.

Венера хорошо видна вечером.

Второй квартал. Венера в апреле и мае заходит после полноты в средней полосе СССР. 3 апреля ее путь пройдет в 1° южнее главной звезды скопления Плеяды — Альционы (η Тельца), 29 апреля — в 1° южнее звезды β Тельца. 5 апреля Венера будет находиться в элонгации, 24 мая — в стоянии, 15 июня — в нижнем соединении. Блеск планеты максимален 9 мая ($-4,2^m$).

Меркурий в средней полосе СССР доступен наблюдению вечером в третьей декаде мая и первой половине июня.

Марс, Юпитер и Сатурн

Видимые пути среди звезд Марса (δ) с 1 января по 8 августа 1980 года, **Юпитера** (ζ) и **Сатурна** (τ) весь 1980 год, **Венеры** (ν) с 1 октября по 12 ноября 1980 года. Знаком \odot отмечено противостояние планет. Нанесены звезды до 5,5 величины

будут видны вечером и ночью. Марс меняет попятное движение на прямое 7 апреля, Юпитер — 26 апреля, Сатурн — 23 мая.

Уран можно наблюдать ночью в бинокль в созвездии Весов. Противостояние планеты приходится на 14 мая.

Нептун можно обнаружить в светосильный бинокль среди слабых звезд южной части созвездия Змееносца. Противостояние планеты будет 12 июня.

Третий квартал. Меркурий с 24 июля по 17 августа можно заметить в предутренние часы на северо-востоке небосвода. Около Луны он будет 9 августа.

Венеру с середины июля удастся наблюдать в предутренние часы, в августе — во второй половине ночи в созвездии Близнецов. Смена попятного движения на прямое приходится на 6 июля, элонгация — на 24 августа. Наибольшего блеска ($-4,2^m$) планета достигнет 22 июля, 6 сентября Венера переходит в созвездие Рака, 24 сентября — в созвездие Льва.

Четвертый квартал. 10 ноября на-

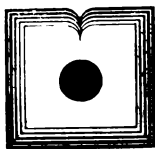
ступает последняя в 1980 году эпоха предутренней видимости Меркурия, она заканчивается 4 декабря. В это время условия для наблюдения планеты особенно благоприятны, так как продолжительность видимости достигнет 73 минут, причем в средней полосе Меркурий будет виден лучше, чем в южных районах.

Венеру можно наблюдать утром. 24 октября она переходит из созвездия Льва в созвездие Девы, 29 ноября — в созвездие Весов, 20 декабря — в созвездие Скорпиона, 24 декабря — в созвездие Змееносца. 30 октября Венера перегонит Юпитер, 3 ноября — Сатурн. В обоих случаях расстояние между планетами окажется менее 1° . В конце декабря Венера заметна только на фоне утренней зари.

Марс наблюдать не удастся, потому что с наступлением темноты он скрывается за горизонтом.

Юпитер и Сатурн видны рядом в созвездии Девы во второй половине ночи. Расстояние между ними к концу года сокращается до 1° .

В. С. ЛАЗАРЕВСКИЙ



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Академик
А. А. МИХАЙЛОВ

«Атлас звездного неба» Яна Гевелия

Польский астроном Ян Гевелий (1611—1687) — один из величайших наблюдателей всех времен. В родном городе Гданьске (Данциг) он построил обсерваторию, оснащенную прекрасными инструментами, частично сделанными им самим. Здесь в течение сорока лет Гевелий произвел массу наблюдений, на основании которых составил подробное описание поверхности Луны и издал ее атлас, заложивший основу селенографии. Он открыл четыре кометы и обнаружил, что они движутся вокруг Солнца по параболам. С помощью большого секстанта, наблюдая через дигиптры невооруженным глазом, Гевелий определил эклиптические координаты 1564 звезд с очень высокой точностью. Английский астроном Э. Галлей даже специально приезжал в Гданьск, чтобы узнать, как мог Гевелий, наблюдая таким примитивным способом, конкурировать с телескопическими определениями того времени.

Свой каталог Гевелий использовал для составления большого звездного атласа, вышедшего после его смерти в 1690 году. Атлас включает 54 большие карты с изображениями созвездий и две планисферы северного и южного полушарий. Художественно исполненные фигуры созвездий он сам гравировал на медных досках. В атлас Гевелий ввел несколько новых созвездий, из которых семь — Гончие Псы, Лисичка (с Гусем), Малый Лев, Рысь, Секстант, Щит и Ящерица — можно найти на звездных картах и сейчас. Созвездие Щит названо в честь польского короля Яна Собеского, защитившего Европу от турецкого нашествия.

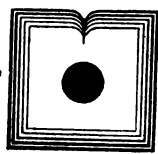


В атласе на двух гравюрах Гевелий изобразил музу астрономии Уранию в окружении знаменитых астрономов: Гиппарха, Птолемея, Улугбека, Коперника, Тихо Браге и нескольких других. Причисление к ним узбекского ученого XV века Улугбека способствовало тому, что, воздавая должное великому узбекскому астроному, Академия наук УзССР издала по инициативе и под редакцией академика АН УзССР В. П. Щеглова атлас Гевелия с описанием Самаркандской обсерватории. В этой обсерватории Улугбек с помощниками пронаблюдал и составил впервые после Птолемея каталог, содержащий 1018 звезд.

Первое издание атласа Гевелия, подготовленное Академией наук

УзССР, увидело свет в 1968 году и быстро разошлось, чему способствовало прекрасное полиграфическое оформление. Уже через два года понадобилось второе издание. Третье издание, еще лучше оформленное и дополненное мифологическим описанием созвездий, вышло в 1978 году. Пояснительный текст в нем составлен на трех языках — узбекском, русском, английском и сопровождается интересными иллюстрациями.

«Атлас звездного неба» Яна Гевелия — замечательный памятник двум великим наблюдателям — Улугбеку и Гевелию — представляет большой исторический интерес и культурную ценность.



КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Кандидат физико-математических наук
Ю. Н. ЕФРЕМОВ

Астрономия, история, искусство

«Атлас звездного неба» Яна Гевелия, вышедший в 1978 году третьим изданием в издательстве «ФАН» УзССР, заинтересует и любителей астрономии, и любителей искусства, а вступительные статьи к атласу будут полезны не только им, но и историкам науки, изучающим культурные связи Запада и Востока в эпоху средневековья. Это поистине оригинальное издание знакомит читателя с астрономией позднего средневековья и Возрождения и доставляет, кроме того, громадное эстетическое удовольствие.

Книга начинается с рассказа об Улугбеке и его обсерватории, и этой теме отведено втрое больше места, чем работам Гевелия. Однако не только стремление дать широкую картину развития в XV—XVII веках той части астрономии, которая занималась составлением каталогов и карт звездного неба, побудило автора вступительной статьи академика АН УзССР В. П. Щеглова уделить столько внимания деятельности Улугбека. Каталог Улугбека был одним из источников, которым пользовался Гевелий при составлении своего атласа. Поскольку В. П. Щеглов — крупнейший знаток эпохи Улугбека, в этой статье можно найти ряд интереснейших и малоизвестных подробностей о жизни великого узбекского ученого — внука Тимура и правителя Самарканды.

Каталог звездных положений, составленный Улугбеком до 1437 года, стал известен на Западе лишь в 1648 году, и оказалось, что только Тихо Браге мог соперничать с Улугбеком в точности определения координат звезд. Этот каталог был вторым

в истории астрономии после каталога Гиппарха и Птолемея. Даже спустя полтора века после публикации каталога Улугбека в Оксфорде в 1819 году Ж. Деламбр писал, что трудно поверить рассказам, будто радиус квадранта Улугбека равнялся высоте собора святой Софии в Константинополе. Средневековые предания о размерах инструмента, которым пользовался Улугбек для определения положения небесных светил, подтвердились в 1908 году, когда раскопки вскрыли на окраине Самарканды остатки гигантского квадранта с радиусом 40 м. По определению В. П. Щеглова, азимутальная ориентация инструмента верна с точностью до $7,5'$.

Один из учеников Улугбека — Али Кушчи после трагической гибели ученого вывез списки каталога в Стамбул, где почти два века спустя и обнаружил их английский ученый Дж. Гривс. В 1690 году появляется «Предвестник астрономии» Яна Гевелия, в котором данные Улугбека сопоставляются с данными пяти других существовавших к тому времени звездных каталогов. Приложением к этой книге и был первоначально «Звездный атлас» Гевелия, на 54 листах которого изображены отдельные созвездия и на двух — северное и южное полушария неба. Эти 56 гравюр прекрасно воспроизведены в рецензируемой книге.

Книга содержит также краткое жизнеописание великого польского астронома, последнего из тех, кто не пользовался телескопом при определении положений звезд. Правда, Луну Гевелий наблюдал с помощью длиннейших телескопов, фокусное

расстояние которых достигало 45 и 70 м. В атласе отражена эта его принципиальная позиция: на одном из рисунков наблюдатели отказываются от предлагаемого им телескопа с словами: «Предпочитаем невооруженным глазом». К сожалению, в книге не поясняется, чем именно вызван консерватизм Гевелия; по-видимому, шаткие конструкции его телескопов мешали поверить в то, что с помощью оптических приборов можно выполнять точные позиционные измерения.

Читатель, рассматривая атлас, получит большое удовольствие. Поражаешься мастерству и необузданному воображению художника и гравера. Гевелий не был чужд этому искусству — некоторые рисунки и клише для атласа он сделал сам. В дополнение к 48 созвездиям, имевшимся у Птолемея, Гевелий вводит 11 новых, и почти все они сохранились до наших дней. История и краткие сведения о происхождении названий созвездий даны в статье П. В. Щеглова. В VI веке до н. э. было известно 36 созвездий, восемь созвездий добавил Эвдокс в IV веке до н. э., Гиппарх ввел еще четыре. К сожалению, в рецензируемой книге не рассказано о более позднем времени, о том, кому еще кроме Гевелия мы обязаны тем, что ныне у нас 88 созвездий. Любопытно было бы узнать, почему не удержались на небе Цербер или Антиной, почему древние, не признавая, как и мы, Змеедержца (Змееносца) зодиакальным созвездием (Солнце и

■
Карта с изображением созвездий из «Атласа звездного неба» Я. Гевелия



поныне проводит в нем втрое больше времени, чем в соседнем Скорпионе!), не потрудились изменить его границы или убрать совсем.

По мнению рецензента, комментированное издание атласа Гевелия могло бы превратиться в более полное и систематическое изложение истории картографии звездного неба, происхождения названий созвездий

(и звезд?). Ясно, что нужда в таком издании велика, особенно, у пропагандистов астрономии. Было бы естественно снабдить его и картой неба с современными границами созвездий, и обозначениями звезд, тем более что атлас Гевелия, который, конечно, должен остаться «гвоздем» книги, дает зеркальное изображение созвездий. Можно было бы подумать

и о сокращенном общедоступном издании такого же типа, которое позволило бы и школьникам почувствовать тысячелетние связи астрономии с развитием мировой культуры, увидеть за огнями звезд не только пламенные шары, но и переживания наших далеких предков.

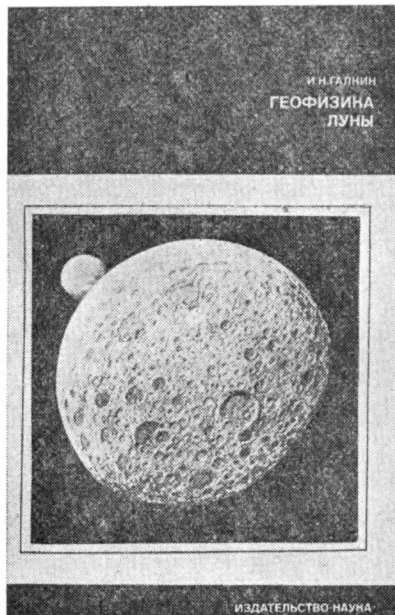
Доктор технических наук
Л. Л. ВАНЬЯН

Луна глазами геофизика

Большую часть обложки книги И. Н. Галкина «Геофизика Луны» (М., «Наука», 1978) занимает фотография Луны, сделанная с близкого расстояния. И где-то вдали видна крошечная Земля. Но она все время присутствует в книге, и именно как специалист по физике Земли оценивает автор результаты изучения глубинного строения нашего естественного спутника.

История геофизических исследований Луны весьма молода — в январе нынешнего года она отсчитала два десятилетия. История еще пишется, но, читая книгу И. Н. Галкина, поражаешься, как много нового и неожиданного узнала наука за столь короткий период о небесном теле, удаленном от нас почти на полмиллиона километров. Сочетание фантастических возможностей космической техники с новейшими достижениями геофизики — вот тот ключ, который открыл нам многие тайны Селены.

Наибольшее внимание уделено в книге сейсмическим исследованиям Луны, которые проводились с помощью сейсмографов, установленных экипажами «Аполлона-12, -14, -15 и -16» («Земля и Вселенная», № 5, 1973, с. 40—46.—Ред.). Эти приборы изучали распространение упругих колебаний, вызванных лунотрясениями, падением метеоритов, сбросом на Луну выполнивших свою основную миссию модулей космических кораблей, взрывами гранат, ударами по грунту и даже шагами астронавтов.

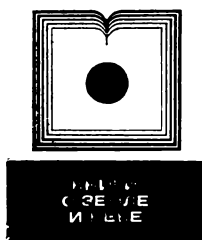


Зависимость времени прихода волны от расстояния между сейсмографом и источником послужила, как и на Земле, основой для расчета сейсмических скоростей в недрах Луны. Выделен тонкий (около 10 м) слой с очень низкой скоростью (примерно 100 м/с). Это — лунный реголит, перепаханый ударами метеоритов. Глубже скорость плавно нарастает примерно до 7 км/с и остается относительно постоянной до глубины 60—65 км (до подошвы лунной коры),

повышаясь в мантии примерно до 8 км/с. Подробно рассмотрен в книге сенсационный «лунный звон». Вследствие ничтожного поглощения энергии в сухих лунных породах, затухание сейсмических импульсов, многократно отражающихся от неоднородностей верхнего слоя, продолжается многие десятки минут.

Важнейшее открытие последних лет — обнаружение на глубине, равной половине лунного радиуса, зоны, которая не пропускает поперечные сейсмические волны. Большинство исследователей объясняют этот факт появлением в твердой оболочке Луны капелек расплавленного базальта. Используя результаты электромагнитного зондирования, ученые сделали вывод о разделении недр Луны на мощную твердую оболочку — литосферу и внутреннюю, частично расплавленную — астеносферу. К границе между ними приурочены основные лунотрясения. Напомним, что толщина литосферы Земли всего 1—1,5% земного радиуса.

И. Н. Галкин подчеркивает в книге, что «Луна устроена удобно для электромагнитного зондирования». Высокое удельное сопротивление ее недр и сравнительно небольшой радиус приводят к тому, что всю толщину лунных пород можно зондировать электромагнитными колебаниями с периодом до двух часов, тогда как на Земле для этой цели требуются годовые колебания, то есть почти в 4000 раз



более длинные. Из этого следует парадоксальный факт: за месяц работы лунный магнитометр набирает столько же информации о глубинной электропроводности, сколько земной за несколько веков! Обработка этой информации советскими и американскими геофизиками подтвердила существование «холодной» твердой лунной литосферы (толщина 700—800 км) с высоким удельным сопротивлением. Именно литосфера замораживает сов-

ременную тектоническую активность Луны.

Подробно описана в книге уникальная магнитная съемка, которая проводилась вдоль 37-километровой трассы «Лунохода-2». Выявленные аномалии свидетельствуют о заметной намагниченности верхних слоев Луны, тем более загадочной, что глобальное магнитное поле у естественного спутника Земли практически отсутствует («Земля и Вселенная», № 5, 1975, с. 26—32.— Ред.) Магнитный момент Луны в миллиард раз меньше земного! Палеомагнитные исследования образцов, привезенных экипажами «Аполлонов», показали, что наибольшую остаточную намагниченность имеют породы, возраст которых около 4 млрд. лет. Они образовались в период наиболее интенсивной метеоритной бомбардировки поверхности Луны, что наводит на мысль об ударной природе намагниченности лунных пород.

Анализируя всю совокупность гео-

физических данных в сочетании с геологическими и астрономическими сведениями, И. Н. Галкин рассматривает физическую модель Луны и критически обсуждает гипотезы эволюции нашего спутника. Столь полный обзор результатов лунных исследований впервые появился в отечественной научно-популярной литературе.

К сожалению, в книге И. Н. Галкина есть опечатки. Самая досадная из них на с. 5: скорость Земли относительно центра масс Земля — Луна не 12,4 км/с, а 12,4 м/с. Фамилия исследователя не Сьорган (с. 135), а Сьоргрен.

Написанная ясно, живо, увлекательно, книга «Геофизика Луны», наверняка, заинтересует широкие круги геофизиков, геологов и планетологов. Закрывая ее, проникаешься уважением к геофизике, достигшей больших успехов на столь сложном полигоне.



Книги 1980 года

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

В разделе научной литературы планируется выпуск восьми монографий по астрофизике, астрометрии, небесной механике, астрономической оптике: П. И. Бакулин «Фундаментальные каталоги звезд» (второе, дополненное А. П. Гуляевым, издание книги, которая выходила в 1949 году); В. А. Бронштэн «Физика метеорных явлений»; А. Д. Брюно «Ограниченная задача трех тел»; В. А. Брумберг «Аналитические алгоритмы небесной механики»; В. Н.

Жарков, В. П. Трубицын «Физика планетных недр»; Г. М. Попов «Асферические поверхности в астрономической оптике»; В. В. Шевченко «Современная селенография»; П. В. Щеголов «Проблемы оптической астрономии». Некоторые из них представляют интерес для квалифицированных любителей астрономии.

Особо следует отметить выход пятнадцатого выпуска «Историко-астрономических исследований». Как обычно, он содержит статьи и материалы, освещающие историю отечественной и мировой астрономии, жизнь и деятельность астрономов. В выпуске — статьи о жизни и трудах Н. И. Днепровского, Г. А. Тихова и других ученых, статьи по истории создания телескопа, статья академика В. Г. Фесенкова «Зодиакальный свет», ранее на русском языке не публиковавшаяся.

Раздел справочной литературы представлен «Астрономическим календарем на 1981 год», хорошо знакомым любителям астрономии. В последние годы объем календаря заметно увеличился за счет расширения отделов эфемерид и приложений. Значительно вырос и тираж этого издания, которое выходит с 1895 года. Намечается выпуск пятого издания «Справочника любителя астрономии» П. Г. Куликовского — настольной книги каждого, интересующегося наукой о небе. Над переработкой справочника автор трудится уже почти восемь лет.

Обширен раздел научной популярной литературы. Будут переизданы книги, премированные на конкурсе общества «Знание» и выпущены новые. Восьмым изданием выходит книга Б. А. Воронцова-Вельяминова «Очерки о Вселенной», поль-

зующаяся заслуженной известностью у любителей астрономии. В пятом издании книги **И. С. Шкловского «Вселенная, жизнь, разум»** найдет отражение новая точка зрения автора на проблему существования внеземных цивилизаций. Готовится к выпуску третье издание книги **В. И. Левантовского «Механика космического полета в элементарном изложении»**, в которой рассматриваются разнообразные проблемы космических полетов. Наконец, намечается выпуск второго издания книги **И. А. Климишина «Астрономия наших дней»**.

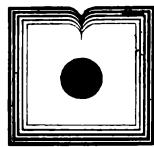
Одна из новых научно-популярных книг — книга **М. Я. Марова «Планеты Солнечной системы»** рассказывает о переднем крае астрономических исследований. За последние два десятилетия наши знания о ближайших соседях Земли стали неизмеримо богаче, в первую очередь, благодаря результатам, полученным с помощью космических аппаратов.

Еще одна новинка — книга **«Солнечное затмение 31 июля 1981 года и его наблюдение»** написана коллективом авторов (ответственный редактор академик **А. А. Михайлов**). Она посвящена полному солнечному затмению, которое можно будет наблюдать на территории СССР в XX веке. В книге приводятся карта затмения и инструкция для наблюдения затмений, рассказывается об обстоятельствах затмения в разных пунктах нашей страны.

Продолжается издание серии книг **«Библиотека любителя астрономии»**. В 1980 году планируется выпуск книг **В. П. Цесевича «Переменные звезды и их наблюдение»** и **К. И. Чурюмова «Кометы и их наблюдение»**.

Издательство еще раз обращает внимание читателей на целесообразность предварительных заказов на планируемые книги. Это гарантирует получение читателем нужной ему книги и способствует правильному определению тиража.

Заведующий редакцией
литературы по астрономии
И. Е. РАХЛИН



КНИГ-1
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

РЕДАКЦИЯ НАУЧНО- ПОПУЛЯРНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

А. С. Мониин «Популярная история Земли». В общедоступной форме будут изложены современные представления об истории нашей планеты — эволюции ядра и оболочек, происхождении атмосферы и гидросферы, образовании и развитии океанической и континентальной коры, геологических периодах последних 600 млн. лет. Специальные главы посвящены истории жизни на Земле, палеомагнитным данным об изменении земного магнитного поля, образовании и распаде суперконтинентов, движении континентов и полюсов и, наконец, истории климата.

К. А. Куликов «Астрономия и народное хозяйство». В книге будут рассмотрены основные вопросы использования в народном хозяйстве результатов, получаемых астрономами из наземных наблюдений и с космических аппаратов, рассказано об определении точного времени и координат наземных и небесных объектов, а также о комплексном решении задач астрономии и смежных наук.

Л. И. Мирошниченко «Физика солнечно-земных связей». Автор рассказывает о воздействии солнечной активности на различные процессы в околоземном космическом пространстве, атмосфере, гидросфере и литосфере Земли.

Е. С. Гернет «Ледяные лишаи». Книга посвящена одной из гипотез происхождения ледниковых эпох. Как известно, колебания климата и грандиозные изменения всей природной обстановки на Земле до сих пор не нашли исчерпывающего научного объяснения.

Н. А. Щетников «Цунами». Это рассказ о грозном и опасном явлении природы, о проблемах прогноза и разработки эффективных мер защиты от цунами.

Заведующий редакцией
В. П. ЛИШЕВСКИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»

Редакция астрономии и геофизики издательства «Мир» выпускает в 1980 году книги, посвященные исследованиям Солнца, Солнечной системы, пульсаров и радиогалактик; изучению межпланетной среды, солнечно-земных связей и подводной акустики. Будут выпущены также учебные и справочные пособия, научно-популярные издания.

Как специалисты-астрономы, так и широкий круг любителей астрономии с интересом встретят книгу **«Спутники планет»** под редакцией **Дж. Бернса**. Она содержит подробные сведения о естественных спутниках планет. В приложениях приведены эфемериды спутников и обширная библиография.

В книге известных радиоастрономов **Р. Манчестера и Дж. Тейлора «Пульсары»** основное внимание уделено физической интерпретации пульсаров. Подробно рассматриваются возможности использования пульсаров для изучения межзвездной среды. Книга адресована физикам, астрономам и студентам старших курсов.

Небольшая по объему монография **А. Пахольчика «Радиогалактики»** знакомит читателей с теорией радиоизлучения гигантских пекулярных звездных систем. Большую ценность представляет подробно аннотированная библиография. Книга представит интерес для специалистов и студентов старших курсов.

Коллективная монография американских авторов **«Поток энергии Солнца и его изменения»** под редакцией **О. Уайта** посвящена проблеме возможной переменности потока излучения Солнца и влиянию этой переменности на солнечно-земные связи. Книга рассчитана на специалистов —

астрономов, физиков, геофизиков, а также на преподавателей и студентов.

В книге **К. Уорка** и **С. Уорнера** «**Загрязнение воздуха. Источники и контроль**» подробно рассматриваются источники и процессы, приводящие к загрязнению земной атмосферы, способы их контроля и средства борьбы с выбросами загрязняющих веществ. Она будет весьма полезной для специалистов и студентов старших курсов.

В книге крупного английского ученого **Г. Моффата** «**Возбуждение магнитного поля в проводящей среде**» основное внимание уделено изложению теории магнитогидродинамического динамо. В качестве приложений к теории рассмотрены магнитные поля Солнца и Земли. Книга предназначена для физиков, астрономов, гидромехаников и студентов старших курсов.

В монографии **К. Рольфа** «**Лекции по теории волн плотности**» изложена теория волн плотности и ее применение к объяснению спиральной структуры галактик. Монография представит интерес для астрономов, физиков, специалистов по прикладной механике и математике, а также для студентов.

Книга «**Геомагнитный диагноз магнитосферы**» японского ученого **А. Нишиды** посвящена методам исследования магнитосферы Земли с помощью данных наземных геомагнитных станций. Ее с интересом прочтут геофизики и специалисты, связанные с планированием и осуществлением космических экспериментов.

В коллективной монографии «**Распространение волн и подводная акустика**» под редакцией **Р. Келлера** и **А. Пападакиса** рассмотрены современные методы расчета акустического поля в океане с учетом хаотических флуктуаций среды (плотности, солёности, температуры, наличия морских организмов и т. д.). Большое внимание уделено расчетам траекторий звуковых лучей в воде с помощью ЭВМ. Монографию с интересом прочтут физики, геофизики и те, кто разрабатывает и использует гидролокационное оборудование.

В 1980 году будут выпущены «**Толковый словарь английских терминов по астрономии и астрофизике**» **Дж. Хопкинса** и «**Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов**» под редакцией **А. Бруцека** и **Ш. Дюрана**. Наличие параллельных алфавитных указателей терминов на русском и английском языках позволит использовать обе книги и в качестве справочников, и как специализированные англо-русские и русско-английские словари.

Учебная литература по геофизике представлена пособием «**Акустическая океанография**» американских ученых **К. Клея** и **Г. Медвина**. В нем изложены физические свойства океана, поведение акустических волн, распространение звука в океане, рассеяние и отражение звука на границах и в толще вод, даны характеристики сигналов и помех, описана аппаратура для исследования морского дна. Каждый раздел сопровождается задачами прикладного и теоретического характера. Американский математик **Дж. Тьюки** в книге «**Анализ результатов наблюдений**» с большим педагогическим мастерством показывает, как с помощью несложных вычислений и небольших по объему таблиц можно представить результаты наблюдений в наглядной форме и получить четкое представление о закономерностях и связях изучаемых явлений. Книга рассчитана на широкий круг лиц, интересующихся обработкой данных наблюдений.

Книга «**Космические рубежи общей теории относительности**» американского ученого **У. Кауффмана** знакомит читателей с теорией относительности как теорией поведения материи в экстремальных состояниях, встречающихся лишь в космических объектах. Главы книги посвящены конечным стадиям эволюции звезд, нейтронным звездам, черным дырам, разбеганию галактик. Книга превосходно иллюстрирована чертежами и графиками. Она предназначена для широкого круга читателей, интересующихся новейшими достижениями физики и астрономии.

Заведующий редакцией
космических исследований,
астрономии и геофизики
Л. В. САМСОНЕНКО

«**Полет космических аппаратов в примерах и задачах**». Авторский коллектив этой книги возглавляет Герой Советского Союза летчик-космонавт СССР **Г. С. Титов**.

В книге рассматриваются выведение космического аппарата на орбиту искусственного спутника Земли, полет по орбитам искусственного спутника Земли и посадка спускаемого аппарата на Землю. Отмечены свойства стационарной, солнечно-синхронной, полярной, круговой и высокоэллиптической орбит. Даны основные схемы выведения космических аппаратов на эти орбиты. Показано, как по траекторным измерениям определить параметры движения и встречи на орбите космических аппаратов. Материал изложен в форме справочника-задачника. После формулировки каждой задачи следует ее подробное аналитическое решение. Книга рассчитана на инженеров, конструкторов и научных работников, чья деятельность связана с космическими исследованиями.

В книге **Г. З. Давлетшина** «**Активно-гравитационные маневры космических аппаратов**» разбираются проблемы использования реальных гравитационных полей планет для маневров космических аппаратов. Книга рассчитана на научных работников, инженеров и других специалистов, работающих в области создания ракетно-космических систем.

А. М. Чечельницкий в книге «**Экстремальность, устойчивость, резонансность в астродинамике и космонавтике**» делает попытку объяснить резонансные свойства движения искусственных спутников Земли и небесных тел, а также многие другие явления, наблюдаемые в движении небесных тел Солнечной системы. Книга предназначена для специалистов в области астродинамики, космонавтики и гелиогеофизики.

«**Проблемы космического производства**» — так называется книга коллектива авторов во главе с академиком **В. С. Авдуевским**. В ней изложены научно-технические основы кос-

мического производства с учетом выполненных теоретических и экспериментальных исследований, включая цикл экспериментов на орбитальных станциях «Салют», а также на высотных ракетах. Авторы рассматривают физические особенности космического пространства, теоретические вопросы технологии получения новых веществ и материалов, аппаратуры и оборудования, оценивают эффективность производства материалов на орбитальных станциях. В книгу включены сведения по технологии сборки объектов в космосе, техническому обслуживанию и ремонту. Рассказывается об особенностях слесарно-монтажных инструментов, которыми пользуются в космосе. Книга рассчитана на инженеров и научных работников, занимающихся проблемами космической технологии, а также на студентов и аспирантов.

Автор книги «В открытом космосе» **И. Г. Борисенко** — спортивный комиссар, который, начиная с полета Ю. А. Гагарина, регистрирует научно-технические и рекордные достижения советских космонавтов. Он повествует о первом в мире выходе человека из космического корабля в открытый космос, о всех этапах подготовки космонавтов П. И. Беляева и А. А. Леонова к выходу в открытый космос. В книге представлены итоги этого выдающегося научно-технического эксперимента. Кратко рассказывается о выходе в открытый космос А. С. Елисеева, Е. В. Хрунова и других советских космонавтов. Книга рассчитана на массового читателя.

Редактор
редакция космонавтики
О. С. РОДЗЕВИЧ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИЕ»

Брошюры серии «Космонавтика, астрономия» распространяются только по подписке. За год подписчики получают 12 брошюр.

Летчик-космонавт СССР профессор **К. П. Феоктистов** в брошюре «Орбитальные станции» расскажет о струк-

туре и особенностях орбитальной станции «Салют-6» и транспортного грузового корабля «Прогресс».

С крупными оптическими телескопами, которые недавно были введены в строй в различных странах, знакомит брошюра **П. В. Щеглова** «Новые телескопы мира».

Современным проблемам астрофизики и звездной астрономии посвящены брошюры **И. М. Подгорного**, **Э. М. Дубинина** «Магнитные поля небесных тел», **Г. М. Никольского** «Невидимое Солнце» и **Ю. Н. Ефремова** «Звездные скопления».

С. В. Петрунин в брошюре «Советско-французское сотрудничество в космосе» освещает совместные с Францией программы космических исследований.

Современные достижения космонавтики и успехи пилотируемых полетов изложены в брошюрах «Международные экипажи «Интеркосмос» и «Космические твердотопливные двигатели».

История развития и современное состояние ракетно-космической техники зарубежных стран описывается в брошюре **Д. Ю. Гольдовского** «Космонавтика за рубежом».

Будут выпущены еще два сборника «Современные проблемы астрофизики» и «Современные достижения космонавтики».

Редактор серии
«Космонавтика, астрономия»
Е. Ю. ЕРМАКОВ

ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ

Тематика книг охватывает все аспекты гидрометеорологической науки. Сюда входят физические процессы в атмосфере и океане и их взаимодействие, гидрометеорологические прогнозы и обслуживание народного хозяйства, изучение Мирового океана и водных ресурсов Земли, проблемы Арктики и Антарктики. Особое внимание уделяется изданию книг, посвященных охране природной среды и рациональному использованию природных ресурсов. Готовятся к выпуску учебники, монографии, сборники статей, справочная и научно-популярная литература.

В будущем году предполагается выпустить 15 научно-популярных книг и ежегодный сборник «Человек и стихия — 81». Две книги будут посвящены метеорологии. Это — первое на русском языке издание труда **Аристотеля** «Метеорология» и «Погода на Земле [Метеорология]» **Дж.-С. Вайсберга** (перевод с английского).

Журналист **В. К. Орлов**, неоднократно зимовавший на полярных станциях, написал книгу «В просторах Таймыра» об уникальном животном мире полуострова. Занимаясь архивными изысканиями, связанными с Великой северной экспедицией 1733—1743 годов, автор книги «Навстречу неизведанному» **И. В. Глушанков** открыл новые имена первых исследователей Таймыра. Проблемам Севера посвящены также книги Героя Советского Союза **Е. И. Толстикова** «У полюсов Антарктиды» и журналиста **В. И. Стругацкого** «Блуждающий странник океана».

«Книга о воде» **О. А. Спенглера** — своеобразная энциклопедия природных вод, рассказ об их свойствах, значении для развития жизни на Земле, универсальном использовании человеком.

Работа метеорологов на Сахалине и Курильских островах и гидрологов в северных Кызылкумах нашла отражение в книгах **В. П. Гвоздиков** «Безвыходных положений не бывает» и **А. Е. Стерликова** «В дельте Сырдарьи». Книга **А. М. Кондратова** «Следы на шельфе» повествует о заселении островов и материков, археологических открытиях на шельфе. Проблемам биологии шельфа посвящена переведенная с английского языка книга **Дж. Куллини** «Леса моря [Жизнь и смерть континентального шельфа]». О жизни дельфинов, изучении средств общения с ними написаны книги **Б. Ф. Сергеева** «Лоцторы океана» и **Д. и М. Колдуэлов** «Мир бутылконосного дельфина» (перевод с английского).

Научно-популярная книга доктора технических наук **Ю. Б. Виноградова** «Этюды о селевых потоках» рассказывает о редком, но грозном природном явлении.

З. В. БУЛАТОВА

КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ, ЗАПУЩЕННЫЕ В СССР В 1978 ГОДУ

№№ п/п	Обозначение объекта	Наименование объекта	Дата запуска	Дата прекращения или срок существования	Наклонение, град	Период, мин	Перигей, км	Апогей, км	
			время мировое						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Искусственные спутники Земли серии «Космос»									
1.	1978-01А	Космос-974	6.I	19.I	62,8	89,6	188	356	
2.	1978-04А	Космос-975	10.I	60 лет	81,2	97,6	637	680	
3.	1978-05А	Космос-976 *	10.I	9000 лет	74	115,3	1452	1520	
4.	1978-05В	Космос-977		7000 лет	74	114,5	1403	1465	
5.	1978-05С	Космос-978		8000 лет	74	114,74	1421	1465	
6.	1978-05D	Космос-979		9000 лет	74	114,9	1440	1465	
7.	1978-05E	Космос-980		10 000 лет	74	115,4	1465	1478	
8.	1978-05F	Космос-981		10 000 лет	74	115,6	1465	1498	
9.	1978-05G	Космос-982		10 000 лет	74	115,8	1465	1518	
10.	1978-05H	Космос-983		10 000 лет	74	116	1465	1540	
11.	1978-06А	Космос-984	13.I	26.I	62,8	89,5	215	313	
12.	1978-07А	Космос-985	17.I	1200 лет	83	105	960	1032	
13.	1978-10А	Космос-986	24.I	7.II	65	89,4	179	341	
14.	1978-13А	Космос-987	31.I	14.II	62,8	89,6	183	359	
15.	1978-16А	Космос-988	8.II	20.II	72,8	89,9	210	363	
16.	1978-17А	Космос-989	14.II	28.II	65	89,5	178	354	
17.	1978-19А	Космос-990	17.II	120 лет	74	101	783	824	
18.	1978-22А	Космос-991	28.II	1200 лет	83	104,8	972	1022	
19.	1978-25А	Космос-992	4.III	17.III	71,4	89,8	210	346	
20.	1978-27А	Космос-993	10.III	23.III	72,9	89,7	182	368	
21.	1978-28А	Космос-994	15.III	1200 лет	82,9	105	996	1023	
22.	1978-30А	Космос-995	17.III	30.III	81,4	89,1	221	262	
23.	1978-31А	Космос-996	28.III	1200 лет	82,9	104,8	970	1021	
24.	1978-32А	Космос-997 **	30.III	30.III	51,6	—	200	230	
25.	1978-32В	Космос-998		30.III	Орбита подобна 1978-32А				
26.	1978-33А	Космос-999	30.III	12.IV	71,4	89,8	180	376	
27.	1978-34А	Космос-1000	31.III	1200 лет	83	104,9	978	1024	
28.	1978-36А	Космос-1001	4.IV	15.IV	51,6	88,7	205	249	
29.	1978-37А	Космос-1002	6.IV	19.IV	65	89,4	209	305	
30.	1978-40А	Космос-1003	20.IV	4.V	62,8	89,6	185	349	
31.	1978-43А	Космос-1004	5.V	18.V	62,8	89,4	213	311	
32.	1978-45А	Космос-1005	12.V	60 лет	81,2	97,6	626	672	
33.	1978-46А	Космос-1006	12.V	Больше года	65,8	92,5	383	417	
34.	1978-48А	Космос-1007	16.V	29.V	72,9	89,8	180	384	
35.	1978-49А	Космос-1008	17.V	10 лет	74	95,1	501	551	
36.	1978-50А	Космос-1009	19.V	19.V	66	109	971	1378	
37.	1978-52А	Космос-1010	23.V	5.VI	81,4	89	218	257	
38.	1978-53А	Космос-1011	23.V	1200 лет	82,9	104,9	978	1026	
39.	1978-54А	Космос-1012	28.V	7.VI	62,8	89,2	214	280	
40.	1978-56А	Космос-1013 ***	7.VI	10 000 лет	74	115,6	1456	1539	
41.	1978-56В	Космос-1014		10 000 лет	74	116,1	1480	1534	
42.	1978-56С	Космос-1015		10 000 лет	74	115,93	1475	1519	
43.	1978-56D	Космос-1016		10 000 лет	74	115,7	1473	1501	
44.	1978-56E	Космос-1017		9000 лет	74	115,5	1460	1495	
45.	1978-56F	Космос-1018		9000 лет	74	115,3	1444	1491	
46.	1978-56G	Космос-1019		8000 лет	74	115,1	1425	1491	
47.	1978-56H	Космос-1020		8000 лет	74	114,8	1410	1487	
48.	1978-57А	Космос-1021	10.VI	23.VI	65	89,4	180	336	
49.	1978-59А	Космос-1022	12.VI	25.VI	72,9	89,7	182	374	
50.	1978-63А	Космос-1023	21.VI	120 лет	74,1	100,8	784	822	
51.	1978-66А	Космос-1024	28.VI	12 лет	62,8	726	630	40 000	
52.	1978-67А	Космос-1025	28.VI	60 лет	82,5	97,8	649	680	
53.	1978-69А	Космос-1026	2.VII	6.VII	51,8	89	209	261	
54.	1978-74А	Космос-1027	27.VII	1200 лет	82,9	104,8	979	1015	
55.	1978-76А	Космос-1028	5.VIII	4.IX	67,1	88,7	182	272	
56.	1978-82А	Космос-1029	29.VIII	8.IX	62,8	89,6	186	353	
57.	1978-83А	Космос-1030	6.IX	12 лет	62,8	726	650	40 100	
58.	1978-85А	Космос-1031	9.IX	22.IX	62,8	89,6	191	351	
59.	1978-88А	Космос-1032	19.IX	2.X	81,4	88,9	218	249	
60.	1978-89А	Космос-1033	3.X	16.X	81,4	89,1	233	268	
61.	1978-91А	Космос-1034 ****	4.X	8000 лет	74	115,8	1458	1536	
62.	1978-91В	Космос-1035		7000 лет	74	114,7	1405	1482	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
63.	1978-91C	Космос-1036		9000 лет	74	115,2	1443	1484
64.	1978-91D	Космос-1037		9000 лет	74	115,4	1463	1484
65.	1978-91E	Космос-1038		10 000 лет	74	115,6	1480	1488
66.	1978-91F	Космос-1039		10 000 лет	74	116,4	1481	1554
67.	1978-91G	Космос-1040		10 000 лет	74	116,1	1481	1529
68.	1978-91H	Космос-1041		10 000 лет	74	115,9	1480	1510
69.	1978-92A	Космос-1042	6.X	19.X	62,8	89,3	187	326
70.	1978-94A	Космос-1043	10.X	60 лет	81,1	97,3	625	650
71.	1978-97A	Космос-1044	17.X	30.X	62,8	89,5	211	315
72.	1978-100A	Космос-1045	26.X	15 000 лет	82,6	120,4	1688	1724
73.	1978-102A	Космос-1046	1.XI	13.XI	72,9	89,9	212	353
74.	1978-104A	Космос-1047	15.XI	28.XI	72,9	89,8	182	378
75.	1978-105A	Космос-1048	17.XI	120 лет	74	101	788	824
76.	1978-107A	Космос-1049	21.XI	4.XII	72,9	89,7	183	375
77.	1978-108A	Космос-1050	28.XI	12.XII	62,8	89,8	258	298
78.	1978-109A	Космос-1051 *****	5.XII	7000 лет	74	115,5	1451	1530
79.	1978-109B	Космос-1052		8000 лет	74	114,9	1412	1490
80.	1978-109C	Космос-1053		9000 лет	74	115,1	1433	1488
81.	1978-109D	Космос-1054		9000 лет	74	115,3	1449	1491
82.	1978-109E	Космос-1055		10 000 лет	74	115,5	1460	1500
83.	1978-109F	Космос-1056		10 000 лет	74	115,8	1472	1508
84.	1978-109G	Космос-1057		9000 лет	74	116	1482	1518
85.	1978-109H	Космос-1058		10 000 лет	74	116,2	1481	1541
86.	1978-110A	Космос-1059	7.XII	11.XII	62,8	89,7	188	360
87.	1978-111A	Космос-1060	8.XII	21.XII	65	89,5	209	311
88.	1978-114A	Космос-1061	14.XII	27.XII	62,8	89,6	211	333
89.	1978-115A	Космос-1062	15.XII	9 лет	74	95,1	508	548
90.	1978-117A	Космос-1063	19.XII	60 лет	81,2	97,4	632	661
91.	1978-119A	Космос-1064	20.XII	8 лет	83	98,7	435	991
92.	1978-120A	Космос-1065	23.XII	Меньше года	50,7	93,4	346	556
93.	1978-121A	Космос-1066	23.XII	500 лет	81,2	102,2	846	908
94.	1978-122A	Космос-1067	26.XII	3000 лет	83	109,2	1184	1226
95.	1978-123A	Космос-1068	26.XII	8.I.1979	62,8	90,2	187	408
96.	1978-124A	Космос-1069	28.XII	10.I.1979	62,8	89,8	244	290

Искусственные спутники Земли народнохозяйственного значения

1.	1978-09A	Молния-3	24.I	12 лет	62,8	736	661	40 631
2.	1978-24A	Молния-2	3.III	12 лет	62,8	738	632	40 733
3.	1978-55A	Молния-1	2.VI	12 лет	62,5	736	457	40 837
4.	1978-72A	Молния-1	14.VII	12 лет	62,8	737	650	40 660
5.	1978-73A	Радуга	19.VII	10 ⁶ лет	0,5	1478	36 590	36 590
6.	1978-80A	Молния-1	23.VIII	12 лет	62,8	736	480	40 788
7.	1978-95A	Молния-1	13.X	12 лет	62,8	736	467	40 825
8.	1978-118A	Горизонт	19.XII	10 ⁶ лет	11,3	1420	22 581	48 365

Пилотируемые корабли и орбитальные станции, грузовые корабли

1.	1978-03A	Союз-27 *****	10.I	16.III	51,6	89,9	257	302
2.	1978-08A	Прогресс-1	20.I	8.II	51,6	88,8	194	262
3.	1978-23A	Союз-28	2.III	10.III	51,6	90	269	309
4.	1978-61A	Союз-29	15.VI	3.IX	51,6	90	270	314
5.	1978-65A	Союз-30	27.VI	5.VII	51,6	90	264	310
6.	1978-70A	Прогресс-2	7.VII	4.VIII	51,6	88,7	193	262
7.	1978-77A	Прогресс-3	8.VIII	23.VIII	51,6	88,7	195	249
8.	1978-81A	Союз-31	26.VIII	2.XI	51,6	90,2	271	326
9.	1978-90A	Прогресс-4	4.X	26.X	51,7	88,8	191	266

Специализированные автоматические аппараты

1.	1978-84A	Венера-11	9.IX	Межпланетный перелет к планете Венера				
2.	1978-86A	Венера-12	14.IX	Межпланетный перелет к планете Венера				
3.	1978-99A	Интеркосмос-18	24.X	6 лет	83	96,4	407	768
4.	1978-99C	Магюн *****	24.X	Отделен от ИСЗ «Интеркосмос-18»	17.X.	Орбиты подобны.		
5.	1978-100B	Радио-1 *****	26.X	Орбита подобна ИСЗ «Космос-1045»				
6.	1978-100C	Радио-2	26.X	15 000 лет. Орбита подобна ИСЗ «Космос-1045»				

Примечание:

- * Космосы-976-983 выведены на орбиту одной ракетой-носителем;
- ** Космосы-997-998 выведены на орбиту одной ракетой-носителем;
- *** Космосы-1013-1020 выведены на орбиту одной ракетой-носителем;
- **** Космосы-1034-1041 выведены на орбиту одной ракетой-носителем;
- ***** Космосы-1051-1058 выведены на орбиту одной ракетой-носителем;
- ***** Параметры движения кораблей «Союз-27, -28, -29, -30, -31» относятся к полету после проведения коррекции начальных орбит;
- ***** Чехословацкий искусственный спутник Земли, выведенный на орбиту советской ракетой-носителем вместе с «Интеркосмосом-18»;
- ***** «Радио-1, -2» выведены на орбиту вместе с «Космосом-1045».

Указатель статей, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 1979 году

Александров А. М.—Беседы в Центре управления полетом	5	Морозов С. Ф.—Межпланетные станции «Венера-11» и «Венера-12»	4
Аскаръян Г. А.—Акустическая регистрация нейтрино	1	Москаленко Г. М.—Аппараты для полетов в атмосфере Венеры	4
Барсуков О. М.—Электропроводность горных пород и землетрясения	6	Мухин Л. М.—Эволюция или деятельность «внеземных цивилизаций»?	1
Бобров М. С.—Кольца вокруг планет	5	Петров Б. Н.—Космонавтика и научно-технический прогресс	2
Брюханов В. Н.—Геология и космос	5	Погосян Х. П.—Атмосферные объекты и погода	2
Вернов С. Н.—Радиационные пояса Земли	4	Римша М. А.—«Салют-6»: «Морава», «Сирена», «Беролина»	3
Гаврин В. Н.—Проблема солнечных нейтрино	1	Родионова Ж. Ф.—Новая карта Луны	1
Газенко О. Г.—Человек в космосе	1	Руденко В. Н.—Спутник движется по геодезической	2
Голицын Г. С.—Плутон и его спутник	2	Рыхлова Л. В.—Что такое «координированное время»?	3
Голицын Г. С., Стеклов А. Ф.—Атмосферы спутников больших планет	5	Смирнов А. С.—Межзвездный ветер в окрестности Солнца	2
Гольдовский Д. Ю.—Межпланетные станции «Пионер—Венера»	4	Сорочинский М. А.—Прогноз опасных явлений погоды	4
Гольдовский Д. Ю.—Новая встреча с Юпитером	5	Сузюмов А. Е.—Островные дуги в Океании	3
Гришин С. Д., Лесков Л. В.—Физика невесомости и космическая промышленность	6	Тверской Б. А.—Взаимодействие магнитосферы с ионосферой	4
Грушинский Н. П.—Форма Земли	5	Трахтенгерц В. Ю.—Магнитосфера как альвеновский мазер	4
Дубинин Н. П.—Космическая генетика	5	Трутце Ю. Л., Еланский Н. Ф., Склярenco И. Я.—Озон и загрязнение стратосферы	2
Егер Ф. В.—Башня Эйнштейна в прошлом и настоящем	4	Уманский С. Я.—Химия межзвездной среды	3
Зельдович Я. Б.—Творчество Эйнштейна и астрономия	2	Шевченко В. В.—Луна: космические и наземные исследования	1
Ивченко И. С., Ружин Ю. Я.—Искусственные плазменные образования в атмосфере	6	Чугайнов П. Ф.—Звездные оболочки	6
Кантор Л. Я., Чеховский Е. Я.—Передача газет через спутники	3	Ямпольский А. Д.—Течения в океане	1
Караченцев И. Д.—Двойные галактики	6		
Кошляков М. Н.—Синоптические вихри открытого океана	3	ЛЮДИ НАУКИ	
Ксанфомалити Л. В.—Новые исследования Венеры	4	Мартынов Д. Я.—Жизнь и деятельность Эйнштейна	6
Левин Б. Ю.—Проблемы планетной космогонии	3	Михайлов А. А.—Христиан Гюйгенс	3
Лидоренко Н. С., Колтун М. М.—Спутники—преобразователи солнечной энергии	2	Памяти Самуила Ароновича Каплана	1
Мигулин В. В.—Международные исследования магнитосферы	4	Парийский Н. Н., Пеллинен Л. П., Юркина М. И.—Михаил Сергеевич Молоденский	4
Михеев С. П., Чудаков А. Е.—Подземный сцинтилляционный телескоп	1		
Монин А. С.—Взаимодействие атмосферы и океана и климат	6		

Петрушевский Б. А.—Г. А. Гамбурцев и проблемы сейсмичности	1	Станкевич К. С.— Как было открыто реликтовое излучение	6
Рычков В. В.—Петр Людовикович Драверт	2		
Шевченко В. В.—Юрий Наумович Липский	5	НАУЧНЫЕ ОБЩЕСТВА	
СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ		Петрушевский Б. А.—Московское общество испытателей природы и его журнал	5
Петр Людовикович Драверт	2	Сенчура Л. И.—Географическое общество СССР	2
КОСМОНАВИКА ЗА РУБЕЖОМ		Ширяев Е. Е.—Новая секция ВАГО	3
Хлеманов С. А.—Космические исследования в Индии	2	АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ		Бернхард Х.—Астрономия в политехнической средней школе ГДР	1
Бронштэн В. А.—Пленум Центрального совета ВАГО	5	Карташов В. Ф., Левитан Е. П.—Проблемное обучение астрономии	4
Чугунов Е. Ф.—Совещание по космической биологии и медицине	1	Клевенский Ю. Н.—Необходимые уточнения Мелохрино Е. И.—Учителя обсуждают программу	3
Шолпо В. Н.—К разгадкам тайн Земли	3	Радзиевский В. В.—Школьная программа по астрономии: вопросы тактики и стратегии	3
ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ		Трубочанинова Е. Л., Жуков Л. В.—Наши соображения	3
Большаков В. Д.—Старейший технический вуз страны	5	В ОТДЕЛЕНИЯХ ВАГО	
Гневыхев М. Н.—Горная астрономическая станция	3	Кулагин С. Г.—Горьковскому отделению ВАГО — 90 лет	3
Кузьмин С. О.—Пушино — радиоастрономический центр	5	ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ	
Садовский М. А.—Институту физики Земли АН СССР — 50 лет	1	Коваль А. И.—Музей на родине Циолковского	3
Старовойт О. Е.—Центральная сейсмологическая обсерватория	4	Саляев С. А.—«Советская геодезия и картография за 60 лет»	5
ЭКСПЕДИЦИИ		ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
Гуров Е. П., Вальтер А. А., Гурова Е. П., Серебренников А. И.—Метеоритный кратер на Чукотке	5	Коваль В. И.—Приборы «Службы неба»	1
Корт В. Г.—Эксперимент ПОЛИМОДЕ завершен	4	Лазаревский В. С.—Астрономические явления в 1980 году	6
Рейснер Г. И.—Геологи обследуют землетрясение	2	Павленков В. И., Яхно Г. С.—Гидирующее устройство для астрографа	5
Удинцев Г. Б., Береснев А. Ф., Гордин В. М.—«Иван Киреев» в Атлантике	1	Палко Ю. Ю.—Юбилейный слет	5
Цветков В. И.—Небесное железо старого прииска	5	ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ	
ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ		Болеев К. Б., Тулегенов Ш. Т.—Казахские названия небесных светил	6
Лесков Л. В.—Внеземные цивилизации: вероятность существования	3	Неяченко И. И.—Волосы Вероники	2
Урсул А. Д.—Внеземные цивилизации: проблемы существования	6	Неяченко И. И.—Дельфин	4
ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ		ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ	
А. А. Космодемьянский—«Космические ракетные поезда»	6	Шувалов В. М.—Часовой механизм для самодельного телескопа	2
Кринов Е. Л.—Развитие метеоритики в Советском Союзе	3	КОСМИЧЕСКАЯ ФИЛАТЕЛИЯ	
Михайлов А. А.—Алекс Солнца	5	Абрамов С. Б.—Корабли науки	5
		Орлов В. А.—Космическая астрономия	3

НАРОДНЫЕ ОБСЕРВАТОРИИ И ПЛАНЕТАРИИ

Порцевский К. А.—Московскому планетарию — 50 лет 6

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

Бронштэн В. А.—Планеты, открытые заново 1
 Ваньян Л. Л.—Луна глазами геофизика 6
 Владимиров Ю. С.—«Альберт Эйнштейн и теория гравитации» 4
 Ефремов Ю. Н.—Астрономия, история, искусство 6
 Книги 1980 года 6
 Михайлов А. А.—«Атлас звездного неба» Яна Гевелия 6
 Ребров М. Ф.—«Трудные дороги космоса» 2
 Салтыковский А. Я.—Путешествие по курьильским вулканам 3
 Сучкова Г. Г.—Время и Вселенная 1
 Хренов Л. С.—Юбилейный альбом 5

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ 1, 2, 6

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Автоматические станции «Гелиос» 4
 Азотная атмосфера Титана 3
 Астрономы чтут память В. Г. Фесенкова 3
 Барстеры и рентгеновские пульсары 2
 «Вестник АН СССР» к юбилею Эйнштейна 4
 «Викинги» о грунте Марса 1
 В помощь учителям астрономии 1
 Вулканы на Ио 5
 Геркулина и ее спутник 2
 Гравитационная постоянная 5
 Град и чайные плантации 6
 200-летний юбилей МИИГАиК 6
 «День, когда погибнет Лос-Анджелес» 3
 Еще раз о спутниках звезды Барнарда 5
 Загадка кратера Рис 5
 Эггадочный Тритон 2
 ✪ Запуск НЕАО-В 4
 «Земля и Вселенная» поздравляет астрономов, геофизиков и исследователей космического пространства — новых членов Академии наук СССР 4
 «Земля и Вселенная» поздравляет «Звездное небо» 1
 Зоны накопления нефти и газа 2
 Искусственное свечение атмосферы 3
 Как далеки ближайшие галактики 3
 Как образовался кратер Джордано Бруно? 1
 Конкурс юных любителей астрономии 5
 Космические аппараты, запущенные в СССР в 1978 году 6
 Космические сюжеты, подсказанные природой 3
 «Космос — Земля» 5
 Магнитные аномалии и вращение Луны 2
 Маскон на Марсе 2

Наблюдения лунного затмения 2
 Наблюдения метеоров в Чехословакии 2
 Наземные исследования Венеры 4
 Наши интервью 6
 На орбите «Салют-6» 1, 4, 5, 6
 Новая международная программа 5
 Новое об Амальтее 3
 Новое о гамма-всплесках 6
 Новые данные о Деймосе 3
 Новые достижения советской космонавтики 2
 Новые книги 2, 3, 4, 5
 Новый тип рентгеновских источников 4
 Обсуждается техника астрофотографии 1
 Оптическая периодичность Лебеда X-1 4
 Откуда родом метеорит Твин Сити? 1
 Первый среди «Интеркосмосов» 6
 Плазменные облака в магнитосфере 4
 Покрытия звезд астероидами 6
 Поиски радиосигналов внеземных цивилизаций 3
 Поляризационное «просвечивание» солнечной короны 1
 Полярные вихри на Венере 4
 Пояс астероидов не опасен 3
 Природа гамма-всплесков 3
 Природа карликовых новых 4
 Радиоастрономы измеряют координаты Меркурия 3
 Радиоизлучение ближнего космоса 5
 Радиоизлучение облаков 6
 Расслоение в экваториальной ионосфере 2
 Рейсы кораблей науки 3, 6
 Связойной спутник Европейского космического агентства 2
 Сколько в Галактике пульсаров? 4
 След урагана в океане 5
 Совещаются исследователи космоса 2
 Статьи и заметки **об искусственных спутниках Земли**, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1979 годах 5
 Статьи и заметки **о магнитосфере Земли**, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1978 годах 4
 Статьи и заметки **о советских пилотируемых космических полетах и подготовке космонавтов**, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1978 годах 2
 Статьи и заметки **о Солнце**, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1978 годах 1
 Статьи и заметки **по физике океана**, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1978 годах 3
 Тунгусский метеорит — осколок кометы Энке? 4
 Ударная волна в системе V 861 Скорпиона? 2
 «Успехи физических наук» к юбилею Эйнштейна 4
 Федерация космонавтики СССР 5
 НЕАО-А: первые наблюдения 4
 Черная дыра в созвездии Скорпиона? 2
 60-й и 61-й рейсы «Гломара Челленджера» 2
 62-й и 63-й рейсы «Гломара Челленджера» 4
 Электрические разряды вулканов 6
 Электроника в астрономических наблюдениях 4



НОВОЕ О ГАММА-ВСПЛЕСКАХ

На автоматических межпланетных станциях «Венера-11» и «Венера-12» были установлены детекторы гамма-излучения. К концу ноября 1978 года, когда суммарное время наблюдений гамма-источников составило 77 суток, удалось зарегистрировать 35 всплесков. Е. П. Мазец, С. В. Голенецкий, В. Н. Ильинский, В. Н. Панов, Р. Л. Аптекарь, Ю. А. Гурьян, И. А. Соколов, З. Я. Соколова и Т. В. Харитонова, обработав результаты этих наблюдений, рассмотрели, как распределяются источники на небесной сфере.

Детекторы гамма-излучения обладают неодинаковой по различным направлениям чувствительностью. Поскольку ширина диаграммы направленности детектора велика, один прибор не позволяет еще определить, откуда приходит сигнал. Необходимо система из нескольких раз-

личным образом ориентированных детекторов. Существенное значение имеет точность стабилизации космического аппарата. Если стабилизировано только направление одной оси космического аппарата, а угол поворота вокруг этой оси не определен, то область локализации источника размывается в кольцо. Наблюдения со второго космического аппарата, ориентированного по-другому, позволяют получить второе кольцо. Измеряя относительное запаздывание регистрации гамма-всплеска на двух удаленных космических аппаратах, удается выделить третью кольцевую область возможного направления прихода гамма-всплеска. Пересечение всех трех областей определяет положение источника на небесной сфере. Однако такая однозначная локализация возможна лишь при наиболее благоприятных условиях наблюдений.

Советские исследователи локализовали 15 источников гамма-всплесков, наблюдавшихся на «Венере-11» и «Венере-12». Эти источники обнаруживают тенденцию к концентрации в направлении галактического центра, что считается сильным аргументом в пользу их галактического происхождения («Земля и Вселенная», № 3, 1979, с. 28). Для окончательного решения вопроса необходимы данные наблюдений большего числа гамма-всплесков. Если источники действительно концентрируются к центру Галактики, то энерговыделение при гамма-всплеске может достигать 10^{46} эрг.

«Письма в Астрономический журнал», 5, 7, 1979.

6 НОЯБРЬ ДЕКАБРЬ 1979 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
Д. Я. МАРТЫНОВ
Зам. главного редактора
член-корреспондент АН СССР
Ю. Д. БУЛАНЖЕ
Зам. главного редактора
кандидат педагогических наук
Е. П. ЛЕВИТАН
Член-корреспондент АН СССР
Г. А. АВСЮК
Доктор географических наук
А. А. АКСЕНОВ
Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН
Доктор юридических наук
В. С. ВЕРЕЩЕТИН
Кандидат технических наук
Ю. Н. ГЛАЗКОВ
Доктор технических наук
А. А. ИЗОТОВ
Доктор физико-математических наук
И. К. КОВАЛЬ
Член-корреспондент АН СССР
В. Г. КОРТ
Доктор физико-математических наук
Б. Ю. ЛЕВИН
Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН
Академик
А. А. МИХАЙЛОВ
Доктор физико-математических наук
Г. С. НАРИМАНОВ
Доктор физико-математических наук
И. Д. НОВИКОВ
Доктор физико-математических наук
К. Ф. ОГОРОДНИКОВ
Доктор физико-математических наук
Г. Н. ПЕТРОВА
Доктор географических наук
М. А. ПЕТРОСЯНЦ
Доктор геолого-минералогических наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
В. В. РАДЗИЕВСКИЙ
Доктор физико-математических наук
Ю. А. РЯБОВ
Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН
Доктор технических наук
К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 103717, ГСП, Москва К-62, Подсосенский пер., д. 21, комн. 2.

Телефоны: 227-07-45; 227-02-45

Художественный редактор Л. Я. Шимкина

Номер оформили: А. Г. Калашникова, Б. М. Разин, Е. К. Тенчурина, Р. И. Ходас

Корректоры: В. А. Володина, Т. Н. Морозова

Сдано в набор 27/VI—1979 г. Подписано к печати 1/Х—1979 г. Т-43573. Формат бум. 84×108^{1/16}. Высокая печать. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 11,0. Бум. л. 2,5. Тираж 53 000 экз. Цена 50 коп. Заказ 2117.

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

Адрес издательства: 117864, ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

(Продолжение. Начало на 2-й стр.)

наблюдения пульсара. Космонавты провели также измерение массы тела и оценку состояния мышц, нагрузка на которые в орбитальном полете незначительна, а затем начали тренировки с использованием вакуумного костюма «Чибис».

8 августа большая часть дня была отведена геофизическим экспериментам с использованием космического радиотелескопа КРТ-10. На установке «Кристалл» космонавты провели эксперименты по бесконтейнерной кристаллизации и получению объемных монокристаллов антимонида индия.

9 августа экипаж провел очередную космическую плавку на установке «Сплав» для получения сверхпроводящего соединения ниобий — алюминий — германий и монокристалла антимонида индия, легированного цинком и теллуrom.

10 августа В. А. Ляхов и В. В. Рюмин начали укладку возвращаемого оборудования и материалов проведенных исследований в спускаемый аппарат корабля «Союз-34».

12 августа изучались влияние дозированной физической нагрузки на кровообращение космонавтов, биоэлектрическая активность сердца, параметры внешнего дыхания.

13 августа космонавты проверяли функционирование систем и агрегатов станции, работали с бортовой технической документацией, выполнили два очередных эксперимента для получения арсенида галлия и антимонида индия в условиях невесомости.

15 августа на завершающем этапе длительного и напряженного космического полета **В. А. Ляхов и В. В. Рюмин осуществили выход в открытое космическое пространство.** Основные задачи выхода — отвод антенны радиотелескопа КРТ-10 от станции, осмотр внешней поверхности станции и демонтаж установленной на ней научной аппаратуры. После завершения запланированных работ космонавты

возвратились на станцию «Салют-6». Общее время пребывания В. А. Ляхова и В. В. Рюмина в открытом космическом пространстве 1 час 23 минуты.

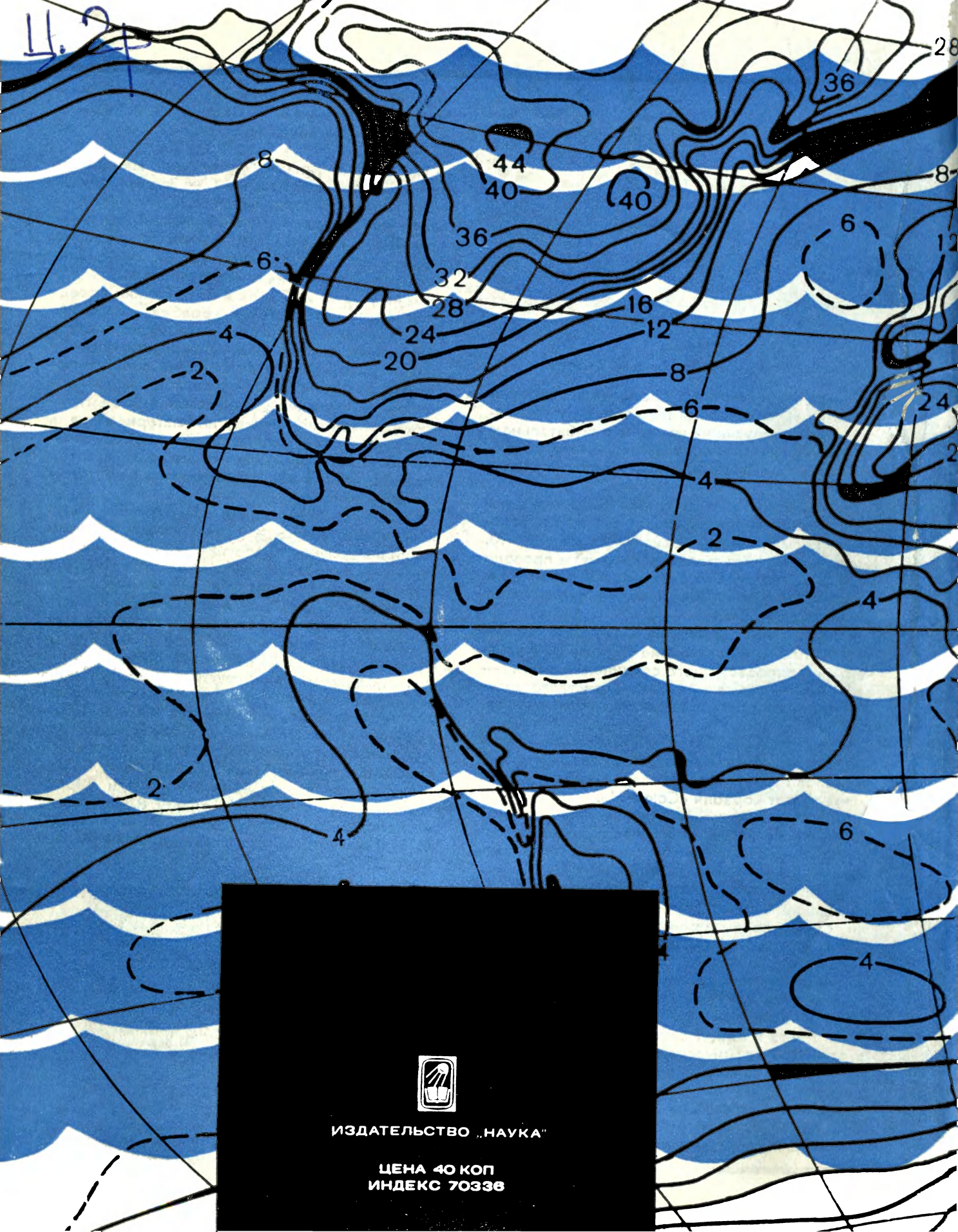
17 августа экипаж укладывал материалы выполненных исследований и экспериментов в спускаемый аппарат корабля «Союз-34», проводил консервацию научной аппаратуры станции. В тот же день исследовалась реакция сердечно-сосудистой системы на имитацию действия гидростатического давления.

18 августа В. А. Ляхов и В. В. Рюмин проверяли бортовые системы корабля «Союз-34» и продолжали подготовку станции к полету в автоматическом режиме. Космонавты переносили и укладывали в спускаемый аппарат полетную документацию, кассеты с экспонированной фотопленкой, вкладыши с биологическими объектами и другие материалы, а в бытовой отсек — использованное оборудование. Экипаж занимался также физическими упражнениями и вел тренировки в вакуумном костюме «Чибис».

19 августа 1979 года в 15 часов 30 минут московского времени после выполнения сложной и напряженной программы научно-технических исследований и экспериментов на борту орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз» космонавты В. А. Ляхов и В. В. Рюмин возвратились на Землю. Спускаемый аппарат корабля «Союз-34» совершил посадку в 170 км юго-восточнее города Джезказгана.

За успешное осуществление длительного космического полета на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Салют-6» — «Союз» и проявленные при этом мужество и героизм Президиум Верховного Совета СССР присвоил звание **Героя Советского Союза** с вручением ордена **Ленина** и медали **«Золотая Звезда»** летчику-космонавту **В. А. Ляхову** и летчику-космонавту СССР **В. В. Рюмину**. **В. А. Ляхову** присвоено звание **«Летчик-космонавт СССР»**.

(По материалам сообщений ТАСС)



11.2



ИЗДАТЕЛЬСТВО „НАУКА“

ЦЕНА 40 КОП
ИНДЕКС 70336