



**1** 1982

**ЗЕМЛЯ  
И**

**ВСЕЛЕННАЯ**

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА  
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

---

Одиннадцатая пятилетка должна стать — и станет — славной вехой на пути исторических свершений советского народа. Нет сомнения, что трудящиеся нашей страны приложат свои силы и энергию, творчество и инициативу для завоевания новых и новых успехов на этом пути.

Из речи Генерального секретаря ЦК КПСС,  
Председателя Президиума Верховного Совета СССР  
товарища Л. И. Брежнева  
на Пленуме ЦК КПСС 16 ноября 1981 года

---



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

1

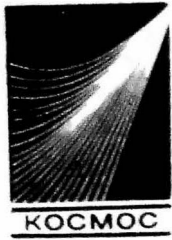
ЯНВАРЬ  
ФЕВРАЛЬ

1982

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

### В номере:

Гришин С. Д., Егоров А. Д.— 75 суток в космосе . . . . .	2
Петров Г. М.— Радиолокационные исследования Венеры . . . . .	8
Ксанфомалити Л. В.— Поверхность Венеры . . . . .	16
Покровский Б. А.— В космосе — «Космосы» . . . . .	22
Масевич А. Г., Тутуков А. В.— Эволюция массивных тесных двойных звезд . . . . .	27
Соболев Г. А.— Говорит подземная кладовая . . . . .	32
Григорян С. В., Знаменский А. М., Саев Ю. Е.— Геохимия и загрязнение среды . . . . .	36
Яницкий И. Н., Бородзич Э. В.— Геология гелия . . . . .	41
<b>ЛЮДИ НАУКИ</b>	
Лолосков С. М.— Федор Александрович Бредихин . . . . .	45
Пасецкий В. М.— Фрильоф Хансен . . . . .	49
<b>ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ</b>	
Силина И. К., Ломакин В. С.— Сейсмическая станция на Урале	54
<b>АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ</b>	
Гаген-Торн В. А.— Пленум СПАК в Ульяновске . . . . .	57
<b>ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ</b>	
Жабин А. Г.— Космические процессы и минералообразование . . . . .	59
<b>ЭКСПЕДИЦИИ</b>	
Войтов В. И.— Первый рейс . . . . .	62
Кучми С., Никольский Г. М.— Советско-французские наблюдения полного солнечного затмения . . . . .	65
Бронштэн В. А.— 107 секунд полной фазы . . . . .	67
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ</b>	
Любительские наблюдения полного солнечного затмения 31 июля 1981 года . . . . .	70
<b>ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ</b>	
Лысенко К. И.— Астрограф с часовым механизмом . . . . .	77
<b>НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b>	
Эксперимент в ионосфере (7); Атмосфера Плутона (19); Глобусы Луны (20); Сверхжесткое гамма-излучение источника Лебедь X-3 (26); Сверхскопления галактик и плотность Вселенной (31); Новые книги (40, 79); Письма в редакцию (72); Статьи и заметки о Венере, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1981 годах (79).	
Оформление обложки А. Л. Кашекова (к статьям о солнечном затмении).	



Доктор технических наук  
С. Д. ГРИШИН  
Доктор медицинских наук  
А. Д. ЕГОРОВ

## 75 суток в космосе

**Пятая основная экспедиция на станцию «Салют-6» не была самой продолжительной, но она подвела важный итог уникальному по длительности и выдающемуся по полученным результатам космическому полету орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз» — «Прогресс».**

Космонавты В. В. Коваленок и В. П. Савиных были участниками пятой основной экспедиции, доставленной на орбитальную станцию «Салют-6» с помощью пилотируемого космического корабля «Союз Т-4». 12 марта 1981 года стартовал «Союз Т-4», а 13 марта он состыковался с орбитальным комплексом «Салют-6» — «Прогресс-12». К этому времени станция «Салют-6» находилась в орбитальном полете уже около трех с половиной лет, и на ней работали: Ю. В. Романенко, Г. М. Гречко 12.XII.1977 — 16.III.1978; В. В. Коваленок, А. С. Иванченков 15.VI.1978 — 2.XI.1978; В. А. Ляхов, В. В. Рюмин 25.II.1979 — 19.VIII.1979; Л. И. Попов, В. В. Рюмин 9.IV.1980 — 11.X.1980; а также шесть международных экипажей. Естественно, что для продления ресурса станции и обеспечения ее дальнейшего нормального функционирования экипаж прежде всего провел дополнительную проверку бортовых систем и аппаратуры, выполнил необходимые профилактические мероприятия и замену отдельных приборов и устройств (Земля и Вселенная, 1981, № 3, 3-я стр. обложки; № 4, с. 2—3, 3-я стр.

обложки.— Ред.). Космонавты установили новый блок управления ориентацией солнечных батарей, заменили насос откачки конденсата в системе терморегулирования, измерили параметры в электрических цепях, устранили выявленные неполадки, отремонтировали комплексный физкультурный тренажер, установку «Малахит», предназначенную для проведения биологических экспериментов, и одну из телевизионных камер. Одновременно в первую неделю интенсивной работы на борту орбитальной станции В. В. Коваленок и В. П. Савиных произвели расконсервацию систем станции и разгрузку корабля «Прогресс-12», который 19 марта 1981 года был отстыкован от станции «Салют-6», освободив причал для приема международного советско-монгольского экипажа (В. А. Джанибеков, Ж. Гуррагча).

Вспоминая те дни, можно утверждать, что в течение первой недели работы на орбитальной станции космонавты с большим умением и самоотверженностью, не считаясь со временем (В. В. Коваленок как-то сказал, что самое неприятное в полете — когда хочется отдохнуть, а ты знаешь, что еще часов двенадцать сделать это не удастся) выполнили большую работу по подготовке станции «Салют-6» к дальнейшим действиям в пилотируемом режиме. Полностью оправдал себя принятый в отечественной технике принцип **позапного обеспечения надежности систем орбитальных комплексов и безопасности экипажа**. Он базируется на детальном изучении состояния станции после каждого полета основной экспедиции и тщательной подготовке профилак-

тических и ремонтно-восстановительных работ, а также на замене вышедших из строя приборов, агрегатов и аппаратуры.

Проведение технических экспериментов, направленных на совершенствование орбитальных комплексов и их систем, — одна из главных задач космических исследований и экспериментов.

Важным техническим экспериментом стал эксперимент «Голограмма». В ходе его проверялась возможность использования новых, более информативных голографических методов записи и передачи изображений объектов. Портативной аппаратурой, включающей гелио-неоновый лазер и регистрирующее устройство, космонавты произвели голографическую съемку одного из иллюминаторов, на котором оставались следы попадания микрометеоритов, и процесса растворения кристалла поваренной соли в условиях невесомости. Фотопленки с записью голограмм доставлены на Землю и сейчас исследуются в лабораториях.

Большое практическое значение имеет эксперимент «Нановесы». Он помог определить влияние космической среды на конструкционные материалы. Применяя высокоточную аппаратуру космонавты фиксировали изменение массы пленки из двуокиси кремния, которая может применяться для защиты различных оптических элементов космических аппаратов.

Интересные новые данные были получены в области космической технологии. Уже стало обычным воспроизводить на орбите, в условиях малых ускорений, полупроводниковые материалы, такие, как кадмий — ртуть —



*В. В. Коваленок (слева)  
и В. П. Савиных на предполетных  
тренировках*

Фотохроника ТАСС

теллур, антимонид индия, арсенид галлия и другие. Но во время пятой экспедиции были поставлены и новые технологические эксперименты с помощью аппаратуры «Испаритель», «Капилляр» и «Пион».

На установке «Испаритель» космонавты проделали серию экспериментов по нанесению металлических покрытий путем испарения и последующей конденсации в условиях космического вакуума и невесомости. Напыляли серебро и медь на образцы из титана как на освещенном Солнцем, так и на теневом участках орбиты. При этом температура напыления образцов была различной. В результате эксперимента удалось отработать



технология восстановления в полете покрытий наружных элементов космических аппаратов и создания самих

установок для выполнения таких опытов. Изучая полученные пленки, ученые обнаружили, что качество их на-

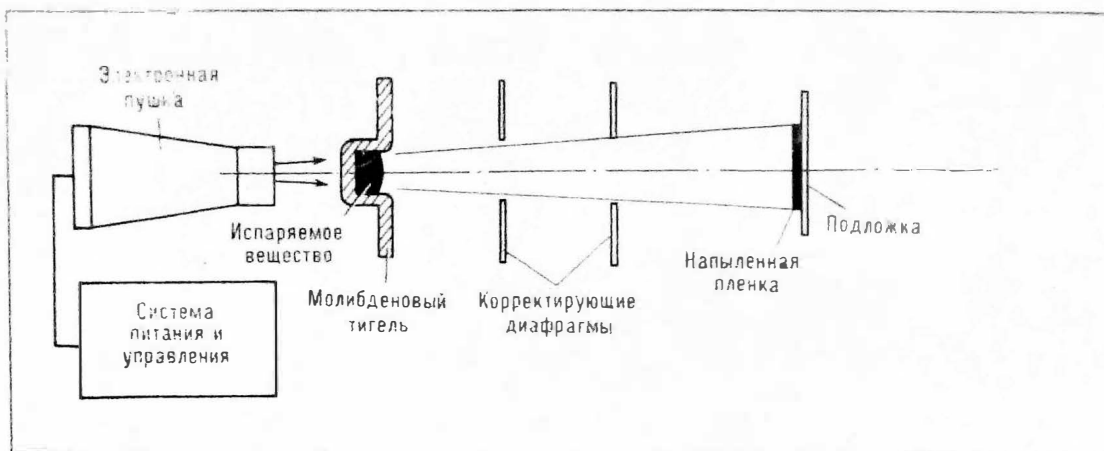


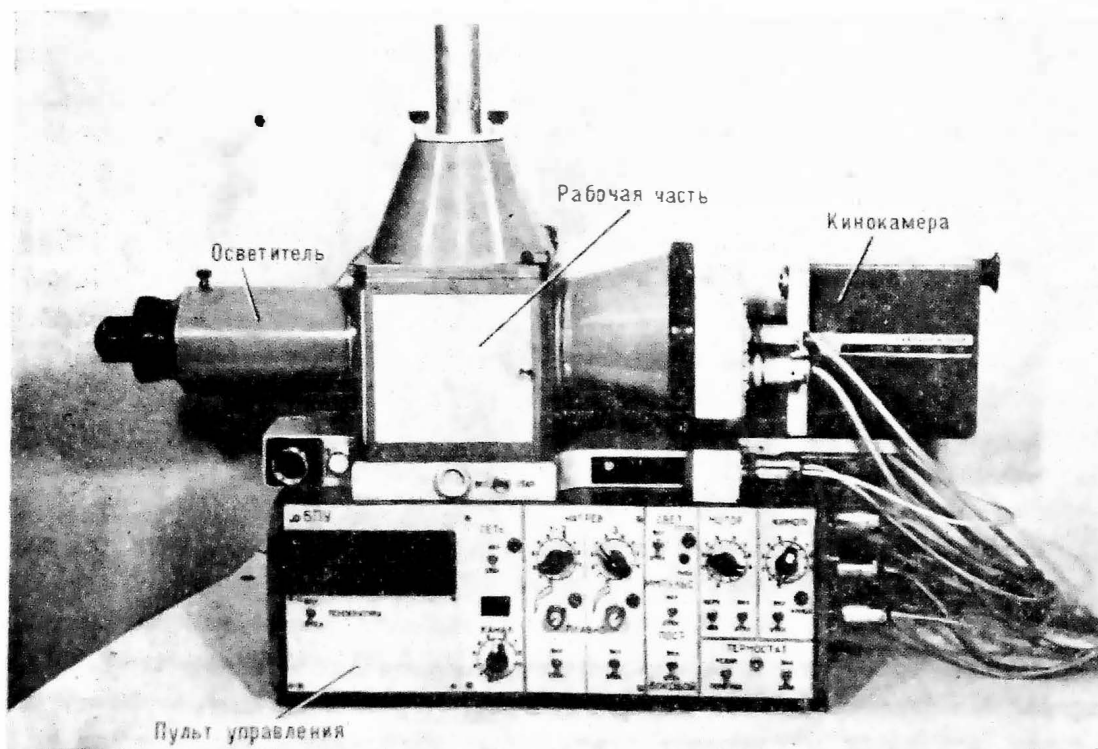
Схема установки «Испаритель»

много выше, чем у полученных в земных условиях.

Эксперимент «Капилляр» дал возможность получить в условиях микрогравитации монокристаллы заданного профиля.

На борту орбитальной станции «Салют-6» была смонтирована и прошла испытания установка «Пион» (прибор для исследования особенностей невесомости). Ее задача — детально изучать протекание процессов тепло- и массообмена в жидких средах. «Пион» состоит из трех основных частей: теневого прибора с осветителем и кино-

Прибор для исследования особенностей невесомости («Пион»)



камерой, электронного блока управления и рабочей части со сменными кюветами. Теневой прибор делает видимыми участки с незначительными оптическими неоднородностями среды. По полученным снимкам нетрудно построить поле плотностей в жидкой или газообразной среде. Если в жидкость ввести пузырьки или твердые частицы, то по их движению можно судить о поле скоростей конвекционных течений в изучаемой среде.

Были проведены эксперименты «Дрейф» и «Конвекция» для моделирования процессов теплообмена в расплавах внутри цилиндрических технологических ампул. В эксперименте «Структура» исследовались процессы массопереноса в растворе при росте и растворении кристалла дигидрофосфата аммония — веществ-

ва, используемого в лазерной технике.

Во время полета пятой основной экспедиции на борту орбитальной станции работали два международных экипажа: советско-монгольский (В. В. Коваленок, В. П. Савиных, В. А. Джанибеков и Ж. Гуррагча) и советско-румынский (В. В. Коваленок, В. П. Савиных, Л. И. Попов и Д. Прунариу). Программы полетов международных экипажей и применяемая научная аппаратура разрабатываются совместно учеными социалистических стран — участниц программы «Интеркосмос». Полеты международных экипажей имеют огромное значение для стран социалистического содружества, ибо они — мощный стимул развития космических исследований в этих странах и важный политический фактор, наглядно демонстрирующий дальнейшее укрепление дружбы и расширение научно-технического сотрудничества социалистических стран. Естественно, что исследования, проводимые в рамках отечественной космической программы и международной программы «Интеркосмос», скоординированы так, что позволяют получать важные взаимодополняющие экспериментальные данные, которые делаются достоянием ученых всех социалистических стран. Традиционные направления исследований на орбитальном комплексе — астрофизические эксперименты, изучение природных ресурсов и медико-биологические исследования. Не стала исключением и программа пятой основной экспедиции.

Исследованию космических лучей был посвящен эксперимент «Астро», проведенный на борту космического комплекса международным советско-румынским экипажем. С помощью приборов «Астро-1» и «Астро-2» космонавты регистрировали неполностью ионизованные атомы по трассе полета «Салюта-6», а также высокоэнергетичные ионы.

«Астро-1» был размещен в шлюзовой камере, и его детектор, представляющий собой ряд слоев нитрата целлюлозы, действовал как ловушка, собирающая все частицы тяжелее атомов гелия, которые встречаются по трассе полета.



Прибор «Астро-2» работал внутри станции. Он собран из четырех неподвижных и двух подвижных детекторов, электромеханического блока и электронного блока управления. Влетающая частица оставляет два следа в неподвижном и подвижном детекторах. Ширина следа в подвижном детекторе известна, что позволяет определить, на какой широте частица попала в детектор, и тем самым установить направление ее прилета. Эти исследования дополнили сведения о потоках частиц, приходящих к нам из глубин Вселенной. В. В. Коваленок и В. П. Савиных, используя субмиллиметровый телескоп БСТ-1М, измеряли субмиллиметровое излучение земной атмосферы.

*В. А. Джанибеков, В. П. Савиных (верхний ряд), В. В. Коваленок, Ж. Гуррагча на орбитальной станции «Салют-6». Снимок принят по телекосмической связи*

Фотохроника ТАСС

Во время первых дней полета советско-монгольского международного экипажа значительное место в научной программе было отведено медико-биологическим исследованиям, направленным на изучение особенностей адаптации организма к условиям невесомости. С этой целью проводили эксперименты «Биоритм», «Опрос», «Восприятие», «Время», в ходе которых изучали самочувствие и работоспособность космонавтов и их реакции на условия полета. В эксперименте «Кровообращение» выяснялось влияние перераспределения крови в организме на состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем в начале полета. Медицинские эксперименты были проведены и в период полета советско-румынского международного экипажа. Некоторые из них были направлены на определение оптимальных режимов использования специальных профилактических устройств. В экспериментах «Баллисто» и «Нептун» исследовали тонус и свойства сердечной мышцы, измене-

ния остроты и глубины зрения космонавтов во время их пребывания на орбите.

Нужно сказать, что медицинские проблемы занимали очень важное место и в полете В. В. Коваленка и В. П. Савиных, и во всей программе длительных полетов на орбитальной станции «Салют-6».

Обследования В. В. Коваленка и В. П. Савиных во время и после 75-суточного полета показали, что физиологические реакции космонавтов на воздействие условий полета соответствовали реакциям, наблюдавшимся в предыдущих длительных полетах, хотя и имели место некоторые индивидуальные особенности. Как и в предыдущих полетах, в первые дни ощущался прилив крови к голове, а у одного из космонавтов наблюдались симптомы, как при укачивании на Земле. В. В. Коваленок приспособился к невесомости быстрее и легче, чем в своем предыдущем 140-суточном полете. На всем протяжении полета оба космонавта сохраняли достаточно





*В. В. Коваленок (слева),  
В. П. Савиных и врач В. К. Габышев  
во время медицинских занятий*

Фотохроника ТАСС

высокую работоспособность. Масса тела у командира максимально снижалась на 1,4 кг, у бортинженера на 3,6 кг. Уменьшился объем голени. Электрокардиограмма изменялась незначительно в сравнении с предполетными данными. Частота сердечных сокращений у В. В. Коваленка колебалась в пределах 64—76 ударов/мин (до полета 66—76 ударов/мин), у В. П. Савиных 62—76 ударов/мин (до полета 56—62 удара/мин).

Экспедиция В. В. Коваленка и В. П. Савиных (как и другие длительные космические полеты) еще раз доказала, что в условиях невесомости, действующей до полугода, человек практически сохраняет свою трудоспособность. При этом никаких болезненных нарушений в организме человека не происходит.

Сегодня мы уже имеем представление о «среднем физиологическом портрете» космического пациента. Этот портрет динамичен — он зависит от разных периодов полета. Возникающие поначалу симптомы укачивания, тяжесть в голове обычно исчезают ко второй неделе полета. Аппетит и желание пить остаются, хотя периодически по отношению к некоторым продуктам и возникает «негативное» отношение. Обычно в длительном полете худеют ноги, преимущественно голени, а в первую неделю отекает лицо.

Исследования сердечно-сосудистой системы показали, что в невесомости происходит перераспределение крови, наполняющей различные области тела. С увеличением длительности полета этот процесс в основном сглаживается и стабилизируется. На дозированные физические воздействия и на приложение отрицательного давления к нижней части тела (когда используется специальная вакуумная емкость) организм отвечает большей частотой сердечных сокращений и

увеличением артериального давления. Но все же четкой зависимости подобных реакций организма от длительности полета не наблюдалось. Например, во время 75- и 185-суточных полетов реакции экипажа были стабилизированы и не отличались от реакций в пробах на Земле.

Очевидные эффекты влияния невесомости на двигательный аппарат проявляются в некоторой потере мышечной массы, видимой атрофии мышц рук и ног, длинных и широких мышц спины, а также в снижении мышечного тонуса.

Потеря кальция и других минеральных компонентов костной ткани человека могла бы стать тем барьером, который резко ограничил бы продолжительность космических полетов. Но исследования показали, что уменьшение минеральных компонентов в пяточной кости даже после полугодовых полетов оказалось значительно меньше, чем в результате длительного постельного режима. При интенсивных тренировках экипажа, по-видимому, можно в определенной степени

стабилизировать и такой весьма важный показатель.

Большой научный интерес представляют результаты исследования крови. Было известно, что после полета снижается масса эритроцитов. Так как продолжительность жизни эритроцитов составляет в среднем 120 суток, то за 140—180-суточный полет должно произойти их полное обновление (Земля и Вселенная, 1979, № 1, с. 17—21.—Ред.). Если бы невесомость нарушала процесс образования и развития эритроцитов, развились бы тяжелые формы анемии. Число эритроцитов, действительно, уменьшалось, но примерно через полгода после полета они полностью восстанавливались.

Выявленные сдвиги в структуре эритроцитов были весьма умеренными и не прогрессировали с удлинением полета. Полученные данные, таким образом, позволили точнее оценить возможность приспособления кровеносной системы к условиям длительного космического полета и к послеполетному периоду.

Итак, проведенные исследования не выявили существенных сдвигов в функционировании основных систем организма, что могло бы воспрепятствовать дальнейшему увеличению

продолжительности космического полета.

Сохранение хорошего состояния здоровья и высокой работоспособности в длительных космических полетах, а также достаточно гладкое и легкое течение процесса реадaptации после длительных полетов — результат активных профилактических мер, применявшихся в ходе полетов. В основе такой профилактики лежат периодические медицинские обследования экипажа, проводимые непосредственно в полете. Хорошему самочувствию способствовали также рациональный режим труда и отдыха, полноценное питание, достаточное потребление жидкости и нормальный по продолжительности сон. Протекание реадaptационного периода зависит от объема профилактических мероприятий: чем активнее выполняют члены экипажа необходимые процедуры на борту, тем легче они привыкают к земным условиям.

Значительное место в программе полета отводилось исследованиям, выполненным в интересах различных отраслей народного хозяйства. Основной экипаж станции и экипажи посещения продолжали сбор информации о минерально-сырьевых ресурсах Земли, об акватории Мирового океа-

на с целью изучения его биологической продуктивности, условий рыболовства и мореплавания, о метеорологической обстановке в различных районах планеты, проводили оценку пылевой и дымовой загрязненности атмосферы и состояния природной среды промышленных районов и крупных городов. Космонавты вели фотосъемку Аральского и Каспийского морей, Кавказа, республик Средней Азии, Южного Урала, юга Сибири, территории Монгольской Народной Республики (исследовали геологические объекты, определяли водные ресурсы и состояние пастбищ).

26 мая 1981 года, успешно завершив программу полета, В. В. Коваленок и В. П. Савиных на спускаемом аппарате корабля «Союз Т-4» возвратились на Землю.

Подводя итоги сказанному, можно утверждать, что полученные учеными и конструкторами результаты (в том числе и во время пятой основной экспедиции) неопровержимо доказывают возможность создания постоянно действующих орбитальных комплексов со сменяемыми экипажами, которые сыграют выдающуюся роль в развитии науки и в освоении космического пространства и земных ресурсов на благо всего человечества.

## ЭКСПЕРИМЕНТ В ИОНОСФЕРЕ

Вопрос о том, почему возникают зоны аномального поглощения радиоволн в ионосфере, очень важен для расчета радиотрасс. Косвенные методы показывают, что эти зоны скорее всего объясняются отклонениями электронной концентрации от ее нормальных, фоновых значений в области D ионосферы (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 42—46.—Ред.). Для проверки этого предположения во время 26-го рейса научно-исследовательского судна «Академик Королев» (21.XI.1979 — 25.III.1980) был проведен комплексный геофизический эксперимент. При двукратном



пересечении Тихого океана по широте и долготе измеряли концентрацию электронов, используя метод вертикального радиозондирования и датчики на метеорологических ракетах. Примерно половину запусков ракет производили вне аномальной зоны

поглощения радиоволн, другую половину — непосредственно в самой зоне.

Г. В. Гвишвили и С. В. Пахомов (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР) обработали результаты наблюдений. Оказалось, что долговременные значительные возрастания концентрации электронов в области D действительно существуют и эти области хорошо совпадают с зонами аномального поглощения радиоволн. Эффект этот особенно заметно проявляется на высоте 72—83 км, концентрация электронов там возрастает в 3—5 раз.

Геомagnetизм и аэрономия, 1981, 4.





Кандидат физико-математических наук  
Г. М. ПЕТРОВ

## Радиолокационные исследования Венеры

Уже 20 лет в СССР и США ведутся радиолокационные исследования Венеры. Советские ученые внесли вклад в изучение рельефа планеты, определили, с какой скоростью она вращается вокруг оси, уточнили значение астрономической единицы и создали теорию движения внутренних планет, которая в 100 раз точнее классической теории.

### ТРУДНОСТИ ПЛАНЕТНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

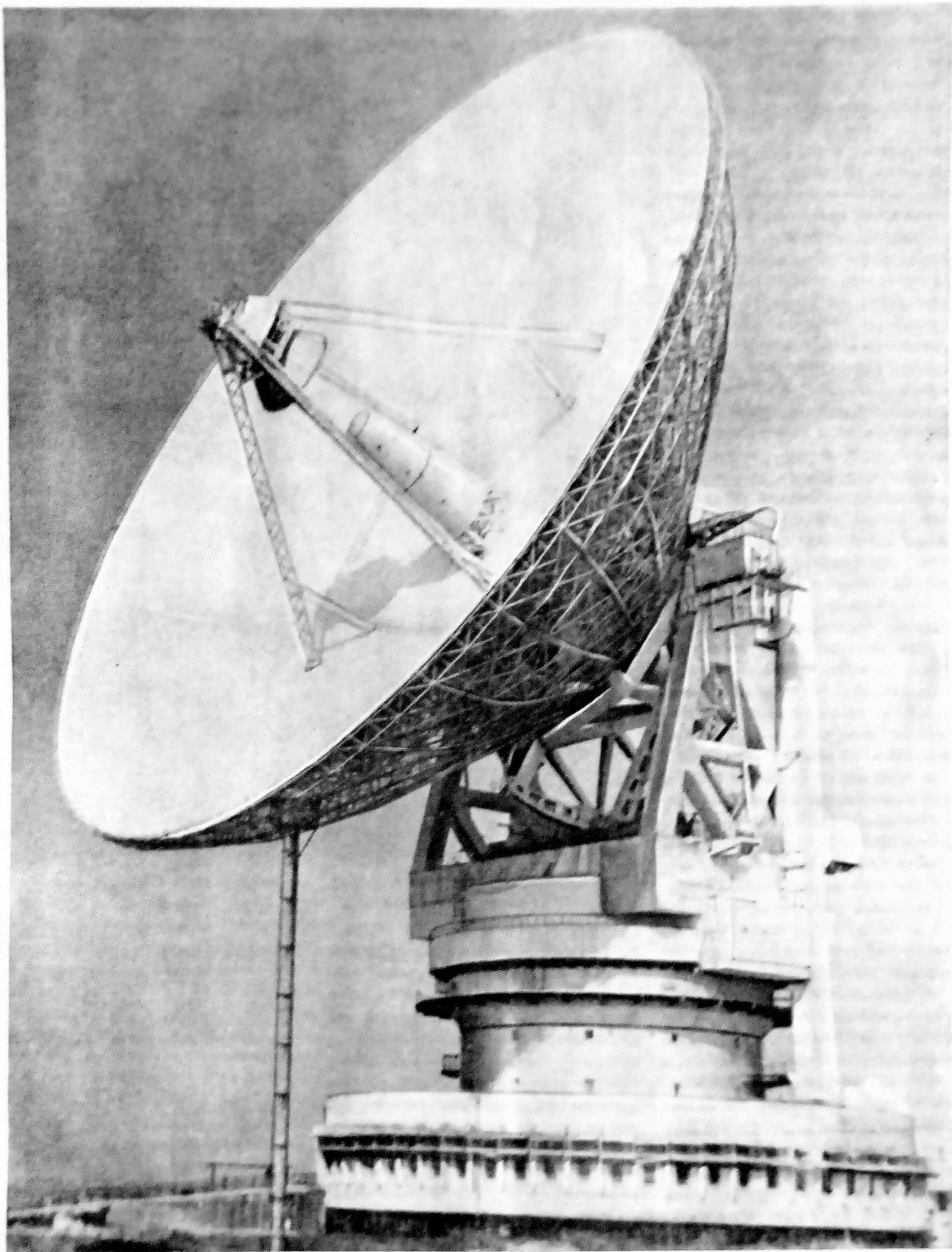
Потребности космонавтики стимулировали развитие радиолокационных исследований планет, поскольку успешные полеты к Марсу и Венере невозможны без точного знания расстояний и движений планет Солнечной системы.

Радиолокационные наблюдения планет основаны на тех физических принципах, что и обычная радиолокация самолетов и искусственных спутников. Правда, расстояния до планет больше «земных» в сотни тысяч раз. Например, планета Венера приближается к Земле только на 40 млн. км, максимальное ее удаление достигает 260 млн. км, поэтому посланные к ней радиоволны возвращаются на Землю через 4,5 и 29 минут соответственно.

*Антенна Центра дальней космической связи, использовавшаяся для радиолокации планет*







*70-метровая антенна  
планетного радиолокатора,  
вступившего в строй в 1980 году*

Трудности планетной радиолокации вызваны тем, что интенсивность эхосигнала падает пропорционально увеличению расстояния, возведенного в четвертую степень. Так, если расстояние возрастает в  $10^5$  раз, эхосигнал ослабевает в  $10^{20}$  раз!

Радиолокационной целью может быть либо вся поверхность планеты, когда исследуются ее глобальные свойства, либо отдельные районы, когда изучаются их локальные характеристики. Как же удастся на огромных расстояниях различить, или, по терминологии астрономов, разрешить, отдельные районы планеты радиолокационным методом?

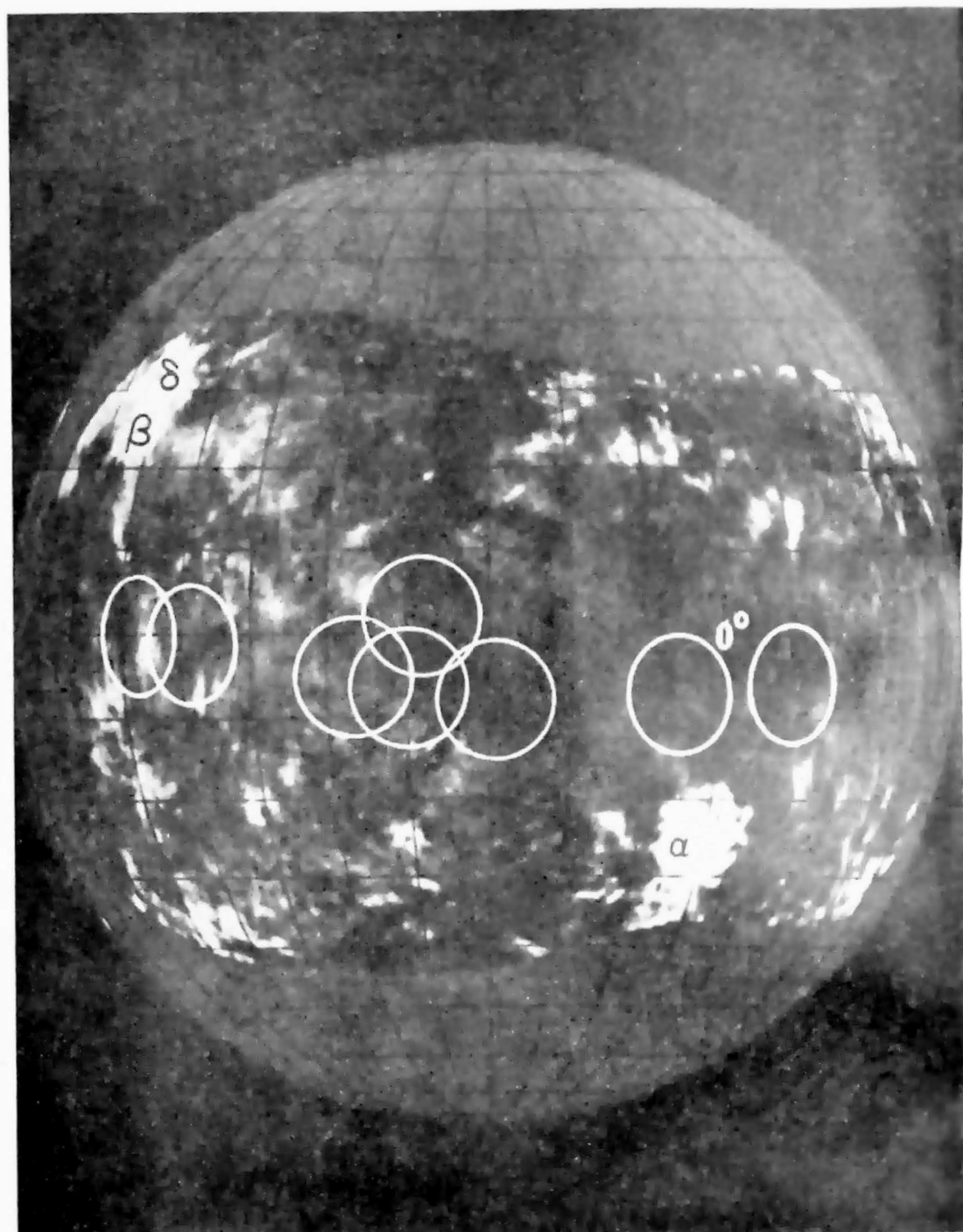
На шарообразной вращающейся планете различные участки отдалены на разные расстояния и имеют разную скорость движения относительно радиолокатора. Благодаря этому эхосигналы от них отличаются по запаздыванию и доплеровскому смещению частоты, и, следовательно, можно установить, от каких участков поверхности отразились сигналы. Измеряя их энергию, строят радиолокационную карту (радиолокационное изображение) поверхности. Получить подробную радиолокационную карту трудно, ибо, если уменьшается площадь разрешаемых областей, пропорционально уменьшается и энергия отраженных от них сигналов. Их способны уловить только радиолокаторы с высокой чувствительностью. Так, чтобы построить радиолокационную карту поверхности Венеры с разрешением  $10 \times 10$  км<sup>2</sup>, когда планета находится на минимальном от Земли расстоянии, требуется почти в 100 млн. раз более чувствительный радиолокатор, чем для наблюдения искусственных спутников Земли, удаленных на 1000 км.

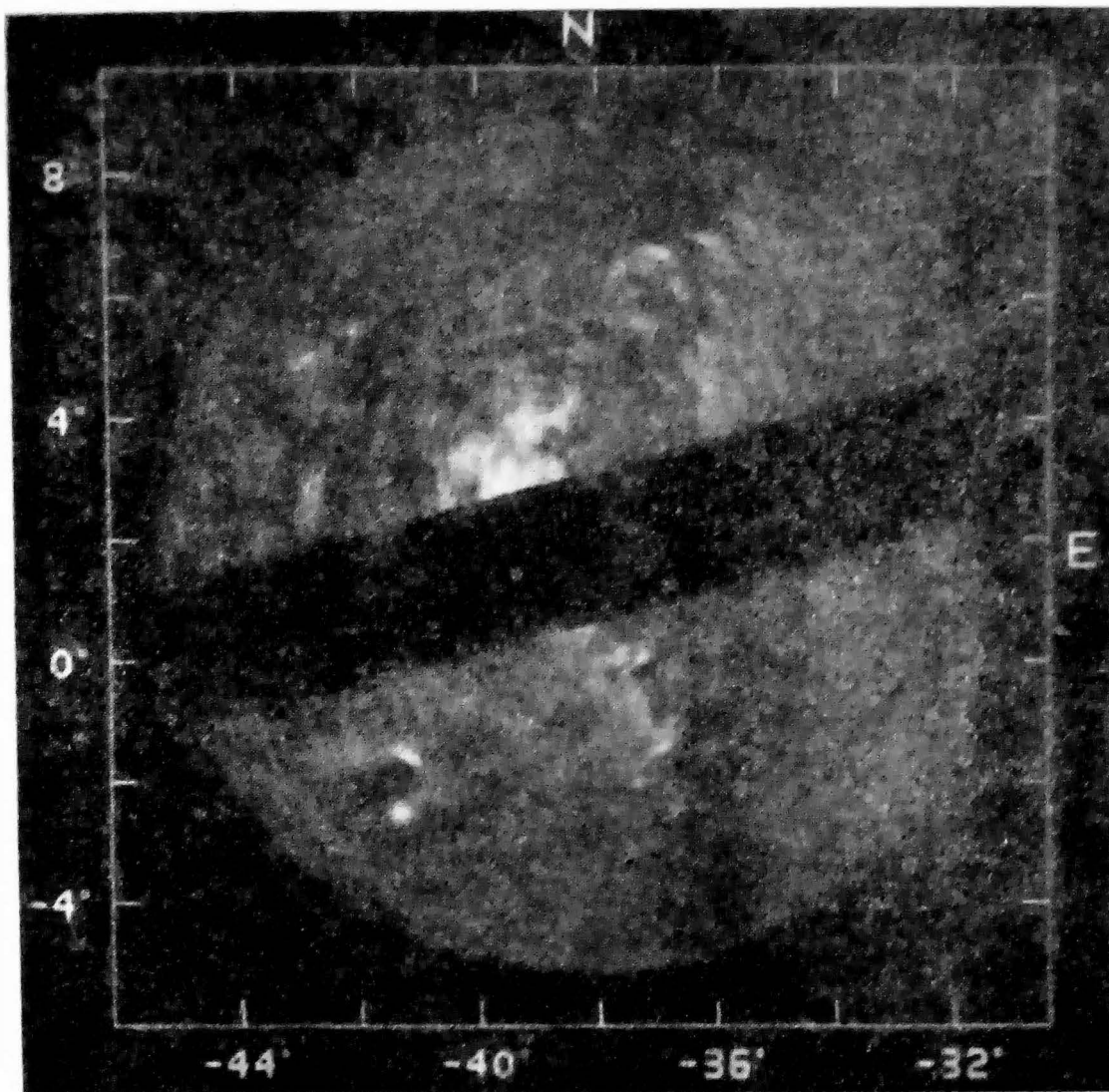
В современных планетных радиолокаторах используются передатчики непрерывного излучения мощностью до 400—500 кВт, большие антенны, диаметр зеркала которых составляет несколько десятков и даже сотен метров, высокочувствительные приемники с парамагнитными усилителями (мазерами), охлаждаемыми жидким гелием до 4 К ( $-269^\circ$  С). Чтобы выделить из шумовых помех приемника принимаемые от планет эхосигналы и извлечь приносимую ими информацию, сигна-

лы обрабатываются на быстродействующих универсальных и специализированных вычислительных машинах. Напомним, что чувствительность радиолокатора прямо пропорциональна квадрату площади «раскрыва антенны» (так называется проекция зеркала антенны на перпендикулярную его оси плоскость) и обратно пропорциональна квадрату длины волны. Следовательно, чувствительность планетных радиолокаторов тем выше, чем короче длина волны, поэтому они работают на сантиметровых и дециметровых волнах, которые свободно проходят через земную атмосферу.

Радиолокационное изображение поверхности Венеры, полученное в Голдстоуне (США) с разрешением  $50 \times 50$  км<sup>2</sup>. Греческими буквами  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  обозначены anomalно яркие области поверхности, светлыми кольцами окружены районы, которые исследовались с разрешением  $10 \times 10$  км<sup>2</sup>. Один из них показан на рисунке справа

В Советском Союзе радиолокационные исследования планет проводятся коллективом сотрудников Института радиотехники и электроники





АН СССР под руководством академика В. А. Котельникова. Первый планетный радиолокатор (рабочая длина волны 39 см) был создан в 1961 году на базе антенн и передатчика Центра дальней космической связи в Крыму. Радиолокатор непрерывно совершенствовался, и к 1971 году его чувствительность возросла в 70 раз. В 1980 году вступил в строй новый планетный радиолокатор, имеющий полноповоротную параболическую антенну с зеркалом диаметром 70 м (рабочая длина волны 39 см). Большая площадь антенны, мощный передатчик и высокая чувствительность приемника позволили повысить чувствительность радиолокатора еще в 50 раз и в 2,5 раза увеличить предельную дальность радиолокации планет.

Первая успешная радиолокация Венеры была выполнена в СССР, США и Англии в апреле 1961 года, когда планета находилась на минимальном расстоянии от Земли. Первые радиолокационные наблюдения Меркурия

и Марса проводились в СССР и США в 1962—1963 годах. С тех пор радиолокация планет осуществлялась регулярно почти при каждом их приближении к Земле. Сейчас радиолокационные наблюдения возможны на любом участке планетной орбиты, так как чувствительность современных радиолокаторов в несколько тысяч раз выше чувствительности радиолокаторов начала 60-х годов.

#### ПОВЕРХНОСТЬ ВЕНЕРЫ

Поверхность Венеры скрыта от земного наблюдателя облачным покровом, непрозрачным для видимых, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Попытки астрономов рассмотреть поверхность Венеры в самые мощные телескопы не приводили к успеху, поэтому не удавалось определить ни период, ни направление вращения планеты, неизвестным оставался и радиус ее твердой поверхности. Радиоволны дециметрового и примы-

кающей к нему части сантиметрового диапазонов свободно проходят через толщу венерианской атмосферы и позволяют «увидеть» поверхность планеты.

Еще 20 лет назад правдоподобной считалась гипотеза американских астрономов Д. Мензела и Ф. Уиппла об океане воды, покрывающем всю поверхность Венеры. Не отвергались также гипотезы Ф. Хойла об океане нефти и сплошной песчаной пустыне.

Лишь в 1961 и 1962 годах в результате радиолокационных наблюдений были составлены достоверные суждения о поверхности Венеры. Тогда впервые стало ясно, что поверхность планеты сложена твердыми породами, диэлектрическая проницаемость и плотность которых такие же, как у земных скальных пород. Этот вывод следовал из анализа коэффициента отражения радиоволн от поверхности планеты. На волнах 12,5, 39 и 68 см значения коэффициента отражения составляли 11—16%, причем его величина, усредненная на большой площади, слабо менялась ото дня ко дню. Например, в течение двух месяцев 1962 года советские радиоастрономы отмечали изменения коэффициента отражения всего лишь в пределах  $\pm 3\%$ , что свидетельствовало об однородной структуре поверхности и отсутствии на Венере океанов воды или нефти (коэффициент отражения воды около 100%, нефти около 3,5%). Измеренному коэффициенту отражения соответствовали диэлектрическая проницаемость 4—6, плотность грунта 2—3 г/см<sup>3</sup>.

Если в первых наблюдениях Венеры радиоастрономы интересовались интегральными характеристиками отражения радиоволн и глобальными свойствами поверхности, то в дальнейшем основное внимание они сосредоточили на выявлении отличительных особенностей различных участков поверхности. Области повышенного (аномального) отражения радиоволн зафиксировали в 1962 году, повторно их исследовали в 1964 году. Тогда же была введена венероцентрическая система координат, нулевой меридиан которой пересекает самую яркую  $\alpha$ -область (ее широта  $-30^\circ$ ). В этой системе удалось определить координаты

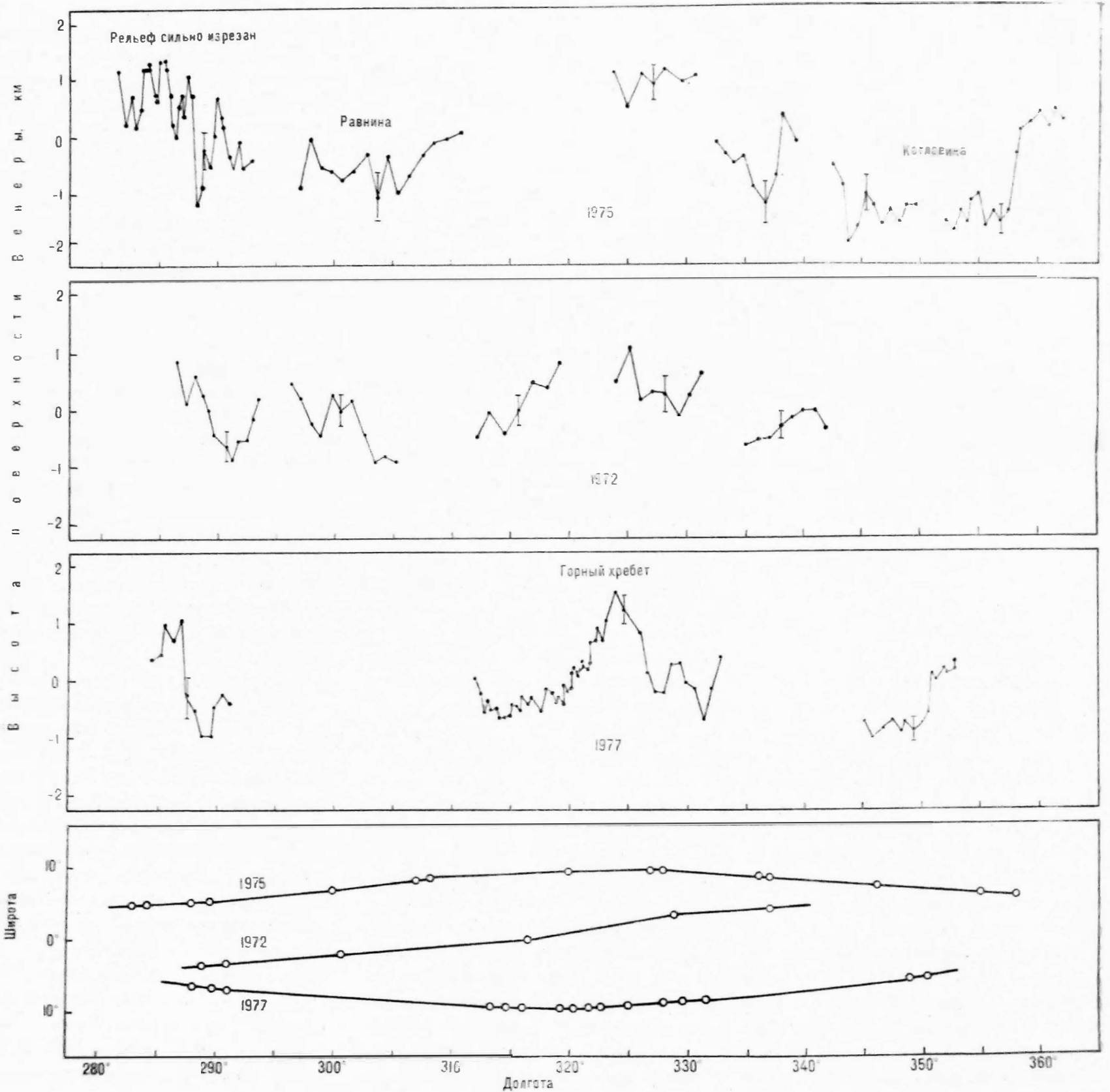


наты всех аномальных областей, в результате чего был создан каркас для построения радиолокационных карт. Первая, еще довольно грубая, карта отражательных свойств части поверхности Венеры с разрешением в сотни километров составлена в 1969 году в американской обсерватории Хайстек (диаметр антенны радиолокатора 36,6 м, рабочая длина волны 3,84 см). Более подробная карта с разреше-

нием  $50 \times 50 \text{ км}^2$  получена в 1969 и 1970 годах в Центре дальней космической связи в Голдстоуне (диаметр антенны радиолокатора 64 м, рабочая длина волны 12,5 см). Эти карты позволили выявить крупномасштабные материковые образования на Венере. Детальные исследования с разрешением  $10 \times 10 \text{ км}^2$  отдельных районов, имеющих поперечник около 1500 км, начались в Голдстоуне в 1972 году.

В одном из таких районов, центр которого находится на долготе  $320^\circ$  и широте  $+2^\circ$ , обнаружено более десяти кратеров диаметром от 35 до

*Профили высот поверхности Венеры, полученные в СССР в 1972, 1975 и 1977 годах. Внизу показаны трассы, вдоль которых измерялись высоты поверхности*

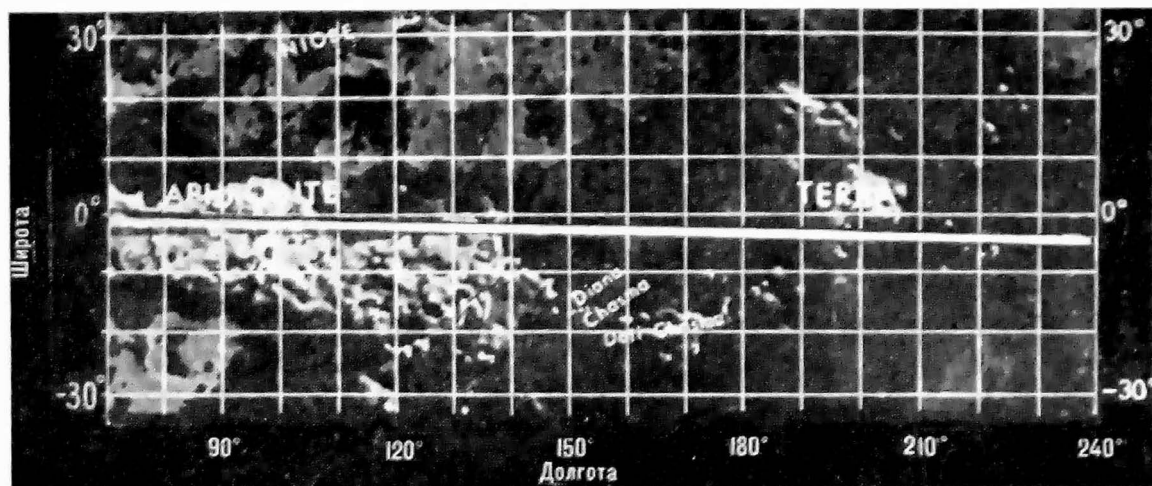
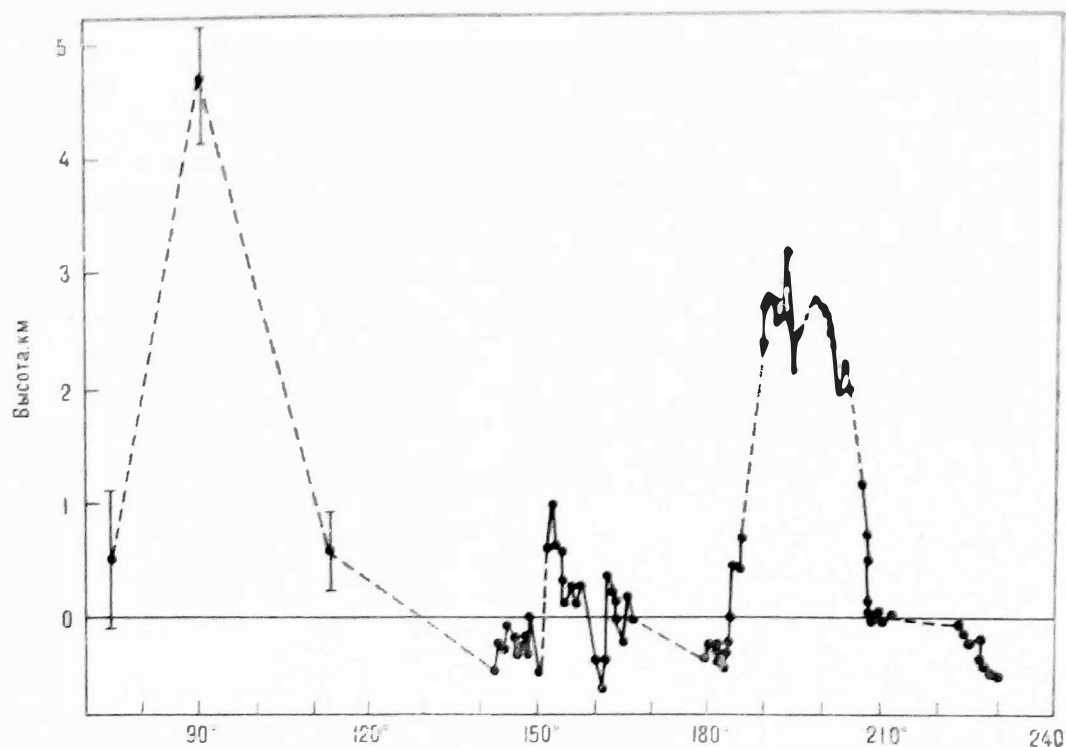


150 км. Работы по картографированию Венеры с разрешением в несколько километров проводятся сейчас в Аресибо (диаметр антенны радиолокатора 300 м, рабочие длины волн 70 и 12,5 см).

С Земли можно измерить высоты поверхности лишь в экваториальном поясе Венеры (широты  $\pm 10^\circ$ ). Профили высот поверхности в этом поясе, полученные в Хайстеке и Аресибо в 1967—1970 годах, определялись на протяжении восьми полных оборотов Венеры относительно Земли (средняя длительность одного оборота около 146 суток). Разрешение вдоль трасс составляло 200—400 км, высоты определялись с точностью 0,2—1 км. На долготах 80 и 190° американские радиоастрономы обнаружили две горные местности протяженностью 4000 и 2500 км, перепады высот на этих участках соответственно 4 и 3 км; на остальных долготах перепады высот не превышали 2 км.

Советские радиоастрономы исследовали рельеф Венеры в 1972, 1975 и 1977 годах. Профили высот измерялись в интервале долгот 280—360° на трассах длиной около 10 000 км, разрешение вдоль трасс было 40—200 км, точность определения высот 150—300 м. Одновременно с профилями высот были измерены наклоны поверхности и диэлектрическая проницаемость грунта. Каким же предстает рельеф Венеры по результатам этих измерений?

Перепады высот в исследованных районах поверхности не превышают 2 км. Встречаются области с сильно изрезанным профилем высот, когда на расстоянии всего 100—200 км высоты изменяются на 1—2 км, и обширные равнины протяженностью более 1000 км. Обнаружены горные хребты и впадины, длина которых больше 1000 км, а ширина несколько сотен километров. Одна из равнин (долгота 350°) напоминает гигантскую котловину, дно которой сложено менее плотным материалом, чем ее склон. Характеристики поверхности в разных местах весьма различны. Так, диэлектрическая проницаемость изменяется от 2,7, что соответствует сухому грунту песчаных пустынь на Земле, до 6,6 — величины, свойственной твердым скаль-



*Профиль высот поверхности Венеры, измеренный советскими радиоастрономами в 1980 году (вверху). На фрагменте карты Венеры, построенной в результате радиолокационных наблюдений с борта спутника «Пионер — Венера» (внизу), показана белой полосой трасса, вдоль которой измерялись высоты*

горным породам. Углы наклона поверхности заключены между 2,5 и 5°.

В 1980 году радиолокационные наблюдения Венеры проводились на радиолокаторе с 70-метровым зеркалом антенны. Трасса исследований проходила по горным местностям, обнаруженным американскими радиоастрономами. Максимальная высота в горной области, расположенной на долготе 80°, около 4 км, а в другом

горном районе на долготе 190° — 2,5 км. Разрешение вдоль трассы достигало 40 км.

В 1979—1980 годах с борта американского спутника Венеры «Пионер — Венера» проводились радиолокационные измерения высот на поверхности планеты. Небольшой диаметр антенны (38 см) и низкая мощность спутникового передатчика не позволили выполнить исследования с лучшим разрешением, чем во время наземных наблюдений. Высоты на поверхности измерялись через 100—150 км (точность 100—200 м). По результатам спутниковой радиолокации была построена топографическая карта 93% поверхности Венеры со средним разрешением около 150 км; неисследованными остались полярные районы планеты (см. статью Л. В. Ксанфомалити в этом номере).

## НАПРАВЛЕНИЕ И ПЕРИОД ВРАЩЕНИЯ

Уже в 1962 году советские и американские радиоастрономы независимо установили, что Венера, в отличие от других планет Солнечной системы, вращается в обратном направлении. Вращение ее оказалось очень медленным: один оборот планета делает за 200—300 земных суток. В то время точность определения периода была невысокой. Венеру облучали монохроматическим сигналом, эхо-сигнал от вращающейся планеты вследствие эффекта Доплера уже имел набор (спектр) частот. По ширине этого частотного спектра и оценивали период вращения планеты.

В дальнейшем период вращения Венеры измеряли, следя за движением аномально ярких при радиолокации областей ее поверхности. В спектре частот отраженных радиоволн эти области проявляются в виде характерных деталей с повышенной спектральной плотностью. В совместных советско-английских наблюдениях Венеры в 1966 году сигнал к планете посылали в Крыму, а эхо-сигнал принимали в Джодрелл Бенк (диаметр антенны радиолокатора 76 м). Во время этих наблюдений было получено значение периода вращения планеты  $243,9 \pm 0,4$  земных суток. Наиболее точно период вращения Венеры удалось измерить при отождествлении спектральных деталей от аномальных областей в разных нижних соединениях. По наблюдениям в Аресибо в 1964, 1967 и 1969 годах, период вращения равен  $243,0 \pm 0,1$  суток, по наблюдениям в Голдстоуне в 1962, 1964, 1966 и 1967 годах —  $242,98 \pm 0,04$  суток.

В 1972, 1975 и 1977 годах советские радиоастрономы определяли моменты прохождения через центр диска Венеры меридианов двух аномальных областей, координаты которых были известны с 1964 года. Совместная обработка этих измерений дала значение периода  $243,04 \pm 0,03$  суток.

Период вращения Венеры оказался несколько меньше синхронного значения 243,16 суток, при котором планета в каждом нижнем соединении была бы повернута к Земле точно одной и той же стороной. В промежут-

ках между соединениями, которые наступают через 583,91686 земных суток, Венера делает четыре оборота относительно земного наблюдателя. За это время Земля, сидерический период вращения которой 365,256 суток, совершит  $583,91686 : 365,256 = 1,59865$  оборота по орбите вокруг Солнца (в прямом направлении). Чтобы Венера в каждом нижнем соединении была повернута к Земле одной и той же стороной, она должна сделать за 583,91686 суток  $4 - 1,59865 = 2,40135$  оборота в обратном направлении. Отсюда для синхронного периода вращения получаем:  $583,91686 : 2,40135 = 243,16$  суток. Продолжительность солнечных суток на Венере равна 117 земным суткам. Ось вращения планеты почти перпендикулярна плоскости ее орбиты — отклонение оси от перпендикуляра не превышает  $5^\circ$ .

## АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА И РАДИУС ВЕНЕРЫ

Основной результат радиолокационных наблюдений Венеры, имеющий первостепенное значение для космонавтики, — уточнение астрономической единицы длины (среднее расстояние от Земли до Солнца), которая служит мерой расстояния в Солнечной системе. До радиолокационных измерений наиболее достоверным считалось значение астрономической единицы  $149\,527\,000 \pm 10\,000$  км, полученное американским ученым Е. Рабе в 1950 году после обработки наблюдений малой планеты Эрос в 1926—1945 годах. С ним согласовывалось значение  $149\,545\,000 \pm 20\,000$  км, вычисленное в 1960 году по измерениям радиальной скорости автоматической станции «Пионер-5». Но, как показали радиолокационные наблюдения, эти значения на  $50\,000$ — $70\,000$  км меньше истинной величины. Такая ошибка в определении масштаба Солнечной системы могла бы привести к тому, что космический аппарат, запущенный к Марсу, прошел бы от планеты на расстоянии примерно 15 ее радиусов, а космический аппарат, стартовавший к Венере, — в стороне от нее на расстоянии трех радиусов планеты.

Классическая теория движения планет, построенная на основе длительных

оптических наблюдений, позволяет вычислять межпланетные расстояния с точностью  $10^{-5}$ — $10^{-6}$  а. е. С такой же точностью, опираясь на эту теорию, можно определить и величину астрономической единицы, например, в километрах. Для этого необходимо измерить расстояние до планеты в километрах, затем результат измерения разделить на расчетное значение этого же расстояния, выраженное в астрономических единицах. В классической астрономии расстояние до планет оценивается косвенными методами — по оптическим угломерным измерениям, точность которых невысока. Радиолокационный же метод определения расстояния до планеты основан на измерении времени, в течение которого радиоволны распространяются до планеты и обратно. Поскольку их скорость хорошо известна, то и расстояния определяют с большой точностью.

В сеансе радиолокационного наблюдения планеты излучается зондирующий сигнал, длительность которого равна времени распространения радиоволн до планеты и обратно, в течение такого же времени ведется и прием эхо-сигнала. За день осуществляют несколько таких сеансов. В каждом сеансе радиолокации Венеры, выполнявшемся в СССР в 1961 году, расстояние определяли с ошибкой  $\pm 1000$  км. За прошедшие 20 лет точность измерения улучшилась в 3000 раз — в 70-х годах ошибки измерений расстояния до Венеры за один сеанс не превышали 300 м.

В первых же радиолокационных наблюдениях Венеры в 1961 году точность определения астрономической единицы улучшили примерно в 50 раз. Ее значения, полученные в разных странах (причем радиолокация проводилась на разных длинах волн), хорошо согласовывались между собой, что свидетельствовало о высокой достоверности измерений. Чтобы повысить точность определения астрономической единицы, потребовалось уточнить орбиты Венеры и Земли, а также радиус Венеры. Напомним, что радиолокационным способом измеряется расстояние до ближайших к Земле участков поверхности планеты, а теория описывает движение

центра массы планеты. Радиус Венеры астрономы оценивали по уровню верхней кромки облачного слоя ( $6120 \pm 8$  км), высота же этого слоя над поверхностью оставалась неизвестной.

Совместная обработка радиолокационных измерений, выполнявшихся в СССР в 1962 и 1964 годах, позволила найти поправки к элементам орбит Венеры и Земли, что привело к дальнейшему уточнению астрономической единицы и радиуса Венеры (см. таблицу). В 1967 году американские радиоастрономы осуществили совместную обработку радиолокационных измерений, которые проводились в США и СССР в 1962—1967 годах, и оптических наблюдений, выполненных в США в 1950—1966 годах. Они уточнили значение астрономической единицы, параметры орбит Венеры и Земли, радиус Венеры. Наиболее точные значения астрономической единицы и радиуса Венеры получены в СССР в 1976 и 1980 годах на основе более совершенной теории движения Венеры и Земли.

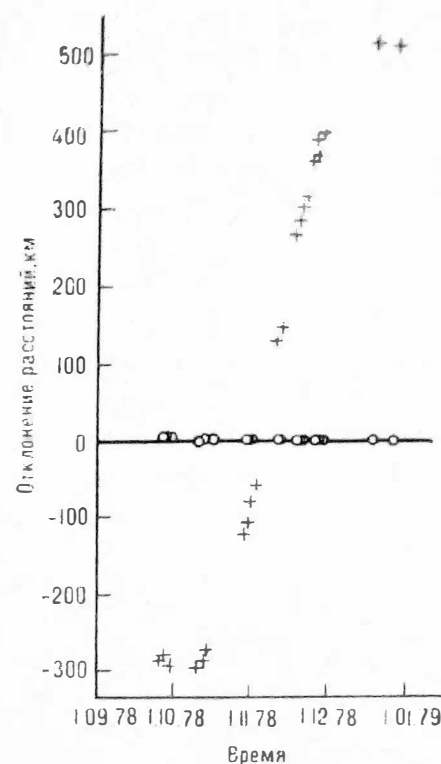
#### НОВАЯ ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ВНУТРЕННИХ ПЛАНЕТ

Классическая теория движения Венеры и Земли, которая используется сейчас для вычисления их координат в астрономических ежегодниках, построена американским астрономом С. Ньюкомом еще в 1895 году. В ее основу был положен обширный материал оптических наблюдений планет и Солнца за 143 года (с 1750 по 1892

год). В XX веке астрономы провели новые измерения положений планет и обнаружили некоторые расхождения с теорией. Американские ученые Р. Данком и Г. Клеменс, обработав новые данные, внесли в теорию Ньюкома небольшие поправки, не меняя ее существа. Однако уже после первых радиолокационных наблюдений Венеры выяснилось, что измеренные расстояния до Венеры отличаются от предсказанных теорией (если взять уточненное значение астрономической единицы) на  $\pm 600$  км.

Если бы ученые с такой погрешностью знали положения Венеры и Земли, то было бы довольно сложно выполнить заключительные этапы полета межпланетных станций, например посадку спускаемых аппаратов в заданные районы поверхности Венеры. Поэтому при каждом полете межпланетной станции к Венере приходилось наряду с радиотехническими измерениями траектории полета станции вести также радиолокационные наблюдения планеты, чтобы уточнить ее положение.

Вопрос о построении новой теории движения Венеры и Земли на основе радиолокационных данных возник сразу же, как только была уточнена астрономическая единица. Но для решения этой задачи требовалось накопить радиолокационную информацию на интервале, охватывающем значительное число периодов обращения Венеры по орбите. В 1976—1977 годах в СССР была создана новая теория движения Венеры и Земли. При ее по-



Отклонения измеренных в 1978 году в СССР расстояний до Венеры от их значений, предсказанных численной теорией движения планет (кружки) и теорией Ньюкома (крестики). Теория Ньюкома расходится с наблюдениями на  $\pm 500$  км

строении использовались значения расстояний до Венеры, полученные в ходе ее радиолокации в 1962—1975 годах советскими и американскими радиоастрономами, а также значения угловых координат Венеры и Солнца, измеренные в США и СССР в 1960—1975 годах.

Точность прогноза расстояний до Венеры по новой теории была проверена при радиолокации Венеры в 1977, 1978 и 1980 годах. На трехмесячных интервалах наблюдений отклонения измеренных расстояний от предсказанных новой теорией не превышали нескольких километров и в значительной мере были обусловлены влиянием рельефа поверхности планеты. Отклонения же измеренных расстояний от предсказанных классической теорией Ньюкома достигли  $\pm 500$  км. Таким образом, экспериментальная проверка показала, что новая теория движения планет примерно в 100 раз точнее классической. Сейчас взаимное положение Венеры и Земли прогнозируется с точностью до нескольких километров, которая

#### АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ЕДИНИЦА И РАДИУС ВЕНЕРЫ ПО РАДИОЛОКАЦИОННЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ

Годы наблюдений	Астрономическая единица, км	Радиус Венеры, км
1961	$149\,599\,300 \pm 1000$	—
1962	$149\,597\,900 \pm 250$	$6020 \pm 50$
1964	$149\,598\,000 \pm 130$	—
1962—1964	$149\,597\,886 \pm 80$	$6046 \pm 15$
1962—1967	$149\,597\,892,3 \pm 1,5$	$6050 \pm 0,3$
1962—1975	$149\,597\,888,9 \pm 0,7$	$6052,3 \pm 0,3$
1962—1980	$149\,597\,889,0 \pm 0,3$	$6050,1 \pm 0,1$

Примечание. Астрономическая единица вычислялась при значении скорости света  $299\,792,5$  км/с. Если использовать уточненное значение скорости света  $299\,792\,458 \pm 1,2$  м/с, то астрономическая единица, например, в последнем определении будет равна  $149\,597\,868 \pm 0,7$  км.



достаточна для практических задач космонавтики на ближайшее будущее.

Чем объяснить столь поразительный прогресс, достигнутый за довольно короткое время? Во-первых, радиолокационные наблюдения добавили к двум угловым координатам оптической астрономии третью — расстояние до планеты. Во-вторых, радиолокационный метод дает беспрецедентно высокую точность измерений, которая в сотни раз превышает точность определения линейных координат планет по угломерным оптическим наблюдениям. В-третьих, современные быстродействующие вычислительные машины с большим объемом памяти позволяют решать уравнения, описывающие движения планет, быстро и точно. При создании же классической теории движения планет в конце XIX и начале XX века астрономы из-за ограниченных возможностей вычислительных средств того времени вынуждены были прибегать к изощренным приближенным методам. Именно поэтому классическая теория движения не только Венеры, но и Марса и Меркурия также не удовлетворяла требованиям космонавтики.

Радиолокационные наблюдения Марса, Венеры и Меркурия, выполненные в СССР в 1980 году, дали дополнительные сведения об их движении на значительных участках орбит. На их основе была построена единая релятивистская теория движения внутренних планет, которая позволила рассчитать движение Меркурия, Венеры, Земли и Марса на ближайшее десятилетие. В конце 1980 года таблицы, содержащие координаты внутренних планет на период 1982—1985 годы, изданы как дополнение к Астрономическому ежегоднику СССР. По новой теории положения Марса, Венеры и Меркурия относительно Земли предсказываются с точностью 10—15 км.

Полученные при радиолокации расстояния до планет хорошо согласуются с их значениями, предсказанными релятивистской теорией движения планет. Достигнутое соответствие экспериментальных данных расчетным значениям можно рассматривать как дополнительное подтверждение общей теории относительности.

Доктор физико-математических наук  
Л. В. КСАНФОМАЛИТИ

## Поверхность Венеры



**На карте Венеры «белые пятна» остались лишь вблизи полюсов. Особенности ее рельефа указывают на существенные различия в геологической истории Венеры и Земли — двух соседних планет, имеющих почти одинаковые массы и плотности.**

### РЕЛЬЕФ ВЕНЕРЫ

В октябре 1975 года удалось, наконец, увидеть вечно скрытую слоем облаков и плотной атмосферой поверхность Венеры. Две панорамы, переданные советскими автоматическими станциями «Венера-9» и «Венера-10», и сегодня остаются единственными прямыми изображениями поверхности этой планеты (Земля и Вселенная, 1976, № 3, с. 3—15.— Ред.).

Рельеф Венеры на протяжении двадцати лет изучался только методом наземной радиолокации (см. статью Г. М. Петрова в этом номере). И вот недавно сделан новый шаг в познании Венеры. Радиолокатор, установленный на борту искусственного спутника Венеры космического аппарата «Пионер—Венера», исследовал рельеф планеты (исключая полярные районы). На радиолокационных изображениях различались детали поперечником около 100 км, а в экваториальных районах — около 30 км. Составлены несколько фрагментов и вариантов карты и глобус Венеры.

На Венере, как и на Земле, есть горы, равнины, низменности. По аналогии с Землей, венерианские горные районы можно называть материками.

Горные районы занимают 8% поверхности планеты, самые обширные из них — Земля Иштар, Земля Афродиты и область Бета.

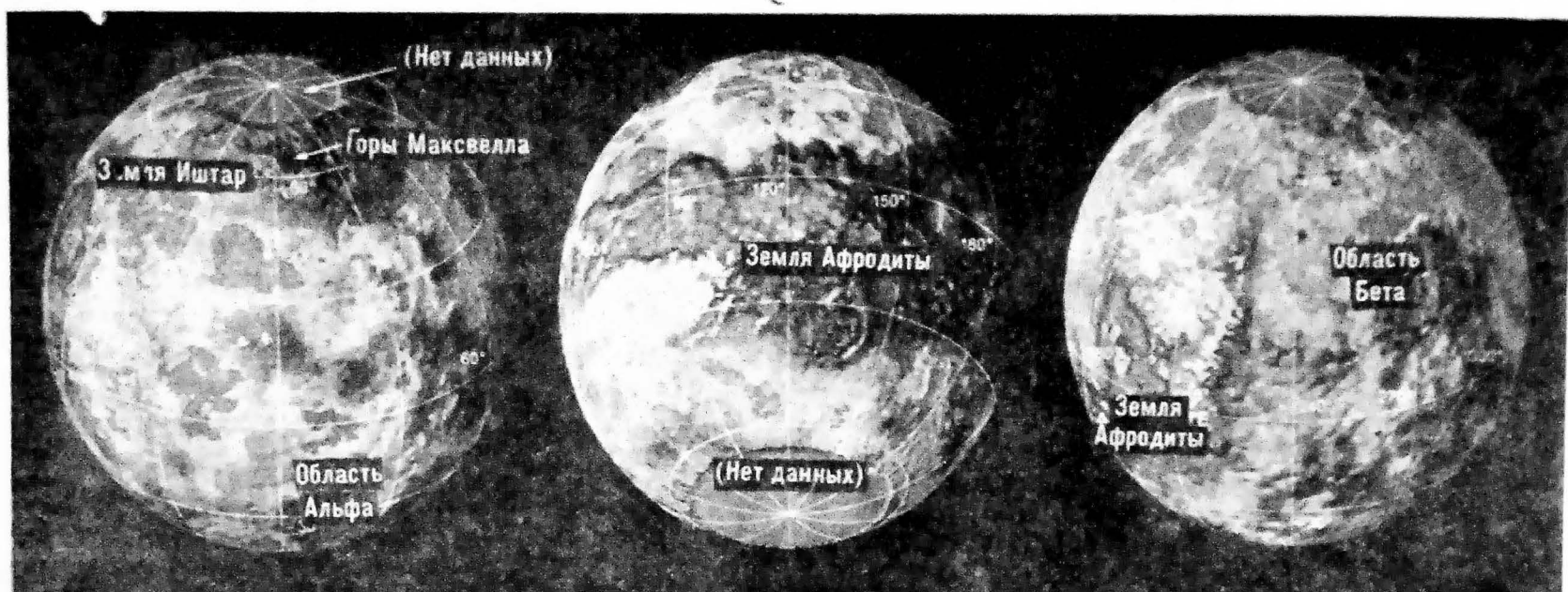
Около 27% поверхности Венеры — низменности. Они концентрируются в двух пересекающихся поясах, очертания которых напоминают букву «X». Один дугообразный пояс, протянувшийся почти на 8000 км, окаймляет область Бету. Другой обширный низменный район на Венере назван Атлантидой. Это — море лунного типа диаметром 2500 км. Оно на 2 км ниже окружающей местности.

Остальная часть поверхности Венеры — волнистые равнины. В северо-восточной части Земли Афродиты, южнее низменности Атлантида встречаются многочисленные горные цепи высотой 1,5—2 км, отстоящие друг от друга примерно на 1000 км.

Поверхность Венеры расположена в основном на уровне радиуса 6051,5 км, поверхность Земли — на уровне радиусов 6371,5 км и 6366 км. Лишь отчасти такое различие объясняется «тяжестью» земных океанов, которые вызывают незначительное понижение океанического дна.

На Венере, как и на Земле, обнаружены следы тектонической деятельности. У юго-восточной оконечности Земли Афродиты найдена большая рифтовая система (Каньон Артемиды) с двойным горным хребтом, напоминающим земные срединно-океанические хребты. Другая долина на Венере имеет такой же профиль и очертания, как Восточно-Африканский рифт на Земле (Земля и Вселенная, 1974, № 5, с. 28—33.— Ред.). О тектонической активности Венеры свидетельствует «молодость» некоторых деталей





Фрагменты глобуса Венеры, составленного по данным радиолокации с борта спутника «Пионер — Венера» (Sky and Telescope, 1980, 60, 3)

ее рельефа. Например, склоны обширного Северного плато в Земле Иштар, возвышающегося на 3—5 км над окружающей местностью, напоминают склоны молодых земных гор, усыпанные раздробленным материалом. Наиболее крупные тектонические сооружения на поверхности Венеры сходны с земными щитовыми вулканами.

Интересно, что на равнинах Венеры не найдено аналогов линейных срединно-океанических хребтов, а на периферии материков не обнаружено зон субдукции — мест, где литосферные плиты сближаются, наползают друг на друга и одна из плит погружается в мантию (Земля и Вселенная, 1974, № 5, с. 20—27.— Ред.). В целом, на Венере линейные элементы (крупные линейные зоны тектонических нарушений) не объединяются в заметную глобальную систему. По-видимому, тектоническая деятельность на Венере менее активная, чем на Земле.

Руководитель отделения астрогеологии Геологической службы США доктор Г. Мазурский считает, что большая часть коры Венеры — очень древняя. Возможно, кора Венеры отличается стабильностью, в то время как Земля потеряла свою древнюю

кору в процессе ее переработки. Г. Мазурский полагает, что «на Венере развита древняя кора, большие вулканические сооружения, тектонически активные зоны. По своей геологической истории Венера и Земля не менее различны, чем их атмосферы».

#### ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ ЛАНДШАФТА

Первые образования на поверхности Венеры, которые стали известны ученым, — области Альфа и Бета. **Область Альфа** — плато размером более 1000 км и высотой до 2,5 км с довольно значительным понижением в центре. Через центр этой области был проведен нулевой меридиан. Сейчас его положение уточнено: меридиан «привязан» к небольшому кратеру.

К юго-западу от области Альфа, в точке с координатами 55° ю. ш. и 320° в. д., находится кратер диаметром 300 и глубиной около 1 км. Наиболее вероятно, что он имеет ударную природу. Кратеру присвоено имя Лизе Майтнер — известного австрийского физика, работавшей в области радиоактивности.

К северо-востоку от области Альфа расположена **возвышенность Сапфо** (координаты центра: 15° с. ш., 15° в. д.) поперечником около 300 км. По-видимому, эта возвышенность вулканического происхождения.

Предполагается, что примерно половина всех кольцевых структур на Венере — вулканические горы. Много-

численные яркие в радиолучах кольцевые образования, иногда с выделяющимся пятном в центре, расположены в **Земле Афродиты**. Глубина этих кратеров невелика, всего сотни метров. Южную окраину Земли Афродиты перерезает **Каньон Артемиды**, диаметр которого около 2600 км (координаты центра 35° ю. ш., 135° в. д.). Его двойной вал сильно разрушен, в центре наблюдается яркое в радиолучах пятно. Мнения о природе Каньона Артемиды самые разные. Одни считают его огромным кратером-фантомом, другие полагают, что Каньон Артемиды — аналог земных островных дуг (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 30—33.— Ред.). В восточной части Земли Афродиты лежит глубокая протяженная долина, обнаруженная несколько лет назад во время наземной радиолокации планеты.

Самый высокий горный массив на Венере — **горы Максвелла** (координаты: 63° с. ш., 5° в. д.). Они на 8 км выше окружающего плато, названного Землей Иштар, и на 12—13 км выше самых глубоких низин на Венере. Размеры горного массива Максвелла вдвое превышают размеры земного Тибета. По радиолокационным данным, крутизна склонов гор Максвелла составляет в среднем 6°. На вершине самой крупной горы находится 100-километровая кальдера, окруженная линиями кольцевых разломов. Горы Максвелла, по всей вероятности, имеют вулканическое происхождение.

Материк **Земля Иштар** по размерам

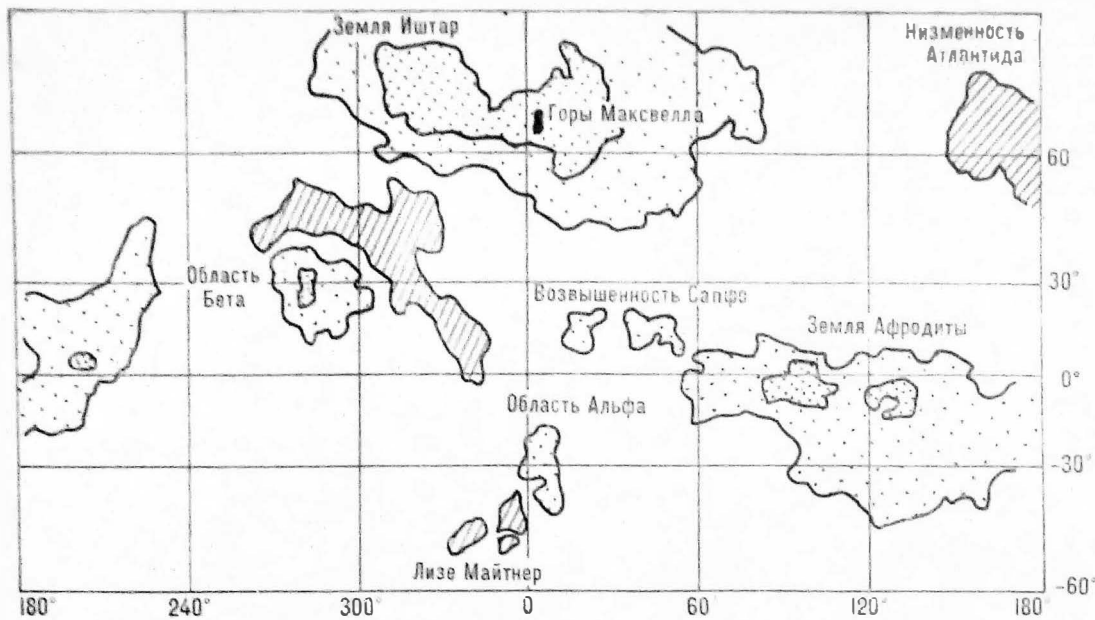


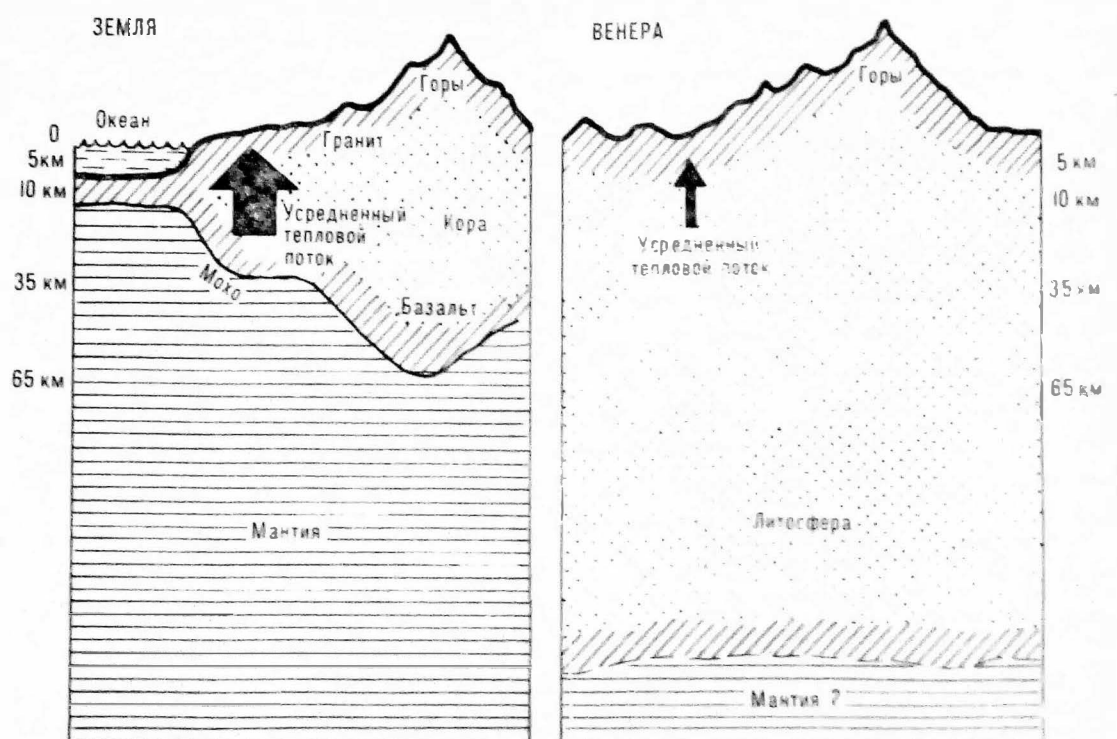
Схема рельефа Венеры

близок к Австралии. На карте радиоальbedo поверхность Северного плато состоит из множества крупных неоднородных зерен, причем перепад высот здесь не превышает 1 км. Своеобразны радиоотражательные свойства вала, окаймляющего плато: такое отражение дают каменные обломки размером от 10 см и больше. Подобная каменная осыпь видна на панораме, переданной «Венерой-9». С юга и юго-востока от Земли Иштар расположены вытянутые уступы. Какие тектонические процессы привели к сооружению огромного плато и обширного горного массива на нем, пока не известно.

**Область Бета** (координаты центра 30° с. ш., 283° в. д.) на подробных радиолокационных картах выглядит как яркое пятно с расходящимися от него многочисленными лучами. Предполагается, что эта область подобна земным щитовым вулканам с застывшими лавовыми потоками. В центре изображения видна большая кальдера. Область Бета, поперечник которой около 800 км, делится на две части. Северная получила название Рея, южная — Фея. Высота всего района составляет 4—5 км над подножием. На восточном склоне области Бета опускались станции «Венера-9» и «Венера-10». И хотя радиолокация дает для этого района умеренные оценки крутизны склонов, панорамы «Венеры-9» свидетельствуют о довольно крутом откосе, до 30°.

Вулканическое происхождение области Бета подтверждается еще и тем, что над этим районом зарегистрированы возмущения гравитационного поля, достигающие 60 мгал. На Земле подобные аномалии гравитационного поля встречаются над молодыми (но не обязательно действующими) вулканами.

Севернее кратера Лизе Майтнер расположены две протяженные низменности поперечником около 700 км. Их радиоальbedo почти такое же, как у зеркально-гладкой поверхности. Поверхность низменностей заметно отличается от окружающего рельефа. Она гладкая, во всяком случае в масштабе радиоволн.



## ПОЧЕМУ «НЕ ТОНУТ» ГОРНЫЕ МАССИВЫ?

Специалистам, вероятно, понадобится немало времени, чтобы разобраться в том, «что есть что» на Венере. Существование на ее поверхности высоких гор еще недавно казалось сомнительным. В самом деле, материал, из которого сложена кора Венеры, по составу близок к базальтоидам. Об этом свидетельствуют измерения, выполненные на поверхности планеты аппаратами серии «Венера», и анализ рельефа: предполагается, что участки коры планеты, не имеющие метеоритных кратеров, сложены сравнительно молодыми базальтоидами. Исходя из принципа изостазии (Земля и Вселенная, 1970, № 3, с. 26—31.— Ред.), высокие горы, имеющие корни из материала малой плотности, например базальта, должны плавать на более тяжелой мантии. Но температура поверхности Венеры близка к температуре земной коры на глубине примерно 15 км. Если в недрах Венеры градиент температуры такой же, как в земных, то на глубине, где рас-

Схема строения коры Земли (слева) и предполагаемое строение коры Венеры (справа). Таким может быть строение коры Венеры, если тепловой поток в ее литосфере мал

положены корни горных массивов Венеры, базальт должен размягчаться. Казалось бы, высокие горы за непродолжительное время должны «утопнуть» в литосфере планеты. Но этого не происходит. Чем объяснить такое чудо?

Можно высказать предположение, которое достаточно просто объясняет прочность литосферы Венеры, а также ограниченность тектонических движений на планете. Допустим, что материал литосферы, нагрузка на него, его теплопроводность и температура известны. Как сделать, чтобы кора выдержала давление горных массивов? С инженерной точки зрения решение очевидно: необходимо увеличить толщину свода литосферы, иными словами, сдвинуть «вниз» уровень, где размягчается кора. А ведь для этого неизбежно потребуется уменьшить градиент температуры в литосфере, что в свою очередь повлечет уменьшение (причем значительное) потока тепла из недр. Тогда твердая литосфера окажется очень толстой, температура вглубь будет нарастать медленно, а горы будут прочно стоять на поверхности, как дом на скальном грунте. Более того, если на Венере поток тепла из глубин существенно меньше, чем на Земле ( $1,5 \text{ мккал/см}^2 \cdot \text{с}$ ), конвекция в мантии должна быть слабой, а ее тектонические проявления ограниченными.

У предложенной гипотезы есть трудности. Прежде всего над горами Венеры нет заметных гравитационных аномалий. Это, по-видимому, противоречит предположению о толстой и твердой литосфере. Но, может быть, компенсация происходит за очень длительное время? Скажем, более древний массив Максвелла уже скомпенсирован, а область Бета еще нет.

Теперь о тепловом потоке, проходящем через литосферу планеты. Значительная часть того тепла, что сегодня идет сквозь литосферу Земли, возникла на ранней стадии ее истории. Распространение теплового потока из недр к поверхности — процесс очень медленный, сравнимый с возрастом самой планеты. Проходя через литосферу, тепловой поток создает градиент температуры, определяемый теплопроводностью литосферы. Малый градиент температуры в литосфере Венеры должен означать, что она почему-то или растеряла свои запасы тепла на ранней стадии, или их было у нее заметно меньше, чем у Земли. Другой источник теплового потока — распад радиоактивных элементов, рассеянных в литосфере, главным образом урана, тория и калия-40. Измерения, выполненные аппаратами серии «Венера», показали, что эти элементы содержатся в коре Венеры. Впрочем, некоторые специалисты считают, что на планете может быть мало калия-40,



и тогда поток от радиоактивного распада и в самом деле окажется мал. В этом случае у Венеры должна быть толстая кора и слабая тектоническая деятельность.

Интересно отметить: один из ведущих советских специалистов по внутреннему строению планет доктор физико-математических наук В. Н. Жарков считает кору Венеры толстой именно потому, что на планете слабы тектонические процессы.

Таким образом, вопросов много. Как сохранились на планете древняя кора и высокие горы, есть ли действующие вулканы? И похоже, что ответы на эти вопросы не лежат на поверхности — и в прямом, и в переносном смысле.



## АТМОСФЕРА ПЛУТОНА

В мае 1980 года у Плутона была обнаружена «тонкая» метановая атмосфера. Наблюдения, которые привели к этому открытию, проводи-

лись близ Туссона (США) с помощью 1,5-метрового телескопа Аризонского университета. В спектре планеты удалось выявить полосы, приписанные газообразному метану.

Плутон, как известно, очень мал (Земля и Вселенная, 1981, № 3, с. 27.— *Ред.*). По массе он в 6 раз меньше нашей Луны и не в состоянии, конечно, удерживать свою атмосферу. Очевидно, она формируется в результате непрерывного испарения ледяного метана (из которого, как предполагают, состоит весь Плутон) под действием солнечной радиации. Не исключено, что атмосфера Плутона — временная и суще-

ствует лишь, пока планета движется по внутренней части своей эксцентричной орбиты, проникающей внутрь орбиты Нептуна. Сейчас Плутон находится на пути к перигелию, который пройдет в 1989 году. В районе же афелия атмосфера должна исчезать из-за сильного уменьшения потока солнечного тепла. Ведь расстояния Плутона от Солнца в перигелии и афелии относятся как 1:1,68, следовательно, приток тепла от Солнца в перигелии в 2,8 раза больше, чем в афелии.

*Astronomy*, 1981, 9, 1.



## ГЛОБУСЫ ЛУНЫ

20 лет назад вышел первый в мире глобус Луны. На этой модели нашего естественного спутника практически без искажений переданы в масштабе 1 : 13 600 000 размеры и очертания деталей 80% лунной поверхности. Глобус был составлен Центральным научно-исследовательским институтом геодезии, аэрофотосъемки и картографии совместно с Государственным астрономическим институтом имени П. К. Штернберга (ГАИШ) по самым первым снимкам обратной стороны Луны, которые передала автоматическая межпланетная станция «Луна-3». На глобус нанесли первые 18 названий, присвоенные деталям рельефа обратной стороны Луны, — кратеры Джордано Бруно, Складовская-Кюри, Ломоносов, Циолковский, Море Москвы и др. Лунный глобус переиздавался в Англии, ГДР, США, ФРГ.

После того, как «Зонд-3» сфотографировал восточную часть обратной стороны Луны, вышел в 1967 году новый глобус, отображавший 95% лунной поверхности. Этот глобус (масштаб 1 : 10 000 000), как и «Полную карту Луны» (масштаб 1 : 5 000 000), составили сотрудники ГАИШа и Топогеодезической службы СССР (Земля и Вселенная, 1968, № 1, с. 63—66. — *Ред.*). Более двустам кратерам на обратной стороне Луны были даны имена известных ученых.



Например, кратер диаметром 400 км назвали в честь Главного конструктора ракетно-космических систем академика С. П. Королева. Подставка для глобуса имела вид пятиугольника, символизирующего выпел, который доставила на Луну автоматическая станция «Луна-2».

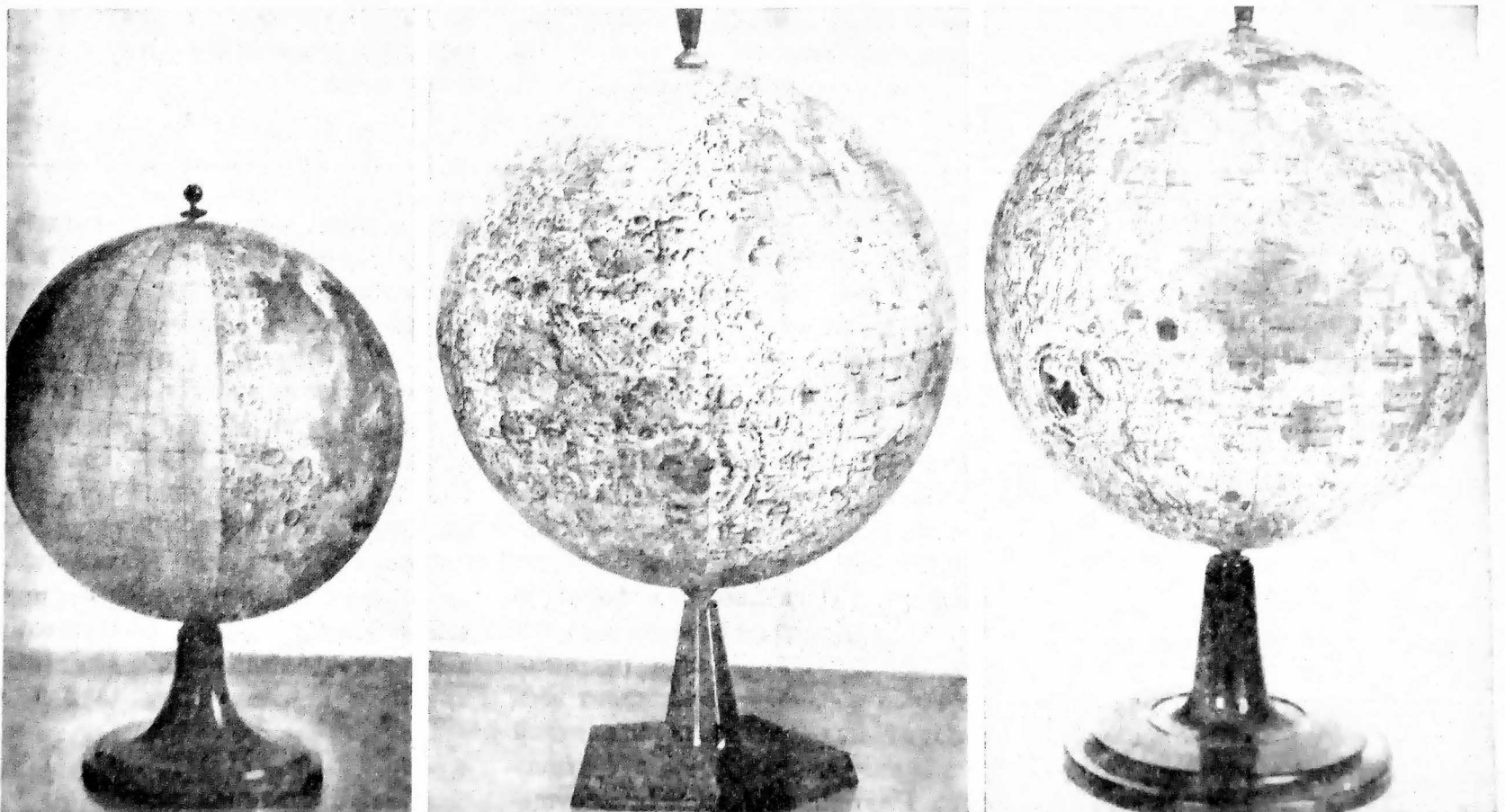
С каждым новым успехом в исследовании и фотографировании Луны улучшалось изображение поверхности на последующих изданиях глобуса. Так, на лунном глобусе, вышедшем в 1969 году, «белое пятно» занимало всего 0,5% поверхности вблизи Южного полюса. Большим тиражом этот глобус был переиздан в Японии для международной выставки ЭКСПО-70.

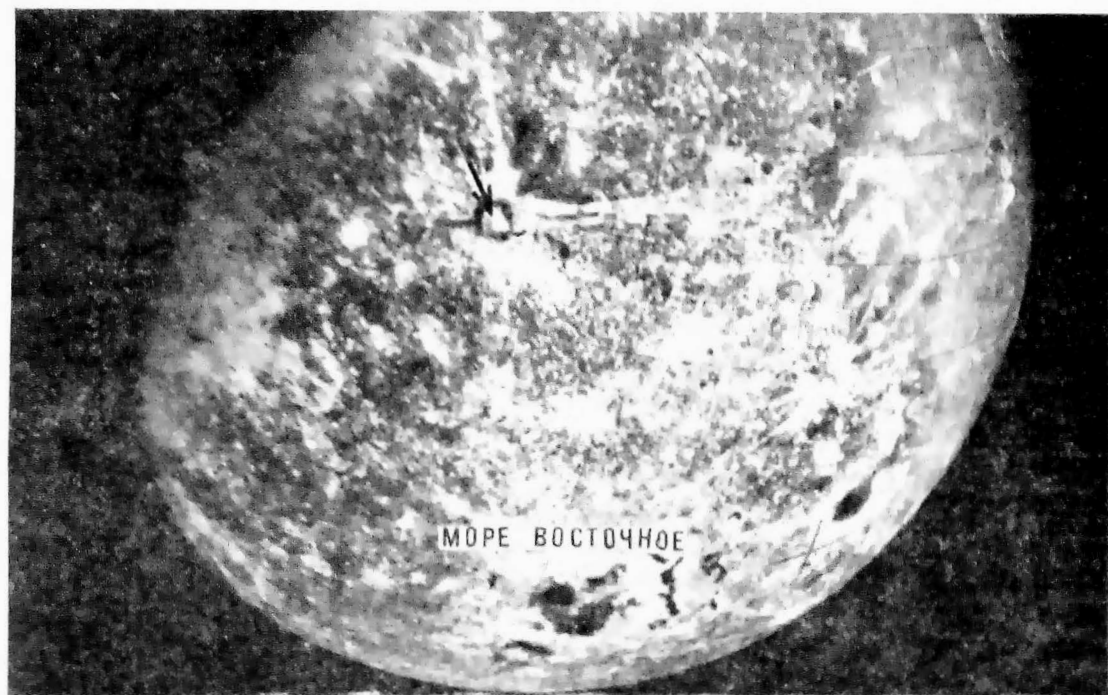
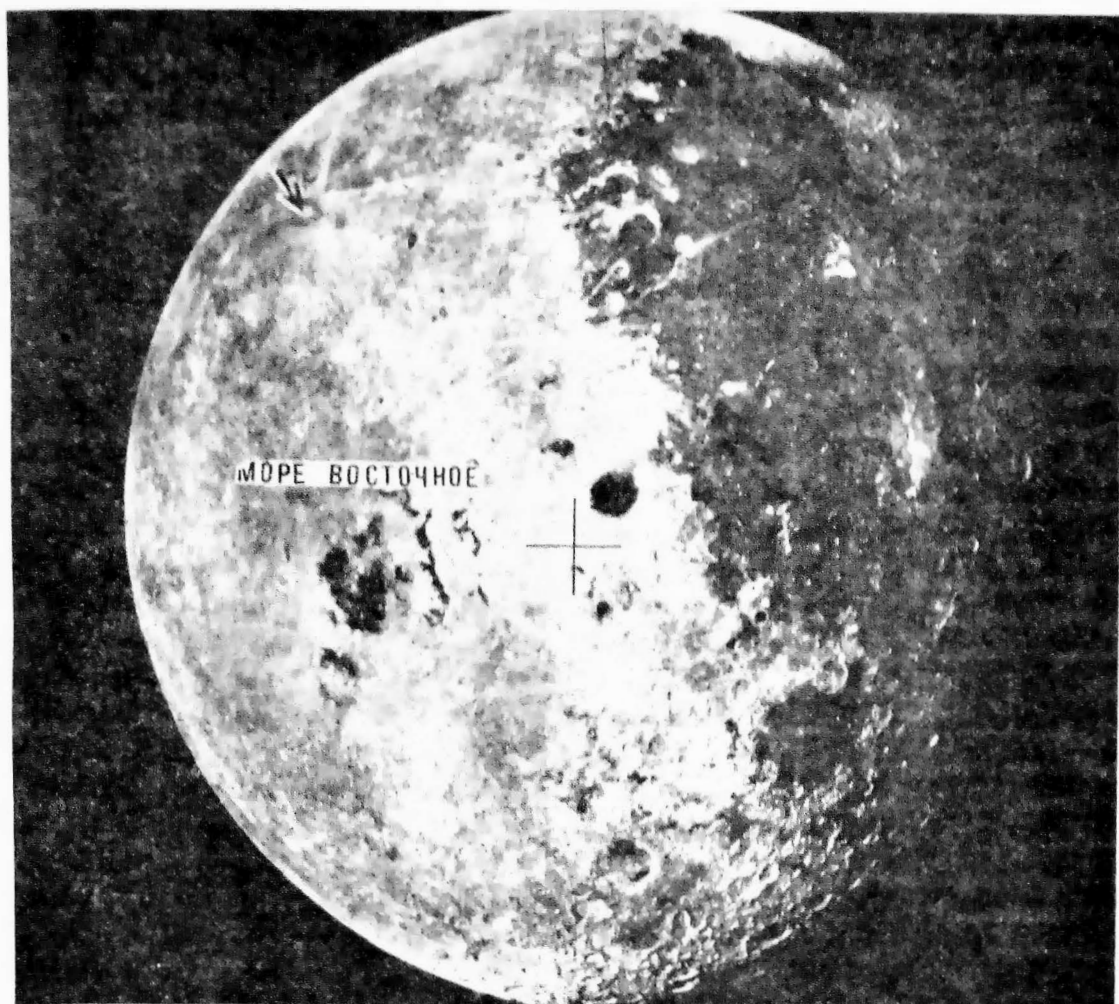
Снимки Луны, полученные станциями «Зонд-6» и «Зонд-8», а также экипажами космических кораблей «Аполлон», новые каталоги коорди-

нат опорных точек на Луне потребовали усовершенствования глобуса и «Полной карты Луны». Снимки Луны, экспонированные в космическом полете и проявленные на Земле, обладали хорошим качеством, и по ним можно было проводить измерения с высокой точностью. Охватывая значительные области видимого и обратного полушарий Луны, снимки, которые доставляли автоматические станции серии «Зонд» и экипажи «Аполлонов», дополняли друг друга. Обработав их, сотрудники ГАИШа уточнили координаты опорных точек на обратной стороне Луны.

Для глобуса, вышедшего в 1979 году, заново составлялись карты сегментов обратной стороны и либрационных областей Луны. К этому времени уже была готова новая «Полная карта Луны» (Земля и Вселенная, 1979, № 1, с. 30—33. — *Ред.*). Сотрудники ГАИШа предложили оригинальную методику трансформирования этой карты в глобусную проекцию. С помощью картографического проектора негативы участков карты, ограниченных меридианами и параллелями, которые проводились через 10°, проектировали на сферический экран, также разделенный

*Глобусы Луны, вышедшие (слева направо) в 1961, 1967 и 1979 годах*





Снимок Луны, полученный в 1970 году «Зондом-8» (вверху). Для изучения деталей рельефа, расположенных на краю этого снимка, — лучевой системы кратера Ом (отмечен стрелкой) и района Южного полюса (нижняя часть снимка) — его проектировали на сферический экран и переснимали с двух разных точек (нижние снимки)

сеткой параллелей и меридианов. Оптическое изображение каждой 10-градусной трапеции «Полной карты Луны» совмещали с соответствующей трапецией на сфере и фотографировали. Полученные фотозображения 10-градусных трапеций монтировали в 30-градусные глобусные сегменты — с них-то и были сделаны оригиналы нового глобуса.

Рельеф лунной поверхности воссоздавали на основе дешифрирования оригинальных снимков, полученных в разных условиях освещения. Благодаря этому удалось показать детали рельефа, заметные лишь при малом угле падения (например, борозды, цепочки), и детали, которые видны в полуполуно, когда солнечные лучи падают отвесно (лучевые системы кратеров). Чтобы облегчить дешифрирование деталей рельефа, запечатленных на краях снимков, сотрудники ГАИША «выправляли» оригинальные снимки, проектируя их на сферический экран. С него изображения переснимались фотокамерой из точек, удобных для изучения тех или иных деталей рельефа.

На глобусе показаны более 10 000 кратеров, моря, озера и болота, горные хребты и долины. Рельеф на глобусе (масштаб 1 : 10 000 000) с большим мастерством воспроизведен художником-картографом В. В. Соколовым. Научное руководство всеми работами осуществлял профессор Ю. И. Липский. Карты сегментов глобусов печатались в московской типографии ГОЗНАК и на фабрике имени В. В. Дугаева. Основной тираж глобусов поступает в средние школы нашей страны, где они используются как наглядное пособие на уроках астрономии.

Кандидат физико-математических наук  
**Ж. Ф. РОДИОНОВА**  
 Кандидат физико-математических наук  
**В. И. ЧИКМАЧЕВ**





Б. А. ПОКРОВСКИЙ

## В космосе — «Космосы»

**16 марта 1982 года исполняется двадцать лет со дня запуска первого искусственного спутника Земли серии «Космос». К 12 августа 1981 года запущено 1295 спутников этой серии.**

### «ЗЕМЛЯ» И «КОСМОСЫ»

К моменту запуска первого спутника серии «Космос» наземные службы («Земля», как их иногда называют) приобрели немалый опыт. Они уже обеспечили успешное управление полетом шестнадцати космических аппаратов — от первых в мире искусственных спутников Земли до автоматических межпланетных станций и пилотируемых кораблей. Тем не менее новая долгосрочная программа изучения верхних слоев атмосферы, околоземного космического пространства, солнечно-земных связей и отработки космической техники на орбите требовала повысить уровень технической оснащенности командно-измерительного комплекса, совершенствования методов и средств управления полетом и передачи информации. Ведь до полетов спутников серии «Космос» командно-измерительный комплекс одновременно управлял полетом одного-двух космических аппаратов. На борт подавалось не более 15—20 радиокоманд, со спутников принимали сравнительно небольшой объем информации. Результаты измерений орбиты передавали в координационно-вычислительный центр по телеграфу. Необходимую для управления полетом

телеметрическую информацию обрабатывали вручную непосредственно на станциях слежения и по телеграфу отправляли в Центр. Срочные данные сообщали по телефону и «громкоговорящей» связи. Пленки с записями всего объема информации доставляли в Москву самолетами, а в ненастье — на поездах и автомобилях, «эстафетой», как остряки местные шутники. Но уже вскоре существующее положение дел перестало удовлетворять.

Поэтому к началу 1962 года были созданы и смонтированы новые командно-измерительные системы. Их надежность и точность специалисты проверяли особенно тщательно. На самолете «Ил-14», оборудованном радиоаппаратурой, аналогичной той, которая потом устанавливалась на «Космосах», инженеры-испытатели произвели «облеты» станций слежения. И уже запуски первых десятков, а затем и сотен «Космосов» блестяще подтвердили научную обоснованность технических решений, заложенных в новые командно-измерительные системы, методики их применения, подтвердили и перспективу дальнейшего их использования. Системы, созданные более двадцати лет назад, после некоторых модернизаций служат «Космосам» верой и правдой и поныне. Это позволило уменьшить расходы на космические исследования, а значит, повысить их эффективность.

Существенному снижению затрат способствовали также разработка и организация серийного производства двухступенчатой ракеты-носителя «Космос», с помощью которой запущены многие сотни спутников.

Экономически выгодной стала так-

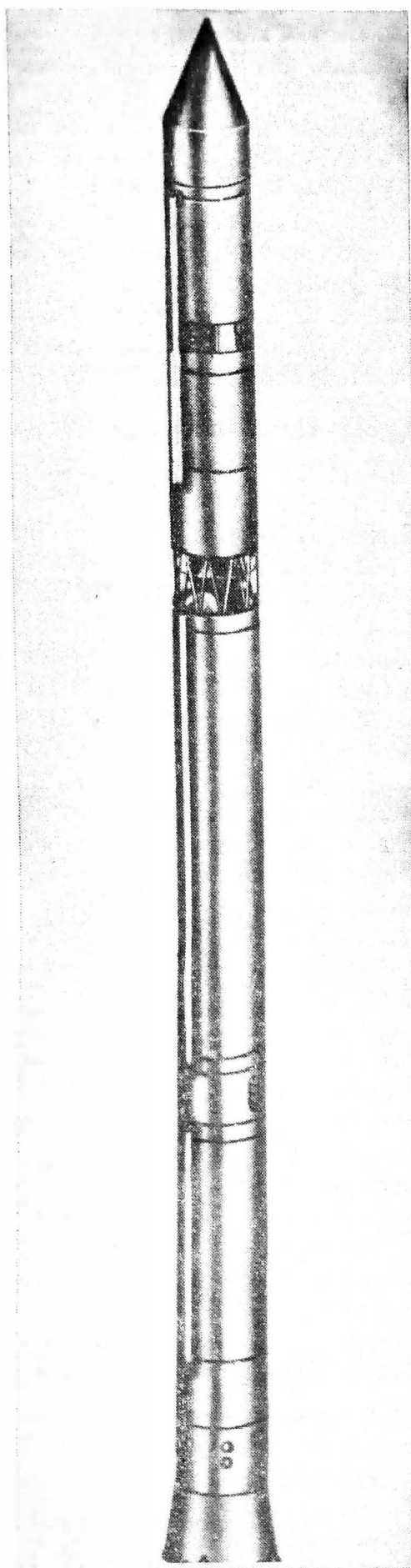
же унификация узлов и бортовых систем спутников, так как сохранялась приемственность многих основных элементов конструкции. Главным образом унификация коснулась корпуса аппарата. Корпус состоит из трех узлов, которые представляют собой автономные отсеки. В первом размещается научная аппаратура, во втором — служебные системы, в третьем — источники питания. При необходимости научную аппаратуру можно установить и на корпусе спутника.

Длительность полета и характер исследований определяют выбор системы питания — химические или солнечные батареи.

Спутники серии «Космос» первой модификации (с химическими источниками энергии) служат для изучения состава и плотности верхних слоев атмосферы. Солнечные батареи в этом случае нежелательны, ибо подобные исследования нужно проводить в «чистой» среде. А в космосе под воздействием вакуума и радиации разрушается поверхностный слой солнечных батарей, и мельчайшие частицы, а также выделяющиеся из конструкционных материалов молекулы газов «загрязняют» атмосферу (хотя, конечно, это локальное и очень незначительное загрязнение).

Спутники «Космос» второй модификации предназначены для длительных научных исследований. В этом случае химические источники энергии заменяются солнечными батареями.

Третья модификация спутников серии «Космос» служит для изучения процессов, происходящих на Солнце. Спутник оснащается системами ориентации (на Солнце) и стабилизации.



*Многие спутники серии «Космос» выводились на орбиту двухступенчатой ракетой-носителем «Космос»*

Геофизические приборы требуют ориентации на определенные участки земной поверхности. Необходима ориентация на Землю и при исследовании радиационного режима атмосферы. В этих случаях используют **четвертую модификацию** спутников «Космос» с аэрогироскопической системой ориентации.

Когда же по условиям экспериментов требуется возвратить на Землю биологические объекты, научные материалы, приборы, образцы проб, используют «шасси», оборудованные спускаемым аппаратом (или капсулой), тормозной двигательной установкой, парашютной системой. Большинство спутников серии «Космос» запускают отдельной ракетой-носителем. Но в ряде случаев одной ракетой выводили на орбиты и по два «Космоса», и по три, и по пять, и даже по восемь спутников сразу. Например, «Космос-1100, -1101», «Космос-71, -72, -73, -74, -75», «Космос-1287, -1288, -1289, -1290, -1291, -1292, -1293, -1294». Неодинакова и продолжительность работы этих аппаратов на околоземных орбитах: «Космосу-27» для выполнения программы полета потребовались лишь одни сутки, а «Космос-1267» летает вокруг нашей планеты и активно работает около года. Различны и наклонения плоскости орбит «Космосов» к плоскости земного экватора — от 48 до 82°, а также и высота орбит — от 200 км до нескольких десятков тысяч километров.

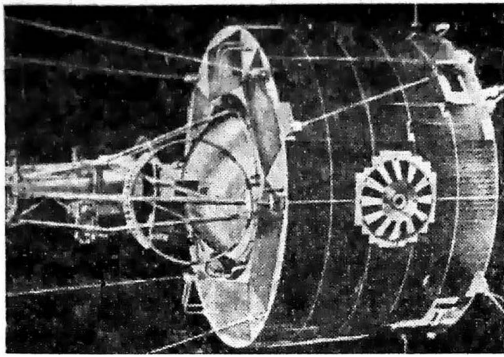
В зависимости от целей запуска информация о работе бортовой аппаратуры и о результатах научных исследований и технических экспериментов может передаваться на Землю как по программам, заложенным в бортовую автоматику, так и по командам Центра управления полетом. Разумеется, прием информации ведется, когда спутники проходят в зонах радиовидимости наземных пунктов командно-измерительного комплекса. Если же ученым требуется получить сведения от «Космоса», пролетающего над районами СССР, где нет стационарных средств слежения, то в эти места направляются самолетные измерительные пункты. Они могут выполнять свои обязанности и на аэродроме, и в воздухе. В необходимых случаях,

предусмотренных программой полета, на связь с «Космосами» выходят и экспедиционные суда АН СССР. Если, например, требуется посадить на Землю спускаемый аппарат (скажем, в «Космосе-782»), суда контролируют прохождение и выполнение команд посадочного цикла (ориентация, время включения и выключения тормозной двигательной установки, разделение). Когда в экспериментах участвовали ученые других стран, информацию с «Космосов» принимали наземные станции и за рубежом.

Пролетая над районами планеты, где нет средств слежения стран-участниц, спутники записывают показания научной аппаратуры в электронную память и передают их на Землю только тогда, когда вновь появляются в зоне радиовидимости «своих» измерительных пунктов. В зависимости от программы полета одни спутники начинают передачу данных по командам бортовых программно-временных устройств, другие — по запросам с Земли. Стационарные и подвижные измерительные средства командно-измерительного комплекса поддерживают связь по множеству каналов с десятками спутников. Принимая от спутников радиосигналы, измерительные пункты переправляют их транзитом в координационно-вычислительные центры по «профилю работы» спутника. Там радиосигналы с помощью быстродействующих универсальных и специализированных ЭВМ превращаются в понятные ученым и специалистам цифры, буквы, кривые, фототелевизионные изображения. Интерпретируя эти сведения, ученые получили данные, имеющие огромное научное значение и уже принесшие людям немалую практическую пользу. Вспомним некоторые основные направления и результаты исследований и экспериментов, выполненных за два десятилетия на спутниках «Космос».

#### ИОНОСФЕРА И МАГНИТОСФЕРА

Ионосфера постоянно подвержена изменениям. Одни из них — суточные, сезонные — происходят регулярно, другие — периодически. Например, из-за сильных вспышек на Солнце.



*«Космос-381», на котором проводились комплексные исследования атмосферы*

Связисты, видимо, еще не забыли, как 2 сентября 1967 года из-за сильнейшей солнечной вспышки в течение двух часов почти полностью нарушилась наземная радиосвязь. Для того чтобы правильно выбирать радиочастоты, обеспечивающие надежную связь на Земле и в космосе, нужно хорошо изучить «повадки» своенравной ионосферы (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 42—46.— Ред.). Решению этой важной научно-практической задачи способствовали ионозонды (один из них — «Космос-381»). Сезонные вариации в ионосфере исследовались с помощью спутников, запущенных в разное время года: «Космос-261» — зимой, а «Космос-348» — летом.

Спутники серии «Космос» изучали характеристики магнитосферы и процессы, вызывающие полярные сияния. По программе международных исследований магнитосферы в течение

1976—1979 годов проводились эксперименты с помощью спутников «Космос» и сети наземных станций.

Некоторые спутники, выведенные на полярные орбиты, должны были вести наблюдения за магнитосферно-ионосферными взаимодействиями. С помощью аппаратуры, установленной на спутнике «Космос-900», измерялись характеристики холодной ионосферной плазмы, потоков электронов и протонов, полярных сияний и радиационных поясов. Уже первые исследования показали тесную связь радиационных поясов Земли с магнитными бурями, полярными сияниями, солнечной активностью.

Знание радиационной обстановки в околоземном пространстве представляет интерес с точки зрения обеспечения безопасности полетов человека в космос. Так, измерения, выполненные «Космосом-7», позволили выбрать радиационно безопасные орбиты для «Востока-3» и «Востока-4», на которых А. Г. Николаев и П. Р. Попович совершили первый в истории групповой полет. «Космосы-4, -5 и 17» зарегистрировали дополнительную радиацию, возникшую от ядерного взрыва, осуществленного американцами по программе «Морская звезда». Лишь через семь лет «Космосы-261, -262» отметили полное исчезновение

*Физико-химические параметры верхней атмосферы Земли изучались на спутнике «Космос-108»*

последствий этого взрыва. Серьезную опасность для космонавтов представляет корпускулярная радиация. Поглощающие экраны в качестве защиты мало применимы, поскольку чересчур велика их масса. Поэтому изучение поведения нашего светила и прогнозирование безопасности пилотируемых космических полетов приобрели важное практическое значение. С этой целью в солнечный дозор направлялись «Космос-166, -230».

## КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

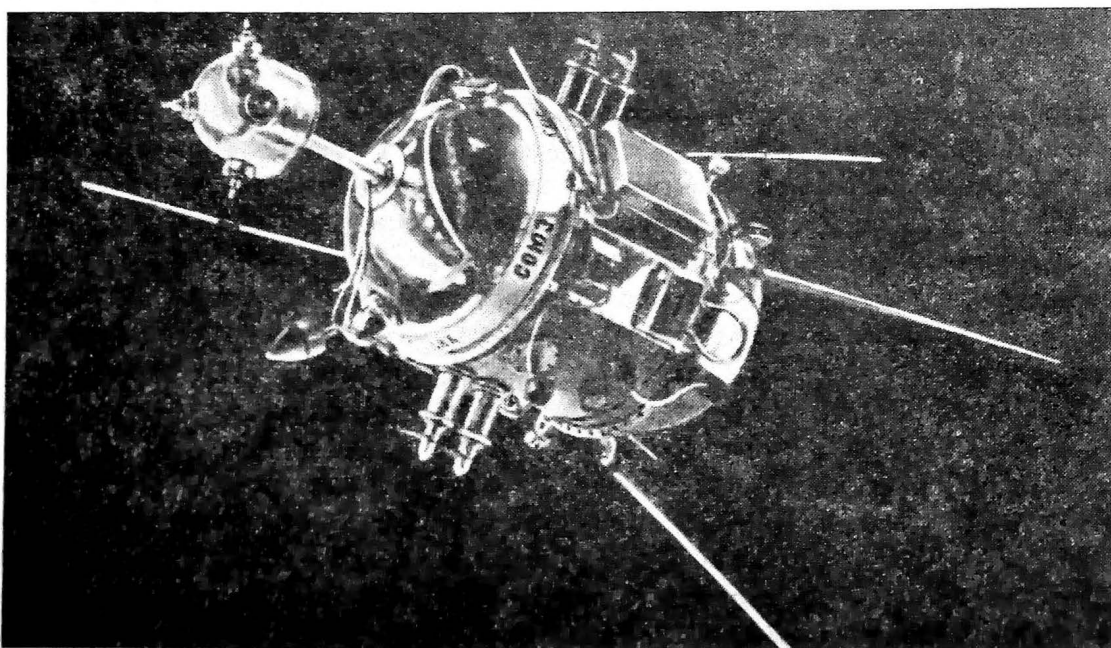
Ускорение космических лучей происходит в межпланетной среде, а также в магнитосферах Земли, Юпитера и, возможно, других планет. Поэтому информация о космических лучах поможет глубже понять различные нестационарные процессы, протекающие как вне, так и внутри Солнечной системы. В космосе имеются частицы таких огромных энергий, которые не могут быть получены на Земле с помощью самых мощных ускорителей.

Изучение космических лучей имеет и большое практическое значение: они влияют на распространение радиоволн и на биосферу Земли. Поток космических лучей опасен для космонавтов.

Многое помогли узнать о космических лучах спутники серии «Космос». Основное внимание в экспериментах уделялось исследованию модуляции галактических космических лучей (они проникают в Солнечную систему извне) солнечным ветром, измерению энергетического спектра, зарядового состава и других характеристик. Спутники «Космос-225, -410, -443, -477, -555» изучили состав космических лучей на уровне 200—300 км от поверхности Земли.

## ВНЕАТМОСФЕРНАЯ АСТРОНОМИЯ

Эта область космических исследований включает измерения во всем диапазоне электромагнитного спектра — радио-, инфракрасную, субмиллиметровую, оптическую, ультрафиолетовую, рентгеновскую и гамма-астрономию. Необходимость выносить приборы за пределы атмосферы про-





диктована тем, что большинство астрономических объектов основную часть энергии излучает в виде электромагнитных волн, недоступных для наблюдения даже с самых высоких горных вершин из-за сильного поглощения этого излучения земной атмосферой (Земля и Вселенная, 1977, № 5, с. 29—32.— Ред.). Одним из первых «занялся» астрономией «Космос-215». Тема его исследований — горячие звезды в различных диапазонах (от видимой части спектра до ультрафиолетовой), а также регистрация излучения в спектральной области от 0,5 до 5 Å.

Комплексный эксперимент по исследованию спектра электромагнитных волн короче 3000 Å был поставлен на спутнике «Космос-262».

Сцинтилляционный спектрометр, установленный на борту «Космоса-428», помог обнаружить вспышки жесткого рентгеновского излучения, генерируемого вне Солнечной системы. Так были открыты вспыхивающие рентгеновские источники.

Очень интересные сведения дал полет первого гамма-телескопа, установленного на спутнике «Космос-264». Измерялось космическое гамма-излучение треков фотонов. Спектр фонового излучения в жестком рентгеновском диапазоне и мягких гамма-лучей был изучен на спутнике «Космос-461».

## МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Велик вклад «Космосов» в наши знания о влиянии факторов космического полета на функциональное состояние биологических объектов — от одноклеточных водорослей, растений и их семян («Космос-92, -94, -109») до собак и других животных («Космос-110, -605, -690, -782, -936, -1283»). На спутнике «Космос-368» впервые была получена биомасса. Этот эксперимент может сыграть важную роль в обеспечении жизнедеятельности человека в будущих длительных космических полетах. Во время полетов «Космоса-605» и «Космоса-690» исследовался механизм воздействия длительной невесомости на процессы развития организмов. Экспериментально изучался новый вид защиты от воздействия

заряженных частиц — электростатической. Суть ее — в создании и фиксации около защищаемого отсека электростатического поля, которое отклоняет потоки заряженных частиц. На спутнике «Космос-690» началась отработка и другого типа защиты — диэлектрической, основанной на отклонении частиц электрическим полем.

Одно из главных направлений исследований, проводившихся на «Космосе-782», — изучение биологических эффектов искусственной силы тяжести. На борту спутника была установлена центрифуга диаметром 66 см. На вращающейся платформе помещали контейнеры с биологическими объектами. Некоторые контейнеры располагались в зоне, где создавалось ускорение, равное ускорению свободного падения на Земле, другие — в зоне, где ускорение равнялось 0,6 g. Такие же объекты пребывали и в условиях полной невесомости. А на Земле шел синхронный эксперимент с сохранением всех полетных условий (разумеется, за исключением невесомости). Очень много дал науке полет возвращаемого биологического спутника

*Биологический спутник «Космос-782». В спускаемом аппарате спутника размещалась аппаратура для содержания животных и других биологических объектов*

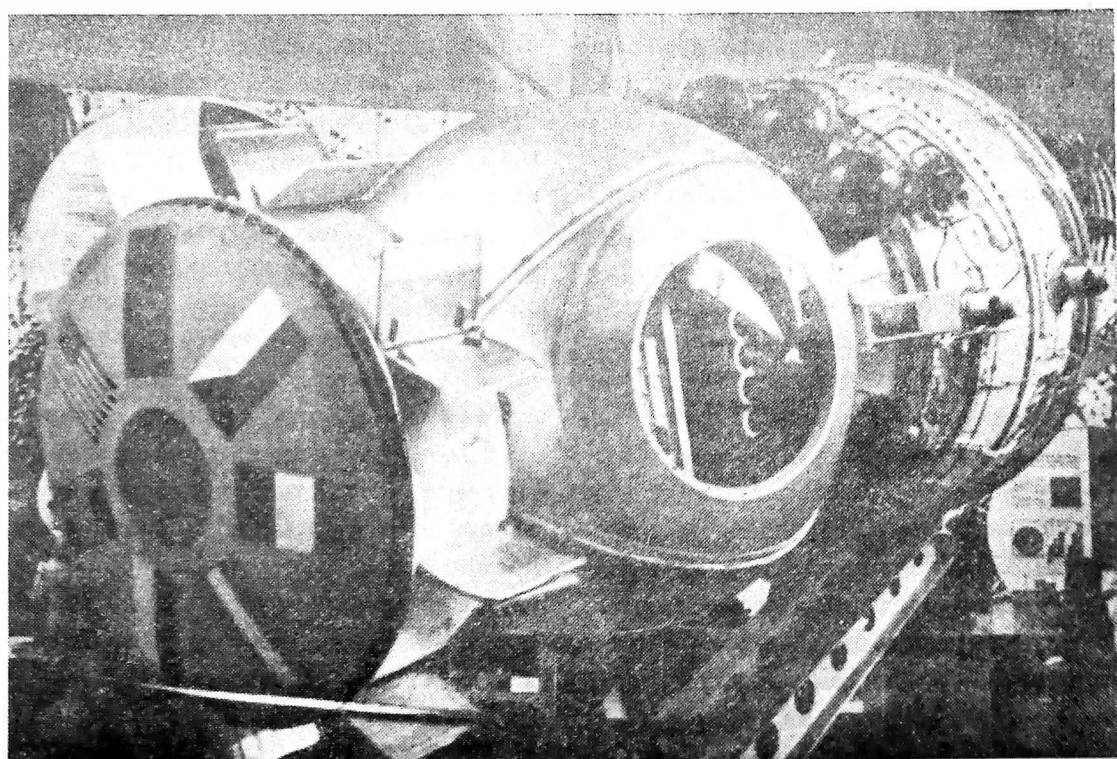
«Космос-1129». В частности, определялась возможность оплодотворения и развития зародыша у млекопитающих (белые крысы), эмбриональное развитие в невесомости яиц японской перепелки.

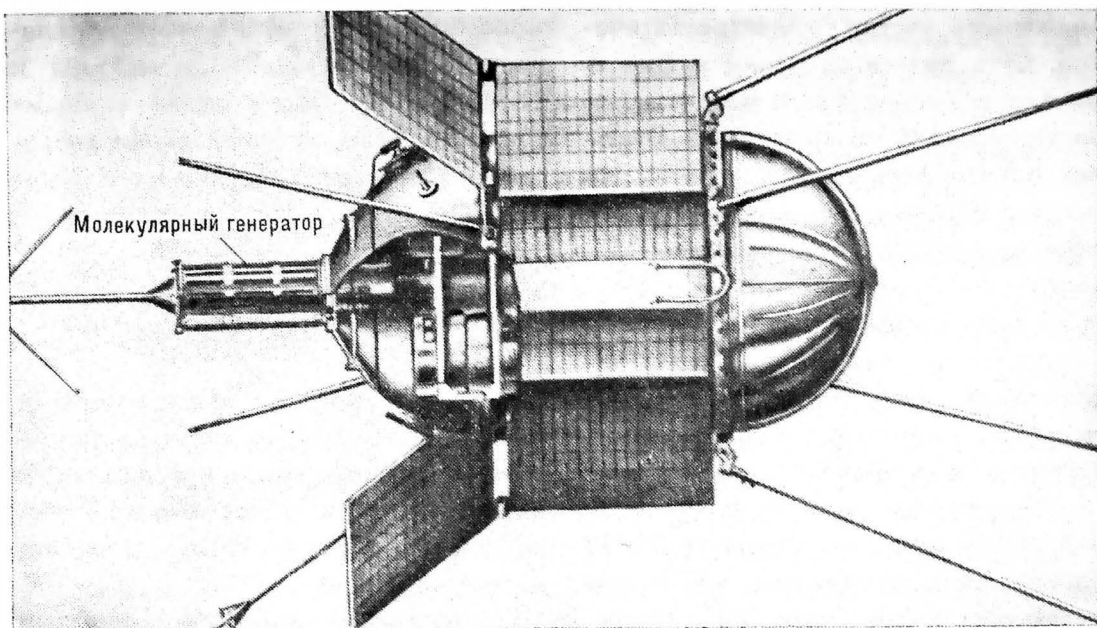
## ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН НА ОРБИТЕ

Спутники «Космос» стали и своеобразным научно-испытательным «полигоном» для отработки элементов и целых конструкций космической техники и для экспериментов, не выполнимых на Земле.

Прежде всего вспомним полностью автоматические стыковку и расстыковку, блестяще выполненные двумя «пáрами» спутников «Космос-186 и -188», «Космос-212 и -213». Таким образом, «Космосы» участвовали в создании нынешних космических сооружений, какими стали исследовательские долговременные комплексы «Салют» — «Союз» — «Прогресс». Для разработки перспективных космических аппаратов и сборки орбитальных комплексов больших габаритов и масс важную роль сыграли запуск 25 апреля 1981 года «Космоса-1267», его автоматическая стыковка 19 июня того же года и совместный длительный полет с орбитальной станцией «Салют-6».

Отработка на борту «Космосов» элементов новой техники оказала





На борту спутника «Космос-97» прошел испытания молекулярный квантовый генератор

непосредственное влияние и на развитие наземных командно-измерительных средств. Так, результаты испытаний квантового молекулярного генератора частоты (времени) на «Космосе-97» способствовали повышению точности аппаратуры единого времени, «чувствительности» приемных устройств и стабильности частоты радиоволн передатчиков. Существенному повышению надежности аппаратуры на Земле и в космосе помогли опыты со сверхпроводниковыми приборами на борту «Космосов-140 и -213».

Отработанные на «Космосе-41» элементы бортовой аппаратуры с успехом использовались на спутниках-ретрансляторах «Молния». Весьма ценным оказался также опыт, накопленный в ходе экспериментов на «Космосах», для создания метеорологических спутников «Метеор». «Космос-243» принимал тепловое радиоизлучение нашей планеты и ее атмосферы. Это позволило получить данные о распределении атмосферной влаги и температуры в Мировом океане, а также — составить карту антарктических льдов, независимо от того, были их границы покрыты облаками

или нет. С помощью океанографических спутников «Космос-1076, -1151» исследовались температурные и оптические неоднородности на поверхности акваторий, волнение и штормы, что очень важно для метеорологии, безопасности мореплавания.

Следует подчеркнуть, что именно в рамках программы «Космос» началось международное практическое сотрудничество социалистических стран в изучении и освоении космического пространства в мирных целях. Пионером совместных экспериментов был «Космос-261». Затем на спутниках «Космос-782, -936, -1129» вместе с советскими учеными ставили опыты специалисты ЧССР, США, Франции. В анализе полученного экспериментального материала принимали участие специалисты НРБ, ВНР, ГДР, ПНР и СРР. Зародившееся в рамках программы «Космос» международное сотрудничество по программе «Интеркосмос» дало замечательные результаты.

«Космосы» начинают третье десятилетие своей работы. Планово переходя от одного важного этапа к другому, наша космонавтика последовательно продолжает изучение и освоение космоса на благо людей, прогресса и мира на Земле. Свой вклад продолжают вносить и «Космосы», порядковые номера которых уже давно обозначаются четырехзначными цифрами.

## СВЕРХЖЕСТКОЕ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЕ ИСТОЧНИКА ЛЕБЕДЬ X-3

В апреле — июне 1980 года группа ирландских и американских астрофизиков выполнила наблюдения сверхжесткого гамма-излучения известного рентгеновского источника Лебедь X-3. Наблюдения проводились в обсерватории Маунт Хопкинс (штат Аризона, США) на высоте 2300 м над уровнем моря. Детектором гамма-излучения с энергией квантов  $2 \cdot 10^{12}$  эВ служила ...атмосфера Земли.

Дело в том, что влетающий в земную атмосферу гамма-квант высокой энергии, взаимодействуя с молекулами воздуха, рождает поток релятивистских частиц — электронов, протонов, мезонов и их античастиц. Все они движутся в том же направлении, что и гамма-квант. В свою очередь, движущиеся в атмосфере заряженные релятивистские частицы вследствие эффекта Черенкова—Вавилова вызывают оптическое излучение, которое и улавливали в эксперименте два сферических 1,5-метровых зеркала. Поскольку направление черенковского излучения совпадает с направлением прихода гамма-кванта, удается точно локализовать источник гамма-излучения на небесной сфере. Эта методика наблюдений аналогична той, которую уже много лет используют астрофизики Крымской астрофизической обсерватории АН СССР для регистрации сверхжестких космических гамма-квантов (Земля и Вселенная, 1973, № 1, с. 6—11.— *Ред.*).

Ирландские и американские астрофизики подтвердили сделанные раньше наблюдения советских астрономов: гамма-излучение источника Лебедь X-3 изменяется с периодом 4,8 часа. Известно, что с таким же периодом изменяется и рентгеновское излучение источника. Один раз в течение этого интервала времени наблюдается резкое усиление блеска. Вспышка происходит одновременно как в гамма-, так и в рентгеновском диапазонах.

Переменное в столь широком диапазоне энергий излучение должно быть связано с молодым пульсаром, входящим в состав двойной звездной системы. Согласно расчетам, интервал между вспышками этого пульсара, то есть период вращения нейтронной звезды, будет составлять 4—20 мс. Обнаружение такого периода в жестком излучении источника Лебедь X-3 окончательно подтвердило бы гипотезу о пульсаре.

Nature, 1981, 289, 5798.



Доктор физико-математических наук  
**А. Г. МАСЕВИЧ**  
 Кандидат физико-математических наук  
**А. В. ТУТУКОВ**

## Эволюция массивных тесных двойных звезд

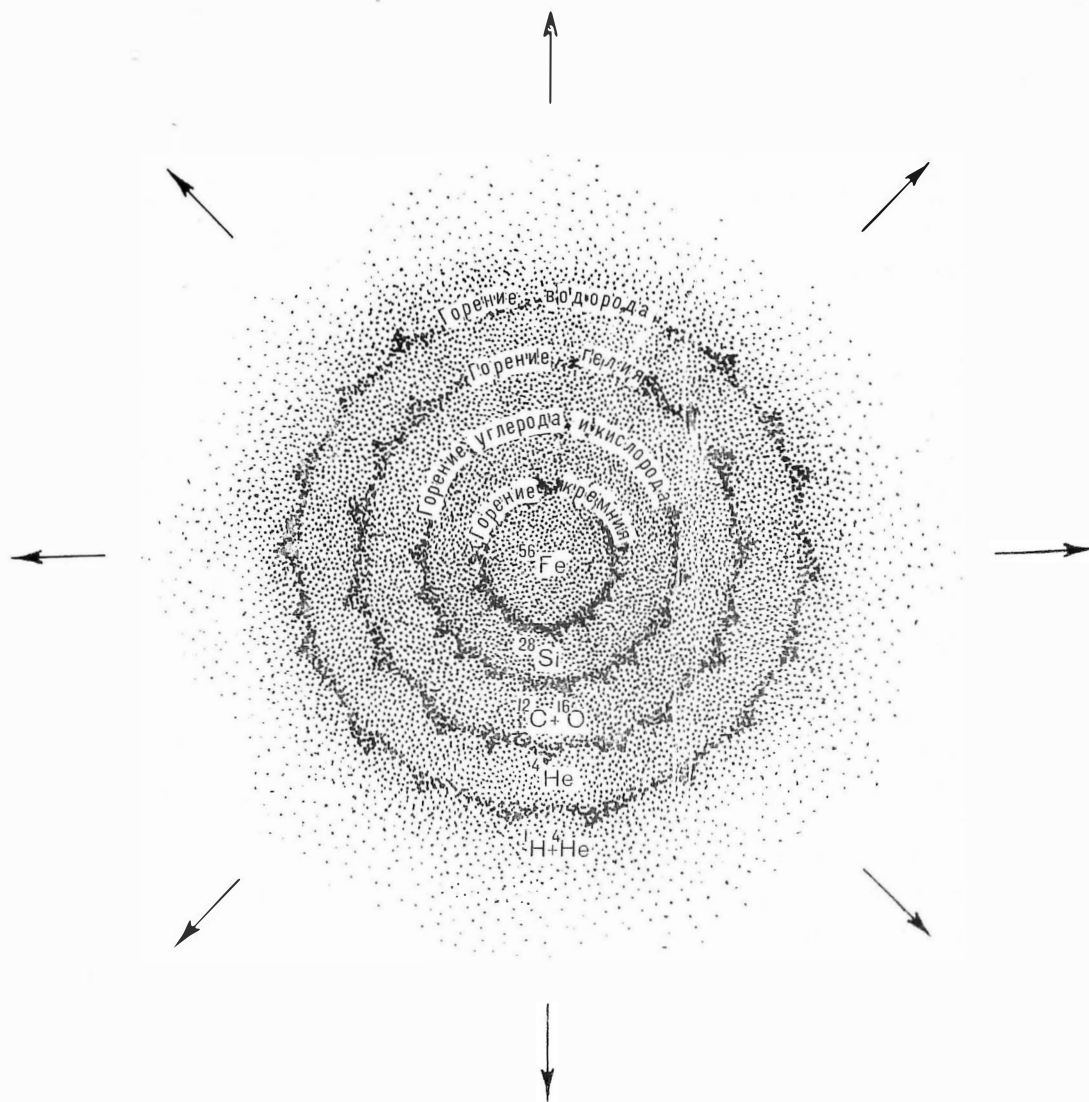
В последние годы удалось связать в единую эволюционную последовательность звезды Вольфа — Райе, нейтронные звезды, черные дыры, рентгеновские источники и радиопульсары.

### ПУТЬ ЭВОЛЮЦИИ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ МАССОЙ

Не менее половины всех массивных звезд, масса которых больше 10 солнечных, — члены тесных двойных систем. В таких системах расстояние между компонентами не превышает нескольких тысяч солнечных радиусов (около  $10^{14}$  см), благодаря чему звезды могут обмениваться веществом в процессе эволюции.

В последнее десятилетие традиционная оптическая и рентгеновская астрономия получили принципиально новую информацию о двойных массивных системах. Мы теперь лучше знаем параметры двойных и одиночных звезд, находящихся на разных стадиях эволюции. Многие рентгеновские источники оказались массивными тесными двойными системами в поздней фазе развития. Один компонент такой системы — яркий сверхгигант класса O или B, другой — нейтронная звезда или черная дыра.

Огромную вычислительную работу, необходимую для изучения эволюции двойных и одиночных звезд разной массы, выполнили на ЭВМ астрофизики СССР, США, Польши, Японии и ФРГ. Стало ясно, что эволюция сводится к усложнению химического состава и структуры звезды. В централь-



*Строение одиночной массивной звезды непосредственно перед взрывом сверхновой. Масштаб на рисунке не соблюден. Поперечник железного ядра около  $10^8$  см, гелиевого слоя — около  $10^{10}$  см, самой звезды — около  $10^{14}$  см. Средняя плотность железного ядра порядка  $10^9$  г/см<sup>3</sup>, гелиевого слоя — порядка  $10^3$  г/см<sup>3</sup>, всей звезды —  $10^{-8}$  г/см<sup>3</sup> (плотность воздуха примерно  $10^{-3}$  г/см<sup>3</sup>)*

ных, самых горячих ее областях синтезируются все более тяжелые элементы: водород переходит в гелий, гелий — в углерод, затем образуются кислород, кремний и, наконец, железо. В ходе эволюции плотность и температура ядра звезды постепенно увеличиваются.

У массивных звезд формируется железное ядро. Его масса около полутора солнечной, плотность порядка  $10^8$ — $10^9$  г/см<sup>3</sup>, температура —  $3 \cdot 10^9$  К.



При такой высокой температуре ядра железа расщепляются энергичными гамма-квантами на протоны, нейтроны и  $\alpha$ -частицы (ядра гелия). Процесс фоторасщепления ядер железа приводит к нарушению механического равновесия центральных областей звезды, вследствие чего они начинают сжиматься. Значительная часть гравитационной энергии, освобождающейся при сжатии, идет на расщепление ядер железа, поэтому температура вещества растет недостаточно быстро, чтобы удержать центральные области звезды от катастрофического сжатия — коллапса (Земля и Вселенная, 1969, № 1, с. 40—48.— Ред.). Спустя всего несколько секунд после начала коллапса образуется нейтронная звезда, если масса ядра была меньше 1,5 солнечной, или черная дыра, если масса ядра превышала 1,5 солнечной. Коллапс ядра сопровождается взрывом сверхновой и сбросом оболочки с остатком ядерного горючего.

\*) Звезды с начальной массой меньше 10 солнечных заканчивают свой жизненный путь по-другому. После сгорания гелия вещество в их недрах становится очень плотным при довольно низкой температуре. В этих условиях свойства вещества радикально изменяются, вещество становится вырожденным. Его давление и энергия определяются только плотностью и почти не зависят от температуры. Образовавшееся в недрах звезды вырожденное углеродно-кислородное ядро, масса которого порядка солнечной и радиус  $10^8$  см, окаймлено двумя слоевыми источниками энергии. В это время богатая ядерным топливом оболочка звезды напоминает свечу, горящую с двух концов. Водород, поступающий из оболочки, преобразуется в слоевых источниках в углерод и кислород ядра. Масса вырожденного ядра увеличивается при этом на  $10^{-6}$  солнечной массы в год. Как показывают наблюдения, звезда на этой стадии является красным сверхгигантом и теряет оболочку со скоростью около  $10^{-5}$  солнечной массы в год. Если масса углеродно-кислородного ядра достигнет 1,39 солнечной (плотность  $3 \cdot 10^9$  г/см<sup>3</sup>, температура  $6 \cdot 10^8$  К), прежде чем будет потеряна оболочка, то в ядре начнется

горение углерода. Поскольку газ сильно вырожден, температура ядра резко повысится, горение ядерного топлива ускорится, что также ведет к взрыву сверхновой.

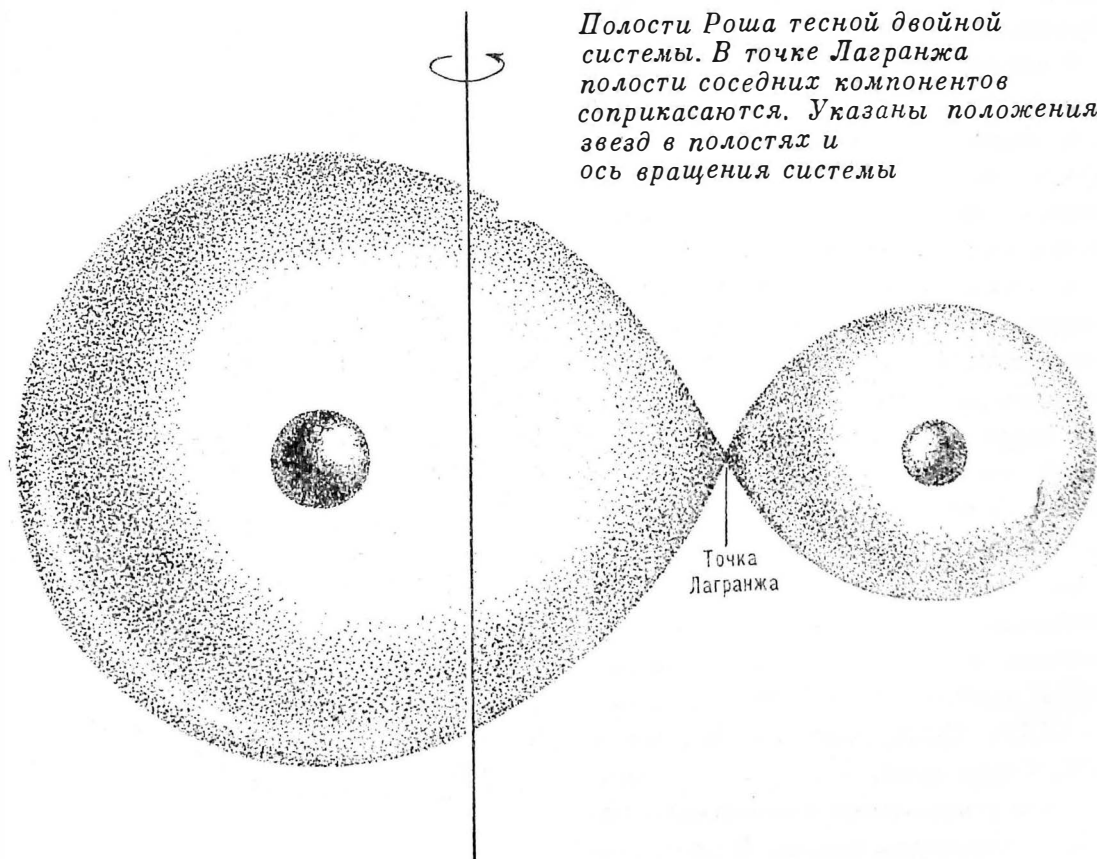
Взрывы сверхновых звезд обогащают межзвездную газовую среду тяжелыми элементами. Согласно оценкам, большая часть сверхновых — массивные звезды, поэтому изучение их эволюции особенно важно.

## СЦЕНАРИЙ ЭВОЛЮЦИИ

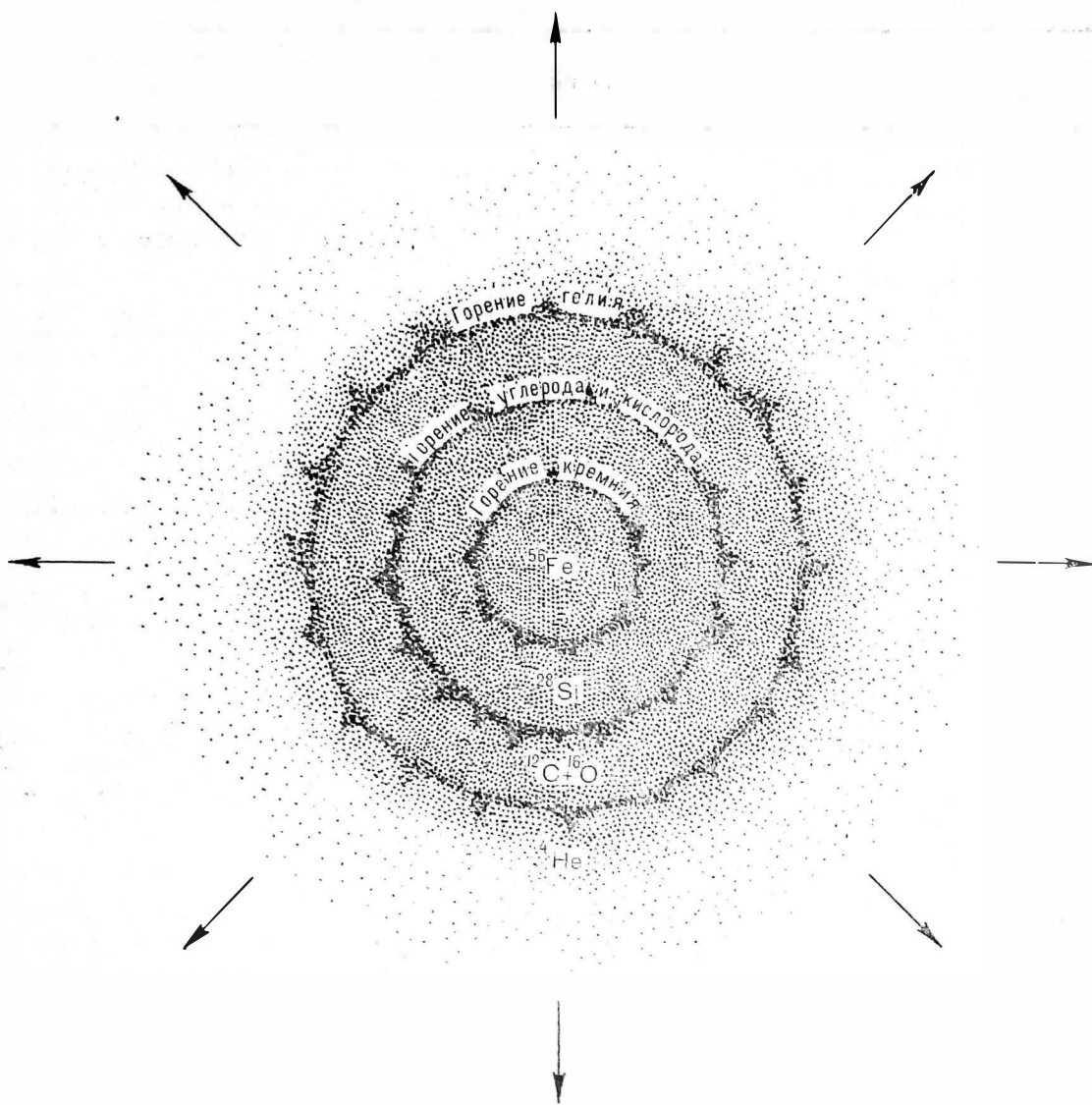
Обычно предполагается, что эволюцию тесных двойных звезд можно изучать так же, как эволюцию одиночных звезд. Правда, приходится допустить, что размеры компонентов ограничиваются их полостями Роша. Это — предельный объем, который могут занимать компоненты тесной двойной системы. Внутри полости Роша действует гравитационное поле звезды, за ее пределами — гравитационное поле звезды-соседки. Если звезда заполняет свою полость Роша, то избыток вещества через точку Лагранжа, в которой полости компонентов соприкасаются, поступает в полость Роша звезды-соседки. Но при изучении са-

мых поздних стадий эволюции двойных звезд астрофизики иногда вынуждены отказываться от ограничивающей роли полостей Роша и допускать, что на некоторых стадиях тесная пара звезд может быть погружена в общую оболочку.

До заполнения полостей Роша компоненты тесной двойной системы эволюционируют как одиночные звезды. После сгорания водорода в центральной области и образования гелиевого ядра звезда расширяется и заполняет свою полость Роша. Возникает обмен веществом между компонентами в окрестности точки Лагранжа. Обмен продолжается несколько десятков тысяч лет, и в результате более массивная звезда теряет практически всю свою оболочку, богатую водородом. Ее гелиевое ядро начинает быстро сжиматься, при этом растет температура ядра. Масса гелиевого остатка, если первоначальная масса звезды была 20 солнечных, составляет около 6 солнечных масс. Сжатие гелиевого остатка прекращается, когда в его недрах загорается гелий. В этот момент температура на поверхности остатка около  $7 \cdot 10^4$  К, светимость  $10^4$ — $10^6$  солнечных. Звезды с такими



Полости Роша тесной двойной системы. В точке Лагранжа полости соседних компонентов соприкасаются. Указаны положения звезд в полостях и ось вращения системы



Строение массивной звезды — компонента тесной двойной системы — перед взрывом этой звезды как сверхновой. Поперечник железного ядра около  $10^8$  см, гелиевого слоя — около  $10^{10}$  см, а самой звезды —  $10^{11}$  см. Средняя плотность звезды порядка  $10$  г/см<sup>3</sup>

характеристиками названы звездами Вольфа — Райе. Многие из них входят в состав двойных систем (например, V 444 Лебеда). Если учесть, что типичная звезда Вольфа — Райе теряет в год  $10^{-6}$ — $10^{-5}$  солнечной массы, то расчеты поверхностной температуры остатка дают величину  $10^5$  К, типичную для чисто гелиевых моделей. Заметим, что и на стадии обмена веществом двойная система способна потерять часть своей массы.

По мере истощения гелия в недрах звезды Вольфа — Райе ее оболочка расширяется и может вторично заполнить полость Роша. Согласно расчетам, ядро звезды в это время сжи-

мается и в нем достигаются условия, достаточные для горения углерода, кислорода и т. д. Как только начинает гореть углерод, скорость эволюции резко возрастает. Если на предыдущих стадиях термоядерная энергия, выделяемая в ядре, отводилась преимущественно фотонами, медленно диффундирующими к поверхности, то на стадии горения углерода основной механизм охлаждения недр — излучение нейтрино. Так как звезда для нейтрино прозрачна, а скорость выделения энергии близка к скорости ее потери, эволюция массивной звезды от стадии горения углерода до образования железного ядра укладывается в несколько тысяч лет. Начинаясь затем фоторасщепление ядер железа приводит к коллапсу центральных областей звезды и образованию нейтронной звезды или черной дыры.


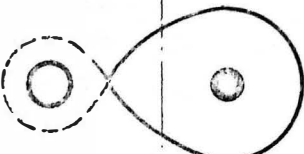
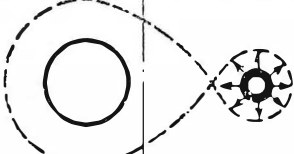
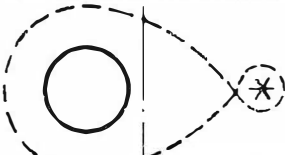
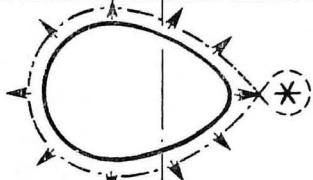
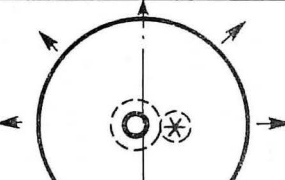

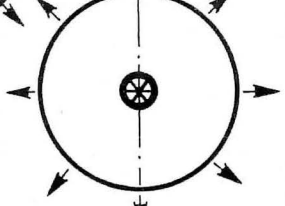


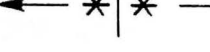
Строгий расчет всей эволюции двойной системы пока невозможен, поскольку не определены такие параметры, как эффективность перемешивания вещества звезд, потеря веще-

ства и углового момента системы. В последнее время получил распространение сценарный метод исследования и описания эволюции. Сценарий — логически самосогласованная эволюционная последовательность, опирающаяся, с одной стороны, на общие свойства эволюционных моделей звезд, а с другой стороны, — на характеристики соответствующих типов звезд, которые получают из наблюдений.

Какой же представляется в настоящее время эволюция массивных тесных двойных звезд? Большая их часть — непроэволюционировавшие звезды с близкими массами компонентов. После заполнения полости Роша и обмена веществом между компонентами образуется звезда Вольфа — Райе. Потеря массы на этой стадии естественно объясняет, почему звезды Вольфа — Райе разделяются на азотные (в спектрах видны полосы азота) и углеродные (видны полосы углерода). Из-за потери массы в звездах Вольфа — Райе последовательно обнажаются все более глубокие области, химический состав которых изменен предшествующей эволюцией вещества в ходе термоядерных реакций горения водорода и гелия.

После взрыва сверхновой в системе образуется нейтронная звезда или черная дыра. Система не распадается, поскольку взрывается компонент меньшей массы, но получает высокую пространственную скорость (до 100 км/с) вследствие потери оболочки сверхновой. Поэтому значительная часть самых массивных звезд должна иметь высокие пространственные скорости. Обычно звезды спектральных классов O и B обладают небольшими пространственными скоростями, порядка 10—20 км/с. Их называют «медленными» звездами. Но у массивных (больше 30 солнечных масс) звезд этих же спектральных классов пространственные скорости часто достигают 80 км/с. Многие из таких «быстрых» звезд оказались «одиночными», в то время как большинство «медленных» звезд — двойные и имеют спутники — звезды спектральных классов O или B. Эта особенность была предсказана теорией эволюции массивных

СЦЕНАРИЙ ЭВОЛЮЦИИ МАССИВНЫХ ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

Время жизни, годы	Число объектов	Стадия эволюции
$\sim 3 \cdot 10^6$	$\sim 10^4$	 <p>Две звезды главной последовательности.</p>
$\sim 10^4$	$\sim 30$	 <p>Более массивная звезда с гелиевым ядром заполнила свою полость Роша.</p>
$\sim 2 \cdot 10^5$	$\sim 500$	 <p>Гелиевая звезда Вольфа—Райе в паре со звездой спектрального класса O или B (V 444 Лебеда).</p>
$\sim 3 \cdot 10^5$	$\sim 10^4$	 <p>Нейтронная звезда или черная дыра в паре со звездой спектрального класса O или B после взрыва сверхновой. Пространственная скорость системы около 100 км/с.</p>
$\sim 10^4 - 10^5$	$\sim 100$	 <p>Сверхгигант спектрального класса O или B почти заполнил свою полость Роша. Падение вещества на компактный спутник приводит к появлению рентгеновского излучения (Центавр X-3).</p>
$\sim 10^4$	$\sim 30$	 <p>Гелиевое ядро с компактным спутником внутри общей оболочки, теряющей вещество с поверхности (<math>\eta</math> Киля, P Лебеда, S Золотой Рыбы).</p>
$\sim 2 \cdot 10^4$	$\sim 50$	 <p>Звезда Вольфа—Райе, окруженная расширяющейся туманностью (EZ Большого Пса).</p>
$\lesssim 10^3$	$\lesssim 3 \cdot 10^3$	 <p>Красный (инфракрасный) сверхгигант с компактным ядром.</p>
$\sim 2 \cdot 10^5$	$\sim 500$	 <p>Звезда Вольфа—Райе с компактным спутником. Пространственная скорость около 100 км/с (HD 56925).</p>
$\sim 10^{10}$	$\sim 10^8$	 <p>Одиночный компактный объект с пространственной скоростью около 100 км/с. Радиопульсар.</p>
$\sim 10^{10}$	$\sim 10^8$	 <p>Два гравитационно не связанных компактных объекта с пространственной скоростью до 500 км/с. Одиночные радиопульсары.</p>

тесных двойных систем. Естественно также, что «быстрые» звезды, приняв большую часть массы теперь ставших невидимыми компонентов, принадлежат к числу самых массивных и ярких звезд Галактики.

Спутник нейтронной звезды или черной дыры — звезда спектрального класса O или B — теряет за год около  $10^{-6}$  солнечной массы. Часть этого вещества перехватывает соседний компонент, вокруг которого формируется диск. Вещество из диска постепенно выпадает на компактную звезду, что приводит к появлению рентгеновского излучения (Земля и Вселенная, 1977, № 1, с. 29—35.—Ред.). Наблюдаемое число рентгеновских источников со светимостью  $10^3$ — $10^4$  солнечных хорошо согласуется с предсказываемым теорией.

Рентгеновское излучение усиливается по мере приближения оптической звезды к своей полости Роша. Темп падения вещества на нейтронную звезду из-за давления излучения ограничивается величиной  $10^{-8}$  солнечной массы в год. Поэтому нейтронная звезда не может поглотить все вещество расширяющейся оптической компоненты с гелиевым ядром, и двойная система неизбежно погружается в общую оболочку. Орбитальное движение двойного ядра в довольно плотной оболочке тормозится, что способствует увеличению яркости системы и скорости потери вещества с поверхности общей оболочки до  $10^{-3}$ — $10^{-2}$  солнечной массы в год. Возможно, немногочисленные исключительно яркие (светимость более

миллиона солнечных) нестационарные звезды  $\eta$  Киля, Р Лебеда и S Золотой Рыбы, которые интенсивно теряют вещество,— массивные тесные двойные системы, погруженные в общую оболочку.

Эволюция двойной звезды с общей оболочкой пока не поддается точному расчету. В настоящее время наиболее вероятными представляются две возможности дальнейшей эволюции. Если система перед возникновением общей оболочки имела орбитальный период менее 30 дней, то компактный спутник затормозится и попадет в центр оптической звезды. Она быстро расширится и превратится в красный сверхгигант. Время жизни таких звезд не известно, но запаса гравитационной энергии достаточно на  $10^9$  лет. Если бы звезда с нейтронным ядром жила так долго, число красных сверхгигантов значительно превысило бы наблюдаемое. Зная число красных сверхгигантов в Галактике, можно оценить, что время жизни звезд с нейтронным ядром не более  $10^6$  лет. Время жизни, вероятно, ограничивается потерей вещества с поверхности. В конце концов на месте двойной системы образуется одиночная нейтронная звезда, которая со временем превратится в радиопульсар, обладающий пространственной скоростью до 100 км/с.

Если орбитальный период системы перед формированием общей оболочки превышал 30 дней, то общая оболочка будет потеряна, и «одиночная» гелиевая звезда Вольфа — Райе с близкой, но трудно обнаружимой компактной звездой станет доступна

наблюдению в оптическом диапазоне спектра. Некоторое время вокруг системы будут существовать остатки общей оболочки. Это стало ясно в 1975 году. Звезды Вольфа — Райе, окруженные кольцевыми туманностями, были известны и раньше, но они считались одиночными. Теперь двойственность по крайней мере трех из них доказана, что подтвердило предсказание теории. Вследствие высокой скорости, получаемой системой в момент взрыва сверхновой, распределение «одиночных» звезд Вольфа — Райе в направлении, перпендикулярном плоскости Галактики, должно отличаться от распределения звезд Вольфа — Райе, спутники которых — звезды спектральных классов O или B. Наблюдения подтвердили и этот вывод.

Второй раз в системе вспыхивает как сверхновая более массивная звезда, закончившая свою термоядерную эволюцию, что влечет за собой распад системы. В результате эволюции массивных тесных двойных систем в нашей Галактике могут появиться одиночные «быстрые» (пространственная скорость до 500 км/с) нейтронные звезды, которые по прошествии некоторого времени становятся радиопульсарами. Радиопульсары с такими высокими пространственными скоростями обнаружены. Небольшая часть таких радиопульсаров покидает пределы нашей Галактики и заселяет межгалактическое пространство.

Таким образом, сценарный метод исследования эволюции массивных тесных двойных систем получил подтверждение в наблюдениях.

## СВЕРХСКОПЛЕНИЯ ГАЛАКТИК И ПЛОТНОСТЬ ВСЕЛЕННОЙ

Продолжаются попытки определить среднюю плотность материи во Вселенной (Земля и Вселенная, 1981, № 4, с. 31.—Ред.). На этот раз американские астрономы Х. Форд, Р. Хармс, Р. Чардулло и Ф. Бартко использовали данные о динамике сверхскоплений галактик — крупней-



ших структурных образований во Вселенной, известных сегодня (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 32—35.—Ред.).

Американские астрономы исследовали два сверхскопления галактик, наблюдаемые в созвездиях Волопаса и Геркулеса. Хотя сверхскопления отдалены от нас примерно на 700 Мпк, каждое из них занимает на небе область диаметром около  $10^\circ$ , что в 20 раз больше диаметра полной



Луны. И это не удивительно, поскольку линейный размер сверхскоплений достигает 100 Мпк. В каждом из них сосредоточено 10—20 скоплений галактик. Сверхскопления имеют неправильную форму: они напоминают эллипсоиды с отношением осей 1:1,7. Дело в том, что в пачале эволюции сверхскопления в силу случайных причин сжимались вдоль одной из своих осей чуть быстрее. Вдоль этой оси размер сверхскоплений оказался немного меньше, чем вдоль двух других.

Получив спектры ярчайших галактик, астрономы определили скорость движения отдельных скоплений в каждом сверхскоплении. Так как каждое скопление движется под действием притяжения полной массы сверхскопления, то по измеренным скоростям отдельных скоплений ученым удалось определить среднюю плотность материи в пределах каждого сверхскопления. Оказалось, что средняя плотность обоих сверхскоплений близка к критическому значению плотности материи во Вселенной ( $5 \cdot 10^{-30}$  г/см<sup>3</sup> для постоянной Хаббла 50 км/с на 1 Мпк), при которой открытая модель Вселенной переходит в замкнутую (Земля и Вселенная, 1978, № 5, с. 44—51.— *Ред.*). Однако объем, занимаемый сверхскоплениями, невелик, и пространство между ними заполнено галактиками значительно меньше, чем внутри сверхскоплений. Поэтому средняя плотность Вселенной в масштабах, превышающих размер сверхскоплений, оказывается в 6—16 раз ниже критического значения.

Если проведенные наблюдения и расчеты подтвердятся (а в этом пока нет сомнений), то астрономы смогут с большой уверенностью заявить, что средняя плотность вещества во Вселенной достаточно мала для того, чтобы наблюдаемое сейчас расширение Вселенной когда-либо сменилось сжатием. Но прежде чем сделать такое заявление, необходимо еще много раз несколькими способами проверить выводы американских астрономов.

*Astrophysical Journal (Letters)*, 1981, 245, 2.

Доктор физико-математических наук  
Г. А. СОБОЛЕВ

## Говорит подземная кладовая

**При механических нагрузках на горные породы некоторые из них излучают электромагнитные сигналы. Улавливая эти «радиоголоса», можно фиксировать положение рудных тел в недрах Земли.**

Технический прогресс немислим без использования новейших достижений науки. Необходимость живой связи между фундаментальными научными исследованиями и техническими разработками подчеркнута в Отчетном докладе Центрального Комитета КПСС XXVI съезду Коммунистической партии Советского Союза, где говорится: «Страна крайне нуждается в том, чтобы усилия „большой науки“ наряду с разработкой теоретических проблем в большей мере были сосредоточены на решении ключевых народнохозяйственных вопросов, на открытиях, способных внести подлинно революционные изменения в производство». В последние годы в связи с постепенным истощением запасов полезных ископаемых и возникновением проблемы охраны окружающей среды, серьезные задачи поставлены и перед науками о Земле. Широкий комплекс исследований физических свойств горных пород развернут в Институте физики Земли АН СССР. При этом во многом пришлось отказаться от традиционного взгляда на горную породу как сплошную, находящуюся в устойчивом равновесии среду. Изучение различных свойств массива пород, явлений неустойчивости при внешних воздействиях позволило вы-

явить ряд новых эффектов, сопутствующих качественным изменениям в недрах Земли.

У КАЖДОЙ ГОРНОЙ  
ПОРОДЫ — СВОЙ ГОЛОС

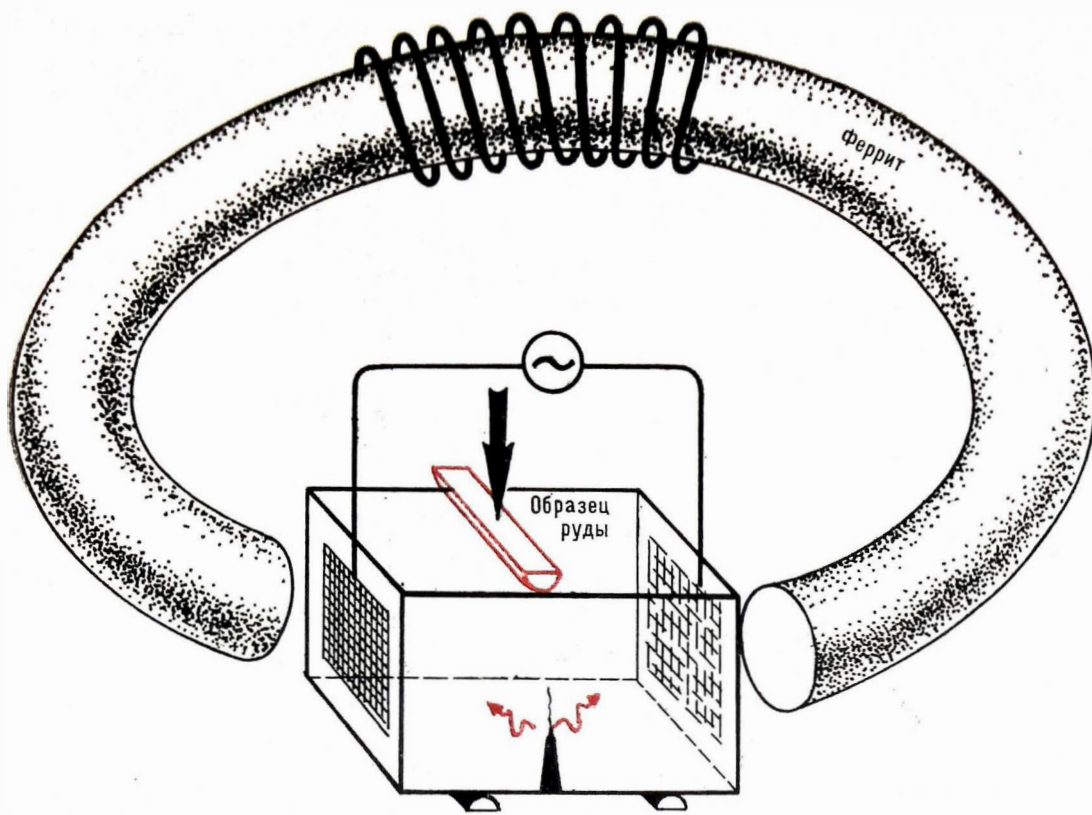
Проведем такой опыт. Возьмем образец горной породы и будем действовать на него механической силой до тех пор, пока в образце не появится трещина. Любая порода состоит из элементов разной механической прочности, прежде всего вследствие зернистого строения и наличия разных минералов. Поэтому при медленном увеличении нагрузки трещина будет удлиняться небольшими скачками.

Известно, что образование или расширение трещины сопровождаются электрическими импульсами — их порождают разноименные заряды на ее краях. Излучаемые при этом электромагнитные сигналы можно уловить чувствительной антенной, помещенной вблизи образца. Если порода содержит минералы-пьезоэлектрики, например кварц, то при изменении механического напряженного состояния в образце также возникают электромагнитные сигналы пьезоэлектрического происхождения, вызванные искажением кристаллической решетки этих минералов.

Испытания образцов различных горных пород убеждают: каждая порода обладает присущими только ей «силой и тембром голоса», то есть посылает электромагнитные сигналы разной интенсивности и частотного состава. Сигналы почти всех пород крайне слабы, так что напряженность электрического поля вблизи образца обычно не превышает долей милли-







*Схема лабораторного опыта с образцом полиметаллической руды. При механическом воздействии на него и образовании трещины возникают радиоимпульсы, которые принимаются электромагнитной антенной. Эффект усиливается, если к граням образца приложить разность электрического потенциала*

вольта на метр. Однако сотрудники Института физики Земли В. М. Демин, М. Я. Майбук и В. Ф. Лось совместно с автором настоящей статьи обнаружили, что среди пород встречаются свои «рекордсмены». Генерируемые ими электромагнитные сигналы, лежащие в области радиочастот, в сотни раз превышают по интенсивности сигналы большинства пород и коренным образом отличаются от них по форме.

Рекордсменом выступает полиметаллическая руда, которая содержит минералы-полупроводники разных типов. В ответ на изменение механической нагрузки руды галенит-сфалеритового, кварц-пирит-халькопиритового, кварц-касситеритового состава и некоторые другие излучали мощные радиоимпульсы, и для каждого типа руды был характерен свой частотный спектр. Интересно, что «голос» руды можно усилить, приложив к граням образца электрический потенциал.

Эксперименты показали, что природа данного явления связана с существованием в полиметаллической руде дырочной и электронной проводимости (тип проводимости зависит от наличия в полупроводнике примесей, захватывающих или отдающих электроны). При механическом воздействии в руде происходит лавинно-неустойчивое нарастание концентрации носителей тока, а возникающие при трещинообразовании электрические импульсы могут усиливаться на цепочках гетеропереходов — природных аналогов транзисторов и тиристоров.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАТОР СПУСКАЕТСЯ В ШАХТУ...

Возникает вопрос: можно ли в естественных условиях зарегистрировать аналогичного типа радиоимпульсы от залегающих в толще земных недр полиметаллических тел?

На месторождениях полезных ископаемых существуют условия, необходимые для проявления данного эффекта. Массивы пород находятся в сложном механическом напряженном состоянии, особенно в горных районах и вблизи шахтных разработок. Об этом свидетельствуют возникающие временами землетрясения или горные удары. Трещины, существующие в горной породе, можно активизиро-

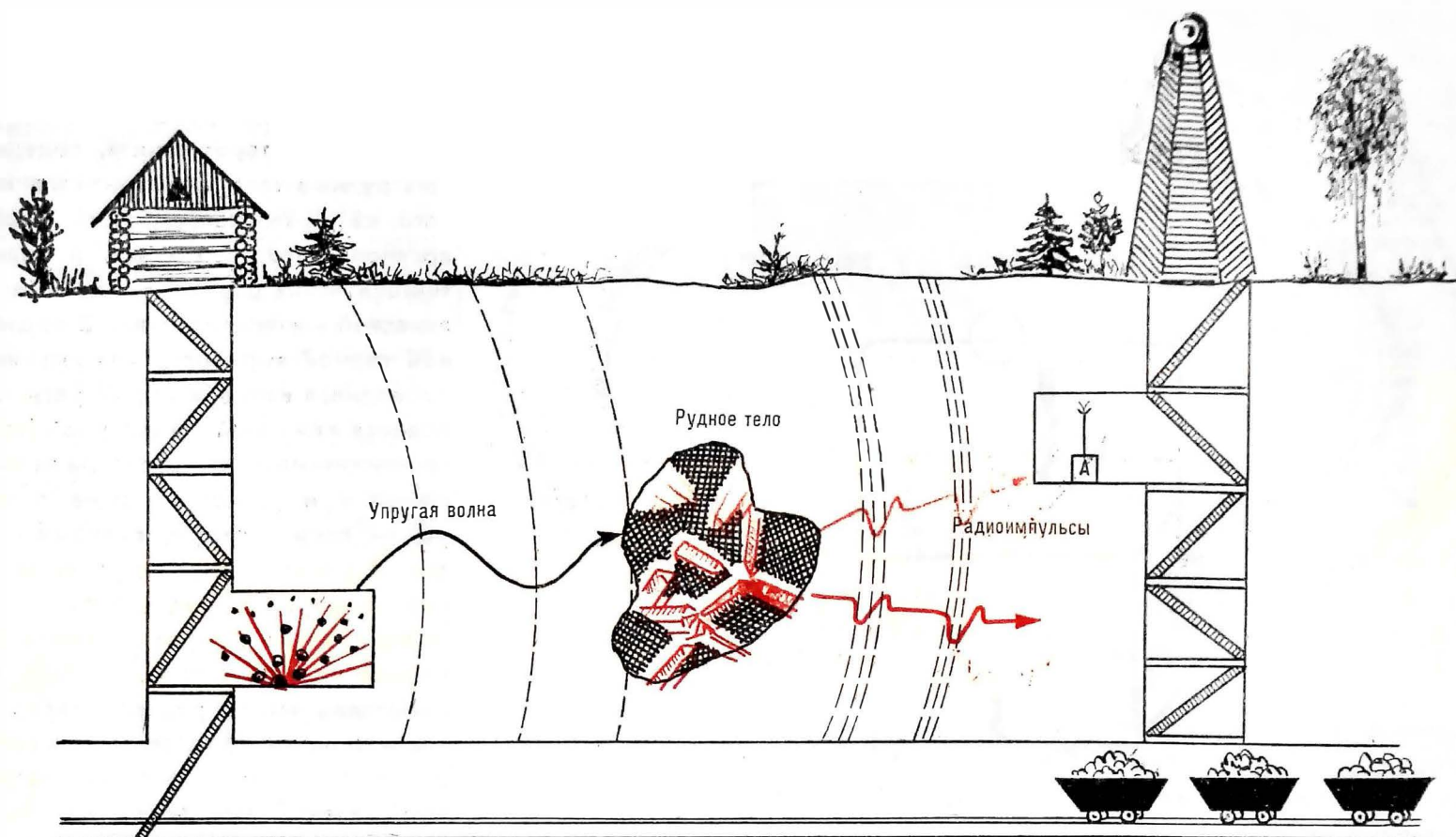
вать, заставить распространяться, воздействуя на массив упругой волной удара или взрыва.

Эксперименты проводились на нескольких месторождениях, содержащих рудные тела сфалерит-галенитового, кварц-халькопиритового, кварц-арсенопиритового состава, и вблизи тектонических разломов с полиметаллической минерализацией. В подземной горной выработке или скважине проводился взрыв, который регистрировался приемной аппаратурой (электромагнитные антенны разной направленности и регистрирующие приборы — осциллографы, видеомагнитофоны), расположенной в десятках или сотнях метров от рудного тела. В тот момент, когда распространявшаяся от взрыва упругая волна достигала полиметаллического рудного тела, последнее начинало генерировать серию похожих друг на друга асимметричных электромагнитных импульсов. И частота основных колебаний в этих импульсах была значительно более высокой (0,2—3,0 МГц) по сравнению с частотой приходящей к рудному телу упругой волны (0,1—7,0 кГц).

Это необычно. Геофизики привыкли к такой картине: если горную породу облучать упругими волнами определенного набора частот, то и электромагнитный отклик приходит на тех же самых или близких частотах. Теория известных линейных эффектов — пьезоэлектрического и сейсмоэлектрического, связанного с относительным движением жидкой и твердой фаз в породе, — также требует совпадения частот. Кроме того, форма вторичного электромагнитного сигнала должна совпадать с формой первичного упругого, а величина электрического «отклика» быть пропорциональной амплитуде возбуждающей упругой волны.

В новом эффекте — все не так. Он проявляется на очень высоких частотах (их практически нет в упругой волне взрыва), то есть там, где эффект нельзя ожидать, исходя из имеющегося опыта и теории. Этим во многом объясняется тот факт, что радиоизлучение полиметаллических рудных тел не обнаружили раньше. Более того, форма излучения вблизи рудного тела совершенно не похожа на фор-



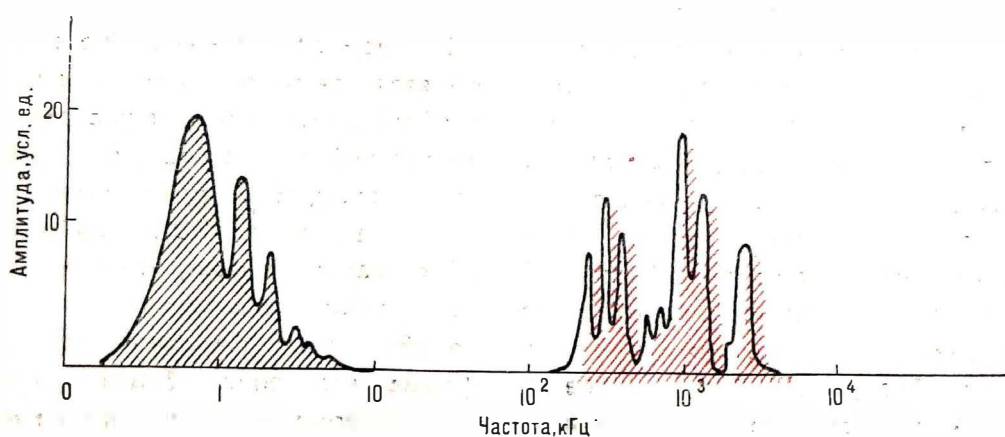


*Залегающее в толще Земли рудное тело обнаруживается по радиоимпульсам, которые оно посылает в ответ на облучение его упругой волной от взрыва*

му возбуждающей упругой волны. Выяснилось также, что величина радиоимпульсов имеет «излюбленное» значение для каждого рудного тела и не зависит от интенсивности возбуждающей упругой волны. При этом напряженность электрического поля в тысячи раз больше напряженности поля хорошо известных пьезоэлектрического и сейсмоэлектрического излучений.

Еще одно необычное свойство было выявлено в результате опытов в шахтах: источники генерации радиоимпульсов мигрируют при повторных облучениях рудного тела упругими волнами. Каждый источник срабатывает только один раз, что свидетельствует о происходящих в руде необратимых изменениях.

*Амплитудно-частотный спектр радиоизлучения полиметаллического рудного тела (цветная штриховка) находится далеко за пределами спектра колебаний возбуждающей упругой волны*



#### РУДА СНИМАЕТ ШАПКУ-НЕВИДИМКУ

Стало ясно: спрятанное в толще Земли рудное тело может выдать свое присутствие, подавая «радиоголос» в ответ на «запрос». Большая интенсивность и особенности формы радиоимпульсов говорят о том, что они — продукт освобождения накопленной в рудном теле и веками сохраняющейся энергии. Указанным свойством, однако, обладают лишь те горные породы, которые содержат минералы-полупроводники. Присутствующие в породе минералы-пьезоэлектрики могут вызвать эффект усиления за счет электрической поляризации руды, возникающей при прохождении по ней упругой волны. В данном случае пьезоэлектрическая поляризация заменяет искусственно создававшееся в лабораторном эксперименте поляризующее электрическое напряжение.

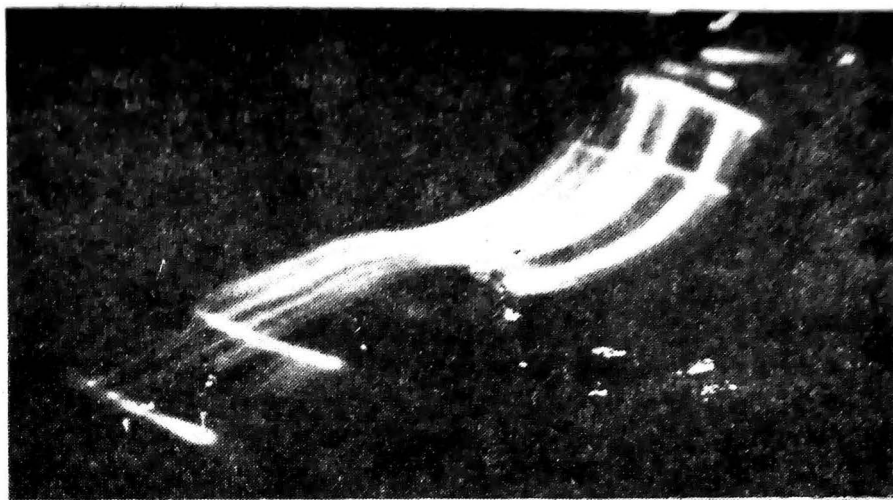
Установлено также, что руда не только становится слышимой, но и видимой в буквальном смысле слова. Она как бы снимает ненадолго свою шапку-невидимку. Кроме радиосигналов, она также генерирует световое из-

лучение, которое отчетливо регистрируется на чувствительную фотопленку. Например, на контактах галенита и сфалерита возникали неправильной формы световые пятна, на контактах зерен кварца, галенита и сфалерита также отмечались следы в виде «комет». Как правило, излучает не вся руда; излучение приурочено к скоплениям одного минерала внутри другого. Светящиеся полосы вытянуты вдоль прожилок различных минералов-полупроводников.

Излучение в виде дуги удалось зарегистрировать после его прохождения через непрозрачный деревянный экран толщиной 6 мм, что говорит и о рентгеновском спектре явления. При наблюдениях за рудной жилой в темной горной выработке можно было наблюдать свечение в виде пульсирующих точек.

Открытое явление генерации радиоимпульсов позволило разработать способ обнаружения природных полиметаллических тел, содержащих минералы-полупроводники. Это послужило основой «полупроводниковой» геофизической разведки. Следует отметить, что большинство рудных полезных ископаемых свинца, цинка, олова, молибдена, никеля, вольфрама представлено минералами-полупроводниками — сульфидами или окислами. Однако до последнего времени полупроводниковые свойства руд никак не использовались при создании методов разведочной геофизики. Опытная проверка нового способа, проведенная на четырех месторождениях Сибири и Дальнего Востока, показала, что скрытые в недрах Земли рудные тела можно обнаруживать по их радиосигналам на расстоянии в несколько сотен метров от действующих горных выработок или скважин, где производятся взрывы.

Трудная задача при производственном использовании нового способа — определение точного местоположения рудного тела в пространстве. А это очень важно, чтобы безошибочно направить горную выработку, призванную вскрыть вновь обнаруженную залежь полезного ископаемого в толще горных пород. Для решения этой задачи используют следующую методику. В двух местах подземных штреков



*Свечение рудных жил, содержащих минералы-полупроводники, под воздействием упругой взрывной волны*

устанавливаются блоки магнитных антенн, которые позволяют вычислить вектор приходящего к антеннам радиоимпульса от рудного тела. Таким образом пеленгуется его местоположение. Дополнительную информацию о залегании рудного тела дает регистрация промежутка времени между моментом взрыва и приходом радиосигнала в пункт наблюдения.

Сотрудники Института физики Земли совместно с работниками производственных организаций Министерства цветной металлургии СССР уже обнаружили указанным способом ряд промышленно важных полиметаллических рудных залежей в Забайкалье и на Дальнем Востоке. Внедрить метод в практику мешает отсутствие серийной аппаратуры, способной с высокой точностью регистрировать в шахтах радиосигналы в диапазоне частот до 5 МГц. За создание такой аппаратуры могли бы взяться предприятия Министерства геологии СССР.

Выгода налицо. Ведь появилась бы реальная возможность на расстоянии, не вскрывая рудного тела, определять, перспективна или нет последующая промышленная разработка. «Богатые» руды, то есть содержащие большое количество полезного компонента, и «бедные», малоперспективные, излучают радиоимпульсы разного спектра частот. Таким образом, обнаружив в толще Земли рудную залежь и определив ее перспективность, можно планировать прохождение горных выработок только к промышленно важным рудным телам. Тем самым поднимается эффективность работ горнорудных предприятий.

#### ВНИМАНИЕ, ОПАСНОСТЬ!

Только ли при разведке полезных ископаемых можно применять радиоизлучение, о котором шла речь выше? Ведь его природа связана с развитием процесса трещинообразования в руде, иными словами, с разрушением самого «генератора». Естественно поэтому ожидать, что чем ближе горная порода к состоянию разрушения, чем сильнее она напряжена ме-



Доктор геолого-минералогических наук  
**С. В. ГРИГОРЯН**  
**А. М. ЗНАМЕНСКИЙ**  
Кандидат геолого-минералогических наук  
**Ю. Е. САЕТ**

## Геохимия и загрязнение среды

ханически, тем больше радиосигналов будет возникать при облучении упругой волной. Лабораторный эксперимент подтверждает это. Ведется подготовка и к опытам в рудниках, где часто происходят горные удары. Последние приводят к серьезным авариям и угрожают жизни людей.

Сейчас о степени опасности тех или иных участков в глубоких шахтах чаще всего судят по количеству ультразвуковых сигналов, возникающих при трещинообразовании. Однако ультразвук интенсивно поглощается горной породой, в итоге опасность участка удастся определить, лишь проводя наблюдения в непосредственной близости от него, в нескольких метрах. Применение способа регистрации радиоизлучения позволяет увеличить это расстояние в десятки и сотни раз. По-видимому, можно добиться еще большей эффективности, если создать в районе участка, испытываемого на горную опасность, искусственное электрическое поле для поляризации горных пород.

Следует учесть, что полупроводники (гематит, магнетит) в виде добавочных минералов содержатся и в граните, слагающем многие сейсмоопасные районы. Так что со временем, возможно, будет найден реальный способ оценивать напряженное состояние больших массивов горных пород и тем самым прогнозировать природные катастрофы — землетрясения. А эта задача — одна из главных для советской науки, как записано в «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года».

**В директивных указаниях партии и правительства в последние десятилетия проводятся два четко выраженных курса — охрана природной среды и всемерная экономия сырьевых ресурсов. Связующее звено этих двух направлений — утилизация отходов производства и быта. Выявить и нейтрализовать источники загрязнений, а также научно обосновать возможность их утилизации помогает прикладная геохимия.**

### «ЗЛОВРЕДНЫЙ СОЮЗ...»

Влияние антропогенных процессов на окружающую среду давно привлекает внимание ученых, но многие проблемы так и не удалось решить, пока ими не занялись геохимики. Дело в том, что в арсенале этой науки есть детально разработанные и вполне оправдавшие себя методы поиска месторождений полезных ископаемых. Они позволяют изучать пространственное рассеивание вещества от его источника (месторождения) в компонентах среды — горных породах, почве, растениях, воде, донных отложениях. Выяснилось, что эта методика вполне приемлема и для изучения процессов загрязнения окружающей среды. По существу речь идет о процессах формирования ореолов и потоков рассеяния вещества в пространстве, но только не от природного месторождения, а от техногенного источника (например, промышленного предприятия).

Казалось бы, загрязнение среды — это беспорядок, хаос, путаница, пол-

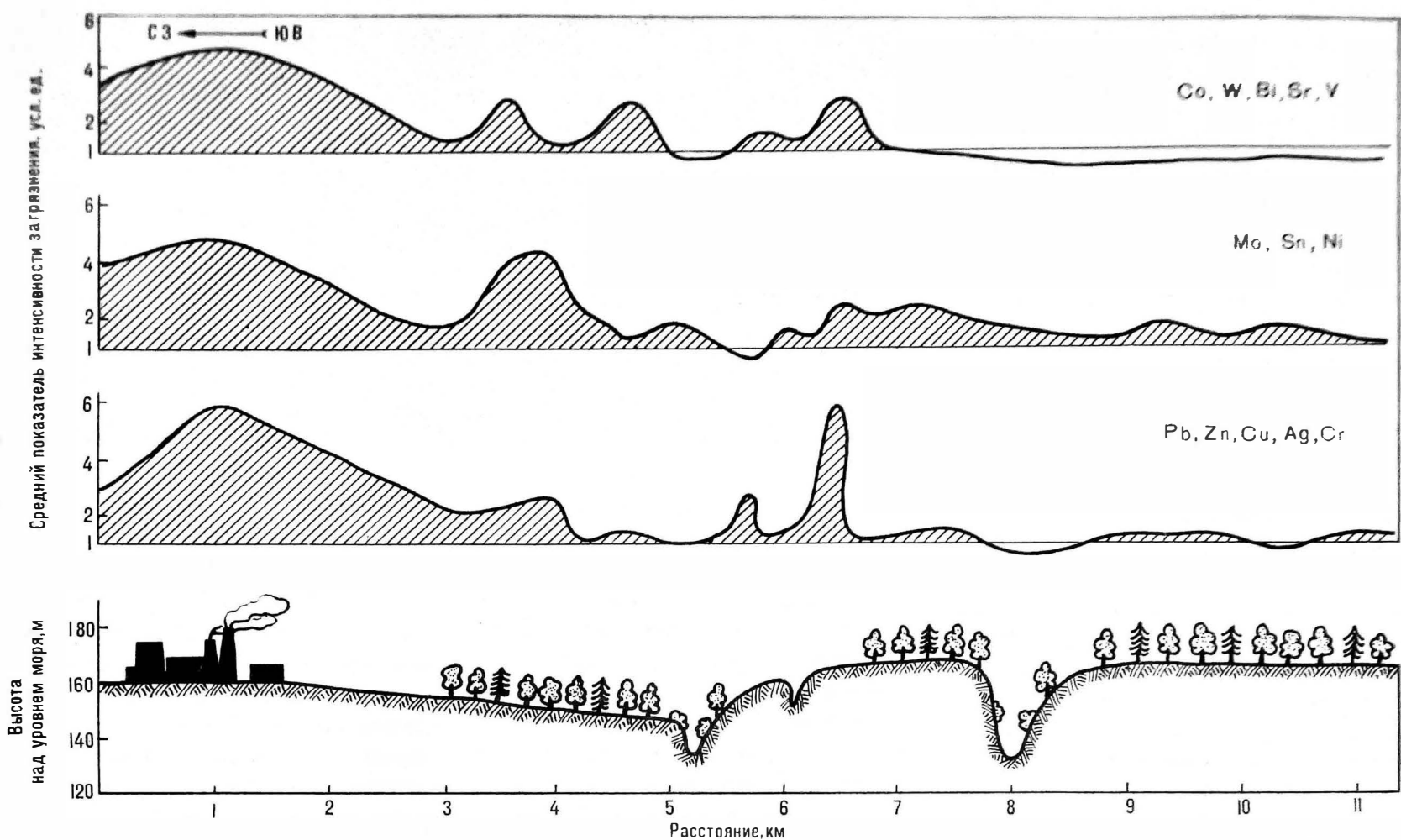
ная невозможность как-то спрогнозировать ситуацию. Но когда ученые начали исследовать загрязнение, обнаружилось: и в беспорядке этом есть определенная закономерность, весьма характерная «физиономия» грязи. Стало очевидным, что такой беспорядок можно классифицировать по его расположению и распределению в окружающей среде. Возьмем, к примеру, выбросы. Этот неиспользуемый человеком поток вещества вносится в природу искусственно, затем он рассеивается и становится участником общего круговорота вещества, правда, зачастую участником вредным, ядовитым. Иное дело — отходы. Их даже не выбрасывают непосредственно в процессе производства, а складывают, накапливают неподалеку от места производства или даже на самом производстве.

Отходы способствуют местному загрязнению среды, тогда как выбросы раскидывают свои «щупальцы» на огромные расстояния. Зловредный союз выбросов и отходов как раз и создает общий фон загрязнений, когда концентрация вредных веществ может колебаться от слабой до жизненно опасной.

### ГЕОХИМИЯ НА СЛУЖБЕ ЭКОЛОГИИ ГОРОДОВ

Газообразные выбросы загрязняют воздух, почву, растения и поверхностные водоемы. Через почву и загрязненные воды происходит вторичное загрязнение растений и воздуха. Жидкие выбросы в первую очередь загрязняют поверхностные воды, а через них растения, воздух и подземные воды.





*Распределение интенсивности загрязнения от промышленного объекта по ландшафтному профилю. В зависимости от форм рельефа и залесенности местности концентрация загрязнителей распределяется неравномерно*

Твердые промышленные отходы в повседневной практике обычно вывозят на свалки или захороняют на территории предприятия. Подобные свалки не только сами по себе становятся сильно загрязненной территорией, но и начинают служить источником загрязнения токсичными металлами для всего окружающего района. Ведь между горожанином и свалкой — подвижная среда, воздух. Ветер со свалок, поднимая пыль, переносит и твердые частицы, содержащие вредные элементы, от которых вроде бы удалось избавиться. Через легкие они попадают в кровь, ткани, клетки человеческого тела. Практикуемая теперь обязательная поверхностная изоляция свалки (ее укрывают слоем свежего незараженного грунта) эффективна только отчасти, изоляция от подзем-

ных вод еще более затруднена, да и стоит дорого. Таким образом, вывоз отходов в пригороды не решает проблемы загрязнения среды. Просто-напросто зона загрязнения перемещается и одновременно распространяется на большие территории.

Методы прикладной геохимии позволили определить главные компоненты загрязнения в городах и пригородных районах. Ими оказались «тяжелые металлы», по своей «вредности» они сейчас уступают только пестицидам, далеко оставив позади такие загрязнители, как двуокись углерода и серы, окислы азота, нефтепродукты, сточные воды. Согласно прогнозам, в недалеком будущем они станут «лидерами» загрязнения. Уже теперь по воздействию на биосферу токсичные «тяжелые металлы» опережают отходы и выбросы атомных электростанций и всю совокупность нетоксичных (или малотоксичных) твердых отходов сельского хозяйства, промышленности и быта. Однако даже самые вредные и стойкие органические загрязнения рано или поздно разлагаются и исчезают, химиче-

ские же элементы лишь мигрируют из одного компонента среды в другой, поражая все новые и новые живые организмы.

Исследуя траектории движения токсичных химических элементов, прикладная геохимия находит самые опасные области поражения, возникающие чаще всего вокруг промышленных источников. Самый чуткий индикатор геохимической обстановки в ландшафте — это почва. В ней пересекаются все миграционные пути химических элементов. Воздух, вода, средства химизации сельскохозяйственного производства, применение удобрений и способы обработки почвы — все оставляет свой отпечаток на почвенном слое. (В местах, где снеговой покров держится долго, снег также становится чутким показателем загрязнения атмосферы.) С санитарно-гигиенической точки зрения почва имеет одну важную особенность. Загрязняясь сама, она одновременно становится источником загрязнения: прямым, так как пыль почвенного происхождения составляет большую часть атмосферного воздуха (а им ды-

шат люди), и косвенным, загрязняя растения и подземные воды.

И уже иной представляется чистота зеленых пригородов вокруг промышленных центров, когда знакомишься с данными геохимических исследований. На площади, в несколько раз превышающей городскую территорию, идет систематическое накопление тяжелых металлов. Ежегодно на несколько процентов увеличиваются запасы хрома, меди, цинка, молибдена, олова, ртути. На 20% возрастает количество серебра и вольфрама, на 40% — кадмия, более чем в два раза — висмута. Предполагают, что остальные пути поступления химических элементов в пригородные зоны (с пылью, атмосферными осадками, сточными водами, химическими удобрениями) должны по меньшей мере удвоить эти цифры. «Металлический обруч» вокруг городов становится все толще и неодолимее, и это прежде всего сказывается на живых организмах.

#### МИГРАЦИЯ ЯДОВИТОЙ ГРЯЗИ

Возникнув где-то, загрязнение не остается на одном месте, оно стремится к «захвату» новых территорий. Казалось бы, вполне невинная вещь — производственная пыль и грязь на обуви и одежде рабочих. Но ведь это один из путей миграции вредных химических соединений. Даже самые малые дозы яда, умноженные на время (десятилетия!), становятся серьезной угрозой для здоровья.

Существуют различные способы борьбы с загрязнениями. Например, через высокие трубы или водообильные сбросы загрязнения выводят из зоны больших концентраций подальше от мест производства. Но благодаря этим высоким трубам начали формироваться «кислые дожди» и выпадают они вдали от источников выброса. Поставят трубы в Бельгии, Голландии, ФРГ, а «кислые дожди» орошают Скандинавию. Спускают загрязнения в водообильные стоки, а яды собираются через много километров в конечных бассейнах стока — в непроточных водоемах. Если же загряз-



нения попадают в болота, это равносильно экологической катастрофе — погибает все живое на десятки, сотни лет. На одном из целлюлозно-бумажных комбинатов много лет подряд сточные воды со следами ртути сбрасывали в реку. При анализе вредный металл лишь изредка и в незначительных количествах обнаруживали в воде и донных отложениях. Но за 50 км от места сброса, в непроточной части озера, геохимики обнаружили ртуть в катастрофически высокой концентрации. Загрязнитель умудрился пропутешествовать «инкогнито» полсотни километров, осев затем в илистых отложениях водоема, где его и не ожидали найти.

Разумеется, токсичные химические элементы далеко не всегда путешествуют беспрепятственно. То и дело на их пути возникают «депо», временно задерживающие их продвижение к конечным бассейнам стока. Препятствия эти могут быть естественными, вроде упомянутой непроточной части озера, но в последнее время появилось большое количество искусственных геохимических барьеров. В промышленных городах сооружают очистные сооружения, в отстойниках которых ежегодно накапливаются десятки тысяч тонн илов, содержащих множество разнообразных химических элементов часто в высоких концентрациях. Когда исследовали ил, взятый в одном из таких отстойников, в нем обнаружили кадмия в 300 раз больше, чем обычно его бывает в горных породах, содержание серебра, свинца, ванадия и цинка там было в десятки раз, ртути и меди — в 6, а никеля и

молибдена — в 3—4 раза выше нормы.

#### ГЕОХИМИЯ ОБВИНЯЕТ

Методы геохимии позволяют составить структурные карты урбанизированных зон и городов. На таких картах хорошо видны все «язвы цивилизации», оставленные на почве, снеговом покрове, на дне водоемов и среди растительности. Геохимические карты городов и пригородных зон однозначно определяют адрес «главного виновника» загрязнения и подсказывают конкретные практические меры по охране окружающей среды в данном районе. Геохимики подтвердили, что в промышленных центрах максимальная степень загрязнения — вблизи металлургических и некоторых химических заводов. Менее грязны территории приборостроительных, металлообрабатывающих, полиграфических предприятий. Современные жилые массивы загрязнены незначительно, здесь показатели в десятки раз ниже.

Эколого-геохимические карты не просто выявляют источники загрязнения, но и дифференцируют их по степени опасности, устанавливают точную геометрию и размеры зон влияния. Особенно чуткий показатель меняющейся геохимической обстановки в городах и пригородных зонах — это растения. Содержащиеся в них определенные химические элементы говорят не только о присутствии в окружающей среде именно этих элементов, но и показывают, какие элементы находятся в биологически активной форме. Под воздействием многих ток-

сичных химических элементов растения заболевают, чахнут, степень их угнетения строго индивидуальна. Наиболее восприимчива к загрязнению хвойная растительность, из лиственных одни виды выдерживают загрязнение лучше, чем другие, и это необходимо учитывать при озеленении городских территорий. В городах растительность отравлена главным образом свинцом, молибденом и оловом, в меньшей степени ванадием и хромом. Концентрации других элементов для городской растительности не характерны, что косвенно свидетельствует об их слабой биологической активности.

На геохимических картах обнаруживаются не только «виновники» загрязнения, но и «состав преступления» (химический состав), зоны и районы «преступной деятельности». Приговор вынести легко, он всегда точен и справедлив. Например, в одном ландшафтном заповеднике обнаружили загрязнение почвы. Это была довольно сильная локальная аномалия с широким набором элементов, включающим ртуть и серебро. Стали искать «виновника», но ничего поблизости не нашли. Подозрение пало на коксохимический завод, расположенный в пятнадцати километрах от места загрязнения. Но как обосновать подозрение? Составление геохимической карты подтвердило причастность завода к загрязнению заповедника, около завода выявилась геохимическая

аномалия, содержащая те же элементы, что и в заповеднике, только в еще большей концентрации. Иск, предъявленный заводу на основании геохимических данных, был неопровержим...

### ПТИЦА ФЕНИКС НА ГОРОДСКОЙ СВАЛКЕ

Этому мифологическому персонажу сегодня самое место на горах промышленных отходов и бытовых отходов. Там она символизирует бы потенциалы возможности их утилизации. Ведь с экономической точки зрения любые отходы производства — это неоправданное расточительство, бесполезное растрачивание сырья, дефицитность которого ощущается все сильнее. К тому же утилизация — единственно реальная возможность полной и окончательной ликвидации загрязнений отходами. Все остальные способы борьбы имеют частичный, временный успех, так как сводятся только к перенесению загрязнений из одних участков биосферы в другие.

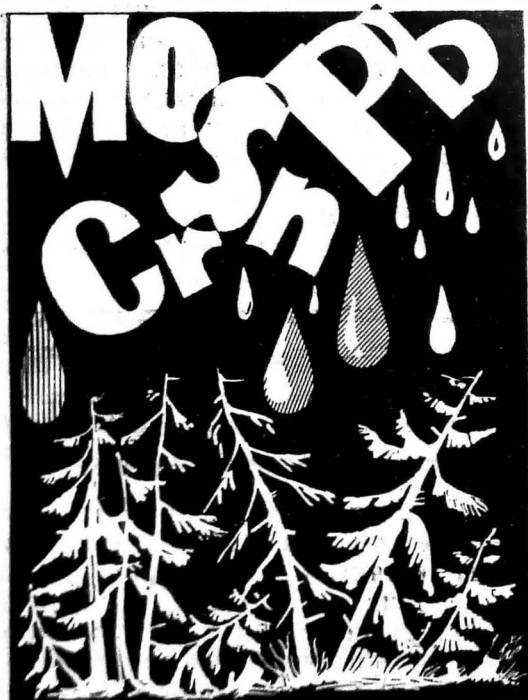
Геохимические данные показывают, что «производительность» большого современного города по металлам не уступает крупному горно-обогатительному комбинату, перерабатывающему черные, цветные и редкие металлы одновременно. Вокруг промышленных центров и городов уже образовались искусственные «месторождения полезных ископаемых». Только за счет металло-абразивной пыли в отходах создались промышленно ценные запасы вольфрама, серебра, кобальта, молибдена. Илы очистных сооружений гальванических производств содержат в промышленных концентрациях цинк, медь, олово, серебро, вольфрам, кадмий, висмут. Бытовые отходы имеют в весьма значительных количествах железо, алюминий, медь, свинец, олово, цинк и другие элементы.

Чтобы можно было использовать эти богатства, нужно в корне изменить способы накопления и долговременного хранения (вернее, захоронения) отходов. Свалки надо заменить специальными накопителями, откуда сырье по мере надобности легко извлекать для дальнейшей переработки.



Утилизация вернет народному хозяйству тысячи тонн дефицитных металлов. В Москве, например, сейчас из бытового мусора извлекается свыше тысячи тонн консервных банок. При среднем содержании олова в консервных банках в один процент весь бытовой мусор столицы мог бы давать около 75 тонн олова в год, а это равно производительности среднего горнопромышленного предприятия. Технология извлечения олова из консервных банок уже полностью разработана и опробована, она проще и экономичнее, чем получение олова из первичного сырья. Казалось бы, перспектива заманчива и рентабельна. Но... технология извлечения олова требует чистых банок, а это уже — проблема: мешает установившийся взгляд на эксплуатацию отходов. Банки уходят по привычной дороге — на переплавку, а олово рассеивается, увеличивая загрязнение среды.

Новый, геохимический подход к проблеме утилизации подразумевает







комплексное изучение и намечает конкретные предложения по утилизации бытового мусора и промышленных отходов. Однако способы и методы утилизации должны применяться в полном согласии с данными эколого-геохимической обстановки, в точном соответствии с современными научными представлениями. Так, до недавнего времени получение компостных удобрений считалось одной из лучших форм утилизации городских бытовых отходов. Но в крупных городах и про-

мышленных центрах к бытовым отходам неизбежно примешиваются промышленные, да и сами «чисто» бытовые отходы все больше похожи по составу на промышленные (в них явный избыток металлов). Попадая вместе с компостами в почву, металлы накапливаются там, затрудняя процессы жизнедеятельности микроорганизмов (от которых во многом зависит плодородие почв), изменяя весь ход биохимических процессов в почвах, делая их токсичными. На некоторых обследованных сельскохозяйственных угодьях, несколько лет систематически удобрявшихся компостами из бытового городского мусора, было отмечено увеличение в несколько раз концентраций свинца, цинка, олова, меди, молибдена, серебра. Особую тревогу вызывает увеличение содержания ртути.

По данным зарубежных экологов, свекла, выросшая на компостируемых почвах, содержит в 2—3 раза больше олова, свинца, стронция, серебра. Капуста «питает слабость»

к хрому, цинку, никелю. Картофель также изрядный «любитель хрома», на компостах он его «съедает» в 12 раз больше, чем на обычном поле. Даже одноразовое внесение компоста ведет к «металлизации» сельскохозяйственной продукции. Поэтому геохимики рекомендуют применять компосты из бытового мусора крайне осторожно и ограниченно, например для декоративно-парковых растений, но ни в коем случае не для пищевых и кормовых.

Немногие десятилетия отделяют нас от возможной кризисной ситуации, которую мы еще в силах предотвратить созданием замкнутых промышленных систем, утилизирующих отходы. Извлечение ценных химических элементов из отходов оправдано экономически, особенно если учесть ущерб от загрязнения окружающей среды. В этих условиях птица Феникс могла бы стать символом самоочищающейся цивилизации.

## НОВЫЕ КНИГИ

### СОХРАНИТЬ ЗЕМЛЮ ДЛЯ ПОТОМКОВ

Какой будет Земля двадцать первого века? Геологи и биологи, демографы и экономисты пытаются представить себе ее будущее — ведь научно-техническая революция и стремительное развитие технологии подчас неизбежно приводят к «травмированию» нашей планеты. Книга известного ученого и популяризатора науки О. Н. Толстихина «Земля — в руках людей» (М.: Недра, 1981) посвящена геологическим аспектам проблемы охраны природной среды.

В книге восемь глав. В первых двух автор рассказывает об освоении и добыче полезных ископаемых, о существующих методах и перспективах, о геологических процессах, возникающих под влиянием деятельности человека. Читатель узнает о мероприятиях, все активнее проводимых для спасения природных ландшафтов, о рациональных методах добычи подземных богатств.

Загрязнение воздуха, а также по-

верхностных и подземных вод — тема следующих трех глав книги.

Шестая глава посвящена использованию и охране земных недр. Координация вопросов пользования недрами становится жизненно необходимой — в ней заинтересованы не только горняки, но и энергетики, геологи и многие другие специалисты. Что такое геотехнические системы? Ответ на этот вопрос читатель найдет в седьмой главе, где идет рассказ о взаимодействии геологической среды с инженерными сооружениями и комплексами. В заключительной, восьмой главе книги подводятся итоги природоохранных мероприятий и обсуждаются дальнейшие пути геологических наук. От них во многом зависит, какой будет наша планета завтра.

### ВСЕ О КАЛЕНДАРЕ

В 1981 году издательство «Наука» выпустило в свет книгу «Календарь и хронология». Ее автор — профессор И. А. Климишин — хорошо известен многим любителям астрономии, учащимся и преподавателям по своим полезным и увлекательным книгам, написанным на русском и украинском языках.

Новая книга И. А. Климишина посвящена прошлому и настоящему календаря. Напомнив читателям о важнейших понятиях сферической астрономии, автор просто и доступно излагает астрономические основы календаря и математическую теорию различных календарных систем.

В книге собран обширный материал по истории календаря. Читатели узнают о календарях народов Двуречья, древнегреческих календарях, календарях древних китайских и египетских астрономов, о календарном круге майя, о первоначальном еврейском календаре, о системе счета времен приднепровских славян.

Много интересных сведений содержится в книге о календарных эрах, которыми пользовались народы разных стран.

Несколько параграфов посвящено современному состоянию календарной проблемы.

В Приложениях к книге помещены даты новолуний на XX век, примеры «вечных» календарей, эпох важнейших календарных эр и некоторые другие сведения, которые привлекают внимание интересующихся вопросами хронологии и календаря.



Кандидат геолого-минералогических наук  
**И. Н. ЯНИЦКИЙ**  
**Э. В. БОРОДЗИЧ**

## Геология гелия

**Этот инертный газ — второй по распространенности после водорода элемент во Вселенной — в земную атмосферу поступает из недр нашей планеты. Земная кора, подобно коже живого организма, «выдыхает» флюид, содержащий гелий.**

### СТРАНИЦЫ ПРОШЛОГО

Исследовательский «бум», связанный с гелием, начался незадолго до первой мировой войны, когда вместо взрывоопасного водорода этим легким газом, добывавшимся из подземных залежей, стали наполнять дирижабли. Итоги начального периода подвел американский геолог Дж. Ш. Роджерс. Проанализировав весь имевшийся к тому времени материал, он сформулировал несколько гипотез образования залежей гелиеносных газов. Больше склоняясь к мысли, что месторождения газа связаны со скоплением радиоактивных руд, Роджерс не исключал и «первозданного» гелия, захваченного в недра веществом протоземли.

В 1912 году академик В. И. Вернадский опубликовал работу о «газовом дыхании» Земли, в которой сделал попытку оценить многие известные, но не объясненные тогда процессы выделения газов из недр. Спустя около двух десятилетий в своих знаменитых «Минералогических записках» В. И. Вернадский уделил особое внимание «гелиевому дыханию» Земли. Он поставил даже практическую задачу. Считая, что гелий образуется

при радиоактивном распаде, ученый предложил его аномальные максимумы на поверхности Земли использовать для поиска радиоактивных руд. Забегая вперед, отметим: лишь через 40 лет стало ясно, что продуцирование гелия в скоплениях радиоактивных руд составляет всего-навсего доли процента его глубинного потока и выделить такие малости никакими способами невозможно.

После смерти Дж. Ш. Роджерса долгое время почти не было каких-либо значительных исследований по проблеме гелия. Интересные работы появились только в 30-х годах в СССР. Уже не за горами был новый технологический «бум», когда интенсивно начали применять гелий в физике, атомной энергетике, космонавтике, металлургии. Ежегодное потребление этого газа возросло тогда до десятков миллионов кубометров...

Было немало противоречий в развитии гелиевой геологии. В сущности, исследователи решали задачу со многими неизвестными, а единственно возможным способом анализа гелия был химически-объемный. Из взятой газовой пробы, применяя активированный уголь и низкие температуры, последовательно извлекали все компоненты до тех пор, пока не оставалась лишь устойчивая гелий-неоновая смесь. На специальном приборе таким способом за целый день удавалось обработать не более двух проб. К тому же точность анализа была невысока — всего тысячные доли объемного процента, — не говоря уже о том, что анализировать тогда умели только свободную газовую фазу гелия. Положение изменилось в 1933 году, когда молодой гидролог В. П. Сав-

ченко изобрел способ вакуумной дегазации воды. Так появилась возможность исследовать гелий, растворенный в воде.

Дж. Ш. Роджерс обобщил результаты анализа около 10 тысяч газовых проб. К 40-м годам их число удвоилось. Уникальной провинцией высококачественных гелиеносных газов была признана центральная область США — Мидконтинент. Месторождения гелия в других районах по качеству сырья считались убогими, а их эксплуатация нерентабельной. Разработали даже специальный способ получения гелия из воздуха, но он оказался слишком дорогим. Поэтому потребители обычно покупали очищенный гелий в США. Кроме того, что гелий неравномерно распределен на земном шаре, вскоре обнаружили еще одну его особенность. В абсолютном большинстве случаев неглубокие газовые залежи (всего 300—400 м от поверхности) оказались и самыми продуктивными. Глубже концентрация газа обычно резко уменьшалась (исключение составило лишь уникальное азотно-гелиевое месторождение Реттлснейк, обнаруженное в США на глубине 2000 м). Никто тогда еще не мог предполагать, что повсеместно наблюдаемое уменьшение концентрации гелия с глубиной — одно из важнейших свойств газового режима нашей планеты.

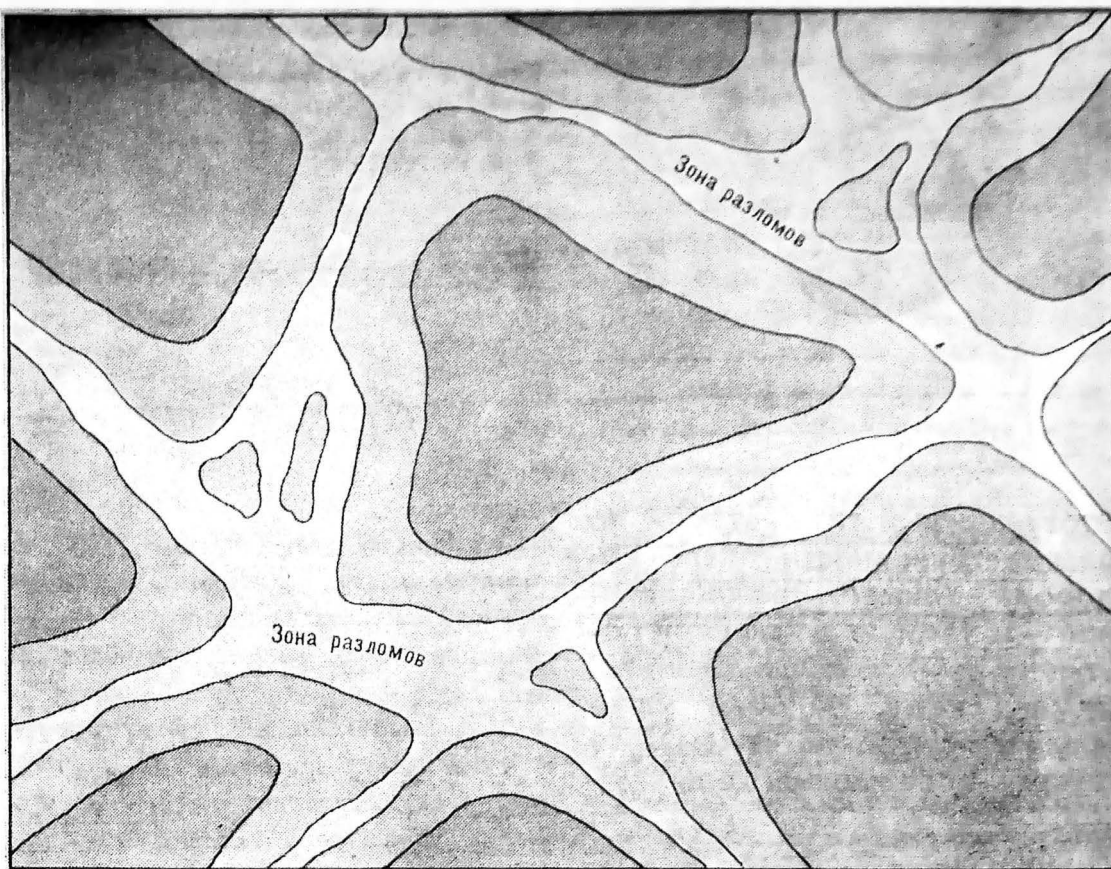
### ГЕЛИЕВАЯ СЪЕМКА

Несколько десятилетий назад начались попытки экспериментального обнаружения потока гелия, выделяющегося из земных недр. К каким только ухищрениям ни прибегали ученые,



стараясь зафиксировать этот поток! На исследуемых участках устанавливали даже специальные металлические колпаки (из-под которых брали пробы воздуха), чтобы уловить поток газа. Но и под ними не удавалось обнаружить никакого приращения концентрации — гелий каким-то образом «ускользал». Не обошлось и без курьеза, когда американский геохимик П. М. Харлей пытался оценить поток газа на километровой глубине при проходке крупнейшего тоннеля Адамс. По традиции он изучал лишь гелий, растворенный в горных породах, а не свободный газ; поэтому интенсивность потока оказалась завышенной в сотни раз. Были и другие ошибки. В тысячи раз занижали поток исследователи, когда оценивали его, исходя из расчета эрозии земной поверхности.

Наиболее продуктивным оказался способ гелиеметрии, разработанный в 60-х годах во Всесоюзном научно-исследовательском институте минерального сырья под руководством профессора А. Н. Еремеева. Метод предельно прост. Известно, что гелий хорошо растворяется в воде: на глубине 50—100 м в подземных водах полностью растворяется любая его концентрация. Так как подземные воды заполняют все свободное трещинно-поровое пространство горных пород, мигрирующий снизу гелий обязательно должен пройти через этот водный барьер и его концентрация в воде будет выше там, где восходящий поток сильнее. Приповерхностный (обычно до 30—50 м) характер исследований с опробованием колодцев, родников и мелких скважин позволяет измерять концентрацию гелия с минимальными затратами.

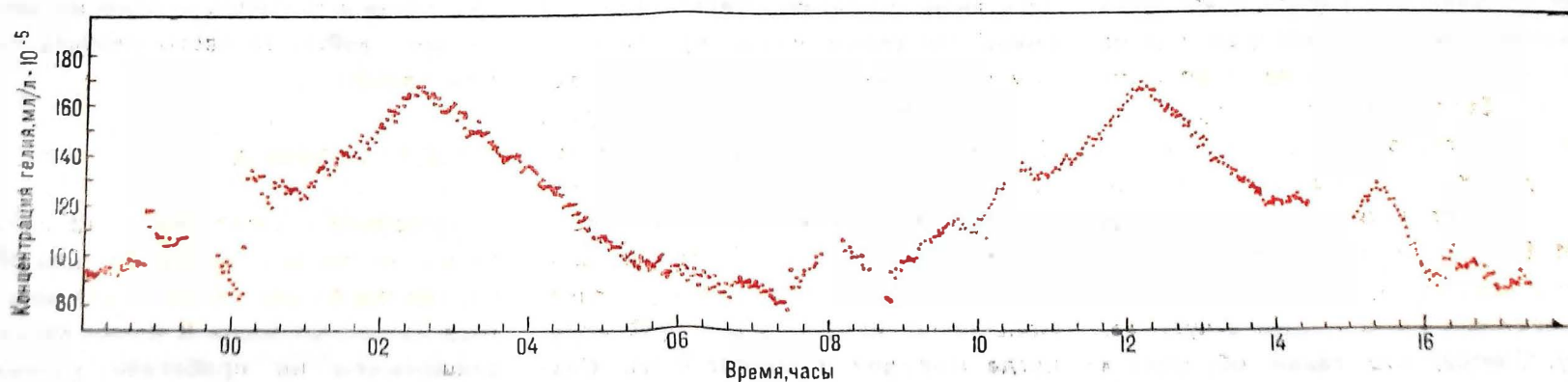


*Схематический фрагмент карты гелиевого поля Земли. Как на гигантском рентгеновском снимке, видны непроницаемые жесткие блоки, разделенные зонами активных разломов, где сейсмическая опасность более высокая. Для возведения инженерных сооружений следует выбирать центральные области блоков, наиболее удаленные от зоны разломов*

*Фрагмент записи поля гелия. Запись сделана 14 сентября 1980 года на Припятском геодинамическом полигоне в Белоруссии. За несколько часов концентрация гелия может измениться вдвое*

Так родилась водногелиевая съемка, для которой применялись простейшие средства отбора проб. В те же годы были созданы и высокочувствительные анализаторы растворенного в воде гелия (благодаря им точность измерений повысилась в сотни раз). Водногелиевая съемка охватила огромные территории нашей страны, в работах приняли участие научно-исследовательские институты и производственные объединения различных ведомств. В результате удалось отобрать сотни тысяч газовых проб, а на сегодняшний день их число уже перевалило за миллион.

Не все, конечно, шло гладко. Развитие исследований напоминало действия начинающего фотографа: он еще не знает точной экспозиции и не



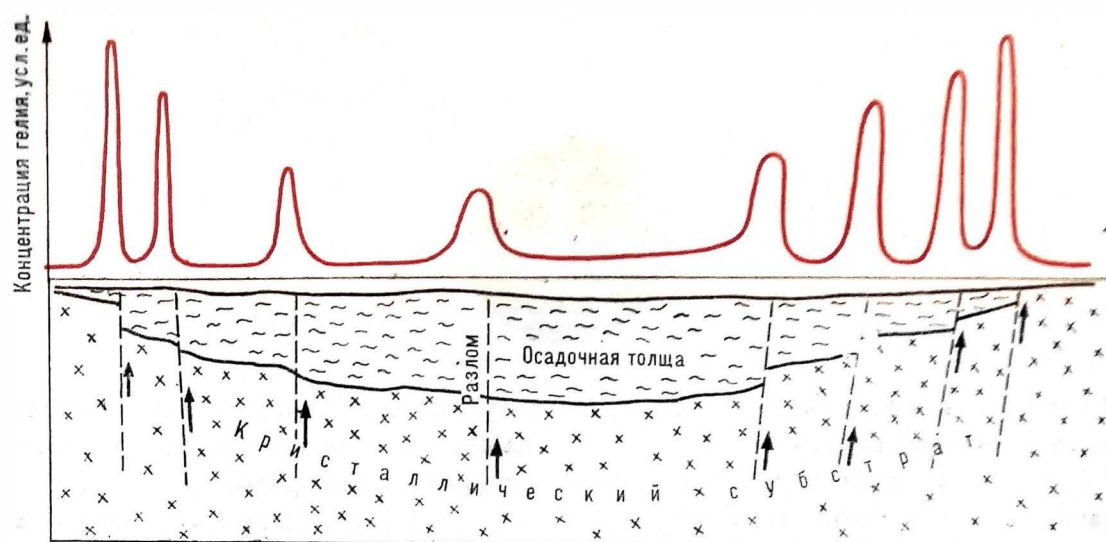


имеет навыка в подборе материала. Он проявляет негатив за негативом, и вот на каком-то из них обнаруживает долгожданный контур... Постепенно были созданы карты, отражающие распределение потока гелия по поверхности Земли. Карты напоминали гигантские рентгеновские снимки земной коры, где четко вырисовывались непроницаемые блоки и разделяющие их глубинные разломы.

## ПОЛЕ ГЕЛИЯ И ФЛЮИДОДИНАМИКА ЗЕМЛИ

Сначала казалось, что измеренный на поверхности гелиевый поток «отслеживает» глубинные разломы, то есть как будто бы оправдывается предположение академика В. И. Вернадского. Позднее пришлось убедиться, что разломы эти почти никогда не сопровождаются непрерывной гелиевой аномалией: она обычно представляет собой своеобразную цепочку из отдельных аномалий, разделенных промежутками, где концентрация гелия имеет среднее фоновое значение. Это гелиевое поле, как показали дальнейшие исследования, может изменяться в зависимости от различных условий, например сейсмических. В спокойных сейсмических условиях оно квазистационарно (наличие вариаций, связанных с приливными, сезонными и другими явлениями, по сути не влияет на средний уровень концентрации). И только сейсмические возмущения приводят к резким изменениям гелиевого поля. Так вариации гелия во времени стали служить признаком развивающихся в глубинах Земли процессов, своего рода сигналом о них.

Таким образом, гелий движется по разломам земной коры. Активный динамический поток этого газа переносится вместе с фазой-носителем — минерализованной и насыщенной газами водой. Эта многокомпонентная система называется **флюидом**. По данным гелиеметрии такой процесс идет повсеместно — от высочайших горных систем до дна Мирового океана. Гигантскими силами флюид выжимается через современные активные разломы, свободно преодолевая не только гидростатическое давление



*Вертикальный разрез артезианского бассейна (схема). По данным гелиеметрии бассейн напоминает расколотую тарелку:*

*блоки (осколки «тарелки») и трещины между ними — активные разломы, пронизывающие всю толщу осадочных пород.*

*По разломам вверх мигрирует флюид, содержащий гелий. Кривая отражает всплески концентрации гелия.*

*Больше концентрация там, где тоньше осадочный слой: проходя через него, поток флюида меньше рассеивается*

воды, но и ее динамический сток. Значит, в проницаемых зонах должны быть вертикальные градиенты избыточного давления. Как их определить?

Снова идет эксперимент. На территории древней складчатой области выбирается гелиевая аномалия, которая связана с разломом, выходящим на поверхность. Заметного потока газа из него нет. Но этот поток фиксируется в подземных шпурах (3,5—10 м под поверхностью), причем аномальная концентрация гелия во все время исследований постоянна, она лишь несколько пульсирует. А что, если площадку вокруг шпуров загерметизировать сверху, покрыв ее, например, бетоном и смолой? Тогда, оказывается, в шпурах увеличивается не только концентрация гелия, но и появляется заметное давление газа, которое можно зарегистрировать чувствительными манометрами. И чем лучше площадка экранирована, чем глубже опущены газозаборные трубки, тем интенсивнее эффект избыточного дав-

ления подземного газа по сравнению с одновременно измеряемым атмосферным давлением.

Так был сделан окончательный вывод: Земля постоянно «выдыхает» флюид, и вся структура приповерхностного поля гелия не только отражает этот процесс, но и обязана ему своим происхождением. Не потому ли длительно сохраняется гидросфера, несмотря на диссипацию водорода? Может быть, и высокая концентрация кислорода в земной атмосфере также объясняется постоянным расщеплением восходящего тока воды? Подобные предположения, видимо, имеют право на существование.

## ГЕЛИЙ И ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Известны случаи проникновения в горные выработки отравляющих или взрывоопасных природных газов. Газы эти коварны — они заполняют выработку бесшумно, еле просачиваясь из трещин. С глубиной интенсивность газовыделения усиливается, и на глубине около километра во всех шахтах «газовый фактор» становится подлинным бедствием для горняков. Еще опаснее встретить в подземных условиях настоящий «живой» разлом. Он, как ореховую скорлупу, ломает даже железобетонную крепь. У газонефтяников свои беды — аномально высокое пластовое давление. За считанные секунды на глазах у буровиков из недр выбрасываются многотонные буровые трубы, взламываются мощные затворы-превентеры.



И вот уже на месте скважины бушует газово-грязевой вулкан...

Все эти явления характеризуются одной очень важной особенностью: разгрузка очага избыточного давления (энергия газового потока, идущего из него) растет с глубиной. Но каков механизм образования таких очагов в недрах? Здесь невольно приходится вторгаться в давнюю дискуссию газонефтяников и тектонистов — о причинах возникновения аномально высокого пластового давления. Первые утверждают, что очаги формируются в осадочной толще за счет гравитационного уплотнения пород и химических реакций в них. Вторые доказывают: аномалии высокого давления образуются, когда между пластами по проницаемым зонам перетекает флюид.

По мнению авторов, вторая концепция, в отличие от первой, вполне согласуется с фактическими данными, непонятна лишь начальная стадия процесса — переход от устойчивого режима к неустойчивому с передачей литостатического давления флюиду. Объяснить это удалось совсем недавно на основе положений кинетической теории прочности. Оказалось, что состояние флюида зависит не только от давления в недрах, но и от параметров времени и температуры. Последнее в реальных условиях земных недр имеет важное значение. Таким образом, налицо связь между флюидом, несущим гелий, и опасными горногеологическими явлениями.

#### ГЕЛИЕВАЯ СЪЕМКА СЛУЖИТ ЛЮДЯМ

Рассмотрим некоторые научные и практические задачи, которые можно решать с помощью гелиевой съемки. В последнее время выявилась новая область ее применения — гидрогеоло-

гические и инженерно-геологические изыскания. Совсем не безразлично, например, как размещены важные сооружения относительно элементов структуры Земли. Максимальные деформации поверхности происходят в зоне скрытых малоамплитудных разломов, пронизывающих всю литосферу до ее верхних слоев. Разумеется, участки, где развиты активные разломы, не годятся для возведения таких сооружений, как атомные электростанции, подземные газохранилища, полигоны для «захоронения» токсичных промышленных стоков.

Гелиевая съемка помогает решать также проблему **топливно-энергетических и гелиевых ресурсов**. В последнее время появились публикации, в которых доказывается отсутствие залежей горючих газов на глубине более 7—8 км. Верхними тремя-четырьмя километрами ограничивается и область развития промышленных месторождений гелиеносных газов. Авторы публикаций исходят из известных положений, что на глубине из-за роста давления уменьшается пористость и трещиноватость пород. Тем самым привычные представления о пластовом коллекторе и залежах в нем для глубин более 5 км сходят на нет. Но, как известно, с ростом давления увеличивается растворимость газов в самих породах, и на глубине 7—15 км все более реальным коллектором газов становится именно вмещающая порода.

Доказательством гигантских скоплений углеводородов на значительной глубине служит упомянутый спад объемного содержания гелия с общим ростом его упругости (парциального давления газа). В областях, где развиты залежи газов азотного типа, соотношение объемного содержания и упругости гелия с глубиной, как правило, сохраняется. Эти чрезвычайно

интересные и пока мало изученные закономерности определяются процессами в недрах, и индикатором таких процессов служит гелий. Ресурсы горючих газов и гелия на глубине более 5 км практически неисчерпаемы, нужно лишь найти рентабельные способы извлечения этих газов из недр в условиях высоких температур и давлений. И при всех технологических изысканиях следует помнить об охране окружающей среды. Активно вторгаясь в литосферу («захоронение» токсичных промышленных стоков или сверхглубокое бурение), мы неизбежно нарушаем природное поле избыточного давления газа, связанное с флюидодинамикой Земли. Одни действия, например, нормальная эксплуатация газонефтяных месторождений, приводящая к разгрузке очагов избыточного давления, не сопровождаются серьезным нарушением условий в недрах. Другие — в случае неправильной организации разработок — могут вызвать катастрофу.

Поле гелия оказалось мощным орудием научного познания. Но в его применении мы пока делаем только первые шаги. Однако, как ни сложно развитие новых направлений, идти этими непроторенными путями необходимо, памятуя оценку роли современной науки, данную Л. И. Брежневым на XXVI съезде КПСС, — это роль лидера, не допускающего застоя, определяющего прогресс. Понимание основ флюидодинамики позволит решить многие задачи, в частности разработать условия оптимального природопользования и предупредить многие возможные нежелательные последствия хозяйственной деятельности человека.



Доктор физико-математических наук  
С. М. ПОЛОСКОВ

## Федор Александрович Бредихин (к 150-летию со дня рождения)

8 декабря 1981 года исполнилось 150 лет со дня рождения академика Федора Александровича Бредихина — выдающегося русского ученого, с именем которого связана яркая эпоха в развитии отечественной астрофизики.

Ф. А. Бредихин происходил из семьи военных моряков. Его отец Александр Федорович был офицером флота, мать Антонина Ивановна — родная сестра адмирала Рогули, руководившего после гибели адмирала П. С. Нахимова обороной Севастополя во время Крымской войны (1853—1856).

Завершив среднее образование в 1851 году, Ф. А. Бредихин поступил на физико-математический факультет Московского университета; с Московским университетом связан самый плодотворный период научного творчества ученого. В 1855 году Ф. А. Бредихин окончил университет и был оставлен при кафедре астрономии для продолжения научной деятельности. Через два года после сдачи магистерских экзаменов его назначили исполняющим обязанности адъюнкта.

В 1862 году он защитил диссертацию на степень магистра. Уже в диссертации Ф. А. Бредихина содержались идеи, развитые затем в механическую теорию кометных форм. Эта замечательная работа под названием «О хвостах комет» была переиздана в наше время в серии «Классики естествознания». В 1865 году Федор Александрович защитил докторскую диссертацию на тему «Возмущения комет, не зависящие от планетных притяжений».

С 1859 года Ф. А. Бредихин работал на Московской обсерватории. В 1866

году он вынужден был покинуть обсерваторию из-за ссоры с ее директором Б. Я. Швейцером. Вскоре по приглашению Итальянского спектроскопического общества Федор Александрович уехал на год в Италию. Там он познакомился с астрономом А. Секки и вместе с ним начал осваивать новые методы астрофизики. В это время в астрофизику внедрялся один из мощных физических методов — спектральный анализ. Ф. А. Бредихин изучил способ наблюдений протуберанцев и в дальнейшем организовал в России систематические наблюдения Солнца.

В 1868 году Ф. А. Бредихин возвратился на родину. Вначале его назначили профессором астрономии Киевского университета, но вскоре перевели в Московский университет. Однако в Московскую обсерваторию Федор Александрович вернулся лишь в 1873 году, когда после смерти Б. Я. Швейцера его пригласили на пост директора обсерватории. Здесь он работал до 1890 года, здесь протекли его самые счастливые и плодотворные годы.

С Московским университетом связана пора не только больших творческих достижений, но и активной педагогической, общественной и популяризаторской деятельности ученого. Он был одним из учредителей Московского математического общества и активным членом Московского общества испытателей природы. Ф. А. Бредихин часто выступал в лектории Политехнического музея; его лекции о достижениях астрономии пользовались неизменным успехом.

В 1890 году Ф. А. Бредихина избрали действительным членом Петербургской академии наук; из столицы

поступило приглашение занять должность директора крупнейшей в стране Пулковской обсерватории. Федору Александровичу пришлось не по душе атмосфера, господствовавшая в совершенно онемеченной к тому времени Пулковской обсерватории. «При самом вступлении в управление обсерваторией — писал Ф. А. Бредихин, — для меня было непреложной истиной, что теоретически образованным питомцам всех русских университетов, чувствующим и заявившим свое призвание к астрономии, должен быть доставлен в пределах возможности, свободный доступ к полному практическому усовершенствованию в этой науке, а затем и к занятию всех ученых должностей при обсерватории». Если до прихода Ф. А. Бредихина на Пулковской обсерватории работали всего два русских астронома, то вскоре их стало девять. Расширилась тематика научных исследований. Серьезно интересуясь физикой Солнца и спектроскопией звезд, Ф. А. Бредихин организовал в обсерватории астрофизические наблюдения.

Возглавляя Московскую и Пулковскую обсерватории, Ф. А. Бредихин не ограничивался расширением проблематики, усовершенствованием старых и внедрением новых методов астрономических наблюдений в стенах только этих учреждений. Он посетил многие русские обсерватории. По его инициативе метод звездной спектроскопии стал применяться и в Ташкентской обсерватории. Для нее по рекомендации Ф. А. Бредихина в 1894 году был заказан астрограф. Федор Александрович добился оснащения Одесской обсерватории астрофизическими инструментами — спектроско-



пом и фотографическим объективом. Он вообще придавал большое значение постановке астрофизических наблюдений в южных обсерваториях.

Существенную помощь оказывал Федор Александрович и любителям астрономии. Например, Нижегородскому кружку любителей физики и астрономии он передал собственный телескоп. Из этого кружка в дальнейшем вышел ряд крупных астрономов (Земля и Вселенная, 1979, № 3, с. 69—72.— Ред.).

Работы Ф. А. Бредихина приобрели международную известность: в 1883 году он был избран действительным членом Леопольдино-Каролинской академии в Германии, в 1884 году — почетным членом английского Королевского астрономического общества, в 1889 году — членом Итальянского общества спектроскопистов. В 1892 году Ф. А. Бредихину была присуждена степень доктора философии Падуанского университета, а в 1894 году его избрали членом Парижского бюро долгот.

В 1895 году Ф. А. Бредихин подал в отставку с поста директора Пулковской обсерватории и уехал в Одессу, где весь следующий год налаживал астрономические наблюдения. Затем вернулся в Петербург; здесь он и провел остаток жизни, занимаясь теоретическими исследованиями в области планетарной астрофизики, главным образом — кометной астрономии. Умер Федор Александрович Бредихин 1 (14) мая 1904 года.

За полвека научной деятельности Ф. А. Бредихин опубликовал 182 научные работы в разных изданиях России и за рубежом. Как ученый он особенно известен своими исследованиями малых тел Солнечной системы — комет и метеоров. Можно с полным основанием утверждать, что в физике комет многие результаты, полученные Ф. А. Бредихиным, сохранили свое значение до наших дней.

Что же было сделано Ф. А. Бредихиным в этой области? Он создал механическую теорию кометных форм и был автором первой классификации комет по морфологическим признакам, связанным с их физическими свойствами. Одним из первых он доказал, что существует тесная связь

между кометами и метеорами, то есть способствовал решению проблемы происхождения малых тел Солнечной системы.

В классификации, предложенной Ф. А. Бредихиным, кометные хвосты разделены на три типа. Первый тип — прямые, направленные от Солнца, второй — изогнутые в направлении, противоположном движению кометы, и третий — сильно изогнутые. Ф. А. Бредихину были известны кометы с аномальными хвостами, направленными к Солнцу. Классификация кометных форм, введенная Ф. А. Бредихиным, предусматривала, что у некоторых комет (например, у кометы 1858 V) могут быть хвосты всех трех типов.

Приступая к созданию механической теории кометных форм, Ф. А. Бредихин писал в своей работе «О хвостах комет»: «Исследование кометных хвостов, весьма естественно, состоит из двух частей. Во-первых, из сравнения наблюдений различных комет в различные времена их видимости нужно вывести геометрические данные, которыми определяются форма хвоста, его положение в пространстве и т. д., и уловить те явления, которыми сопровождаются появление и развитие хвоста. Во-вторых, на основании данных, выведенных из наблюдений, можно уже отыскивать величины и законы действия сил, которые производят хвосты и уславливают их видоизменения».

Основные положения механической теории кометных форм состоят в следующем. Источником вещества, формирующим голову и хвост кометы, является кометное ядро. Под действием солнечного излучения из ядра истекает, выбрасывается вещество, образующее голову и хвосты комет. Две силы определяют движение частиц хвоста после их выброса из кометного ядра: притяжение Солнца и отталкивание от него. Последняя сила в несколько раз, а иногда и в несколько десятков раз превосходит силу солнечного притяжения.

Пытаясь объяснить формы хвостов, Ф. А. Бредихин проанализировал два процесса: непрерывное истечение из ядра частиц, для которых отталкивательная сила одинакова, и одновременные выбросы из ядра частиц, для

которых отталкивательная сила различна. Ф. А. Бредихин решил уравнения движения частиц, порожденных обоими процессами. Траектории частиц, образовавшихся в первом процессе, он назвал синдинамиами (односильными), а во втором процессе — синхронами (одновременными). Таким путем Ф. А. Бредихин объяснил форму всех трех типов хвостов. Он считал, что аномальные хвосты образованы частицами, на которые отталкивательные силы не действуют. Эти результаты, полученные Ф. А. Бредихиным, входят в золотой фонд науки и сохраняют свое значение до сих пор. Немного найдется в науке примеров такой устойчивости теоретических исследований, да и сложность аналитических задач, решенных Ф. А. Бредихиным, трудно переоценить.

Природу силы отталкивания Ф. А. Бредихин не определил, лишь отметил, что она должна иметь характер электрических сил. Только в конце жизни Федору Александровичу стало известно из опытов П. Н. Лебедева о существовании силы лучевого (светового) давления. Именно световое давление Ф. А. Бредихин считал главной причиной, вызывающей отталкивание от Солнца частиц кометных хвостов. По его мнению, в прямых хвостах (первый тип) ускорение частиц больше потому, что сами частицы легче. Он думал, что прямые хвосты состоят из легких газов — водорода и гелия, а сильно искривленные (второй и третий типы) — из тяжелых газов и пыли. Тогда еще не проводились спектральные исследования голов и хвостов комет, и такие предположения казались естественными. Теперь мы знаем, что головы комет состоят из нейтральных атомов и молекул, а хвосты первого типа — из заряженных частиц (ионов), то есть эти хвосты суть плазменные образования. Поведение хвостов первого типа определяется взаимодействием кометной плазмы с солнечным ветром — потоками заряженных частиц, испускаемыми Солнцем. Хвосты второго и третьего типов — пылевые. Непрерывное выделение пыли из головы кометы приводит

*Федор Александрович  
Бредихин (1831—1904)*







Верху — комета Мркоса, имевшая прямой газовой хвост первого типа и искривленный пылевой хвост второго типа.

Внизу (слева направо) — комета Веста с хвостом третьего типа, комета Арэнба — Роланба, один из хвостов которой был направлен к Солнцу (Рисунки из журнала «Sky and Telescope», 1981, 61, 3)



к появлению хвостов второго типа, а одновременный выброс значительного количества пыли — к появлению хвостов третьего типа. Только хвосты второго и третьего типов находят объяснение в рамках механической теории кометных форм.

Предположение Ф. А. Бредихина, что важнейшие проблемы кометной астрофизики — природа ядер комет и взаимодействие кометного вещества с солнечным излучением, — остается актуальным до сих пор. В середине 60-х годов по инициативе академика Б. П. Константинова в Физико-техническом институте имени А. Ф. Иоффе АН СССР начались эксперименты по моделированию ядер комет (Земля и Вселенная, 1981, № 5, с. 51.—Ред.). Запуски космических аппаратов дали возможность изучать кометы из космоса. С борта космического корабля «Аполлон» астрономы наблюдали комету Когоутека, которая в конце 1973 года прошла близко от Солнца.

Достойную оценку работ Ф. А. Бредихина по кометной астрономии дал профессор В. К. Цераский: «Его труды в этой области так велики, так важны и многочисленны, что каждый раз, когда из бездонной глубины звездного свода спустится к нам небесная странница, огромный круг людей будет повторять имя Бредихина».

Поистине, это пророческие слова! И, несомненно, мы все, ныне живущие, вспомним их в самом недалеком будущем, когда в 1985—1986 годах появится одна из самых замечательных комет — комета Галлея.

Признавая исключительные научные заслуги ученого, Президиум Академии наук СССР учредил в 1946 году премию имени Ф. А. Бредихина, которая присуждается за выдающиеся работы в области астрономии. Имя Бредихина увековечено в названии одного из кратеров на обратной стороне Луны.





Доктор географических наук  
В. М. ПАСЕЦКИЙ

## Фритъоф Нансен

Знаменитый полярный исследователь и ученый Фритъоф Нансен родился 10 октября 1861 года в усадьбе Стур-Фрэн, близ норвежской столицы. Детство его прошло среди гор. Он был отличным конькобежцем, великолепным лыжником и нередко предпринимал дальние походы, о которых на склоне лет рассказал в книге «На вольном воздухе». Учился он на естественном факультете университета, занимаясь зоологией. В 1882 году на зверобойном судне «Викинг» Ф. Нансен отправился сначала к берегам Шпицбергена, а затем к Гренландии, где охотился на медведей и тюленей, проводил зоологические наблюдения. Обломки плавников, найденные Нансеном на гренландском льду, и микроскопически малые кремневые водоросли сибирских морей натолкнули его на мысль о постоянном дрейфе льда в Ледовитом океане. Гипотезу о существовании течения от Берингова пролива в Атлантический океан Нансен впоследствии блестяще доказал.

Закончив плавание, Нансен отправился в Берген, где ему в Зоологическом музее предложили должность препаратора. Он успешно занимается анатомией и гистологией многощетинных червей, работает над докторской диссертацией и готовится к путешествию в Гренландию.

В 1887 году Нансен приехал в Стокгольм, чтобы предложить правительству Швеции свой план экспедиции в Гренландию. Он решил пробиться через дрейфующие льды к безлюдному восточному побережью острова, пе-

*Фритъоф Нансен  
во время посещения России,  
1922 год*



ресечь его и выйти к населенным пунктам колонии Кристиансхоб на западном побережье. Этот смелый план не нашел поддержки ни у правительства, ни у прессы.

Молодому ученому помог датский коммерсант А. Гамель, снабдивший его пятью тысячами крон на организацию экспедиции. В августе 1888 года, высадившись в фиорде Умивик на восточном побережье Гренландии, Нансен с пятью спутниками начал свое путешествие. Много дней в тяжелых условиях продолжался первый в истории географических исследований переход через Гренландский ледниковый щит. Лишь в мае 1889 года Нансен вернулся в Норвегию, где его встретили как национального героя.

Спустя год он выдвинул еще более дерзкий план. Мысль о выносе восточносибирских льдов в Атлантику, зародившаяся еще во время плавания на «Викинге», не давала покоя. К тому же теперь появилось новое доказательство. На юго-западном побережье Гренландии в 1884 году были найдены вещи, принадлежавшие экспедиции Дж. де Лонга, которая на судне «Жаннета» в 1879 году направилась к Северному полюсу со стороны Берингова пролива и была раздавлена льдами в 1881 году вблизи Новосибирских островов. Когда Нансен узнал о находке, он окончательно уверовал в то, что через Северный полюс или неподалеку от него проходит течение, направленное в Атлантику. Нансен задумался целью попасть в его воды и таким образом проникнуть к Северному полюсу.

Этот проект плавания через Северный Ледовитый океан в плену дрейфующих льдов был горячо поддержан. Его предстояло осуществить на специальном корабле, которому жена Нансена Ева дала имя «Фрам», что значит «Вперед». В июле 1893 года «Фрам» с командой из 12 человек покинул Ослофиорд. Судно двинулось на восток, и в конце июля «Фрам» бросил якорь в Югорском Шаре вблизи селения Хабарово. Здесь путешественники погрузили уголь и приняли на борт упряжку собак. Все это по просьбе Нансена подготовил его друг, русский геолог и путешественник Э. В. Толль. Он также организовал на



*Ф. Нансен в студенческие годы*

Новосибирских островах несколько продовольственных складов на тот случай, если льды раздавят «Фрам» вблизи архипелага.

Оставив позади Хабарово, «Фрам» вскоре вышел в Карское море, но льды остановили его. Пришлось ошвартоваться к огромной глыбе льда и ждать. К счастью, недолго. Остальную часть Карского моря прошли беспрепятственно. 10 сентября 1893 года судно миновало самую северную точку Старого Света — мыс Челюскин, который давно и не без основания тревожил Нансена. Он опасался здесь встречи с непроходимыми льдами, но их не оказалось ни с севера, ни с востока.

«Фрам» лег курсом на восток и вскоре подошел близко к острову Котельному. Отсюда, по словам Э. В. Толля, видна таинственная Земля Санникова... Выполняя просьбу Э. В. Толля, Нансен попытался проникнуть в район предполагаемого нахождения загадочной земли. Но не сумел из-за мощных льдов. «Фрам» вскоре оста-

новился в ледяном поле, вместе с которым ему предстояло совершить дрейф по Северному Ледовитому океану.

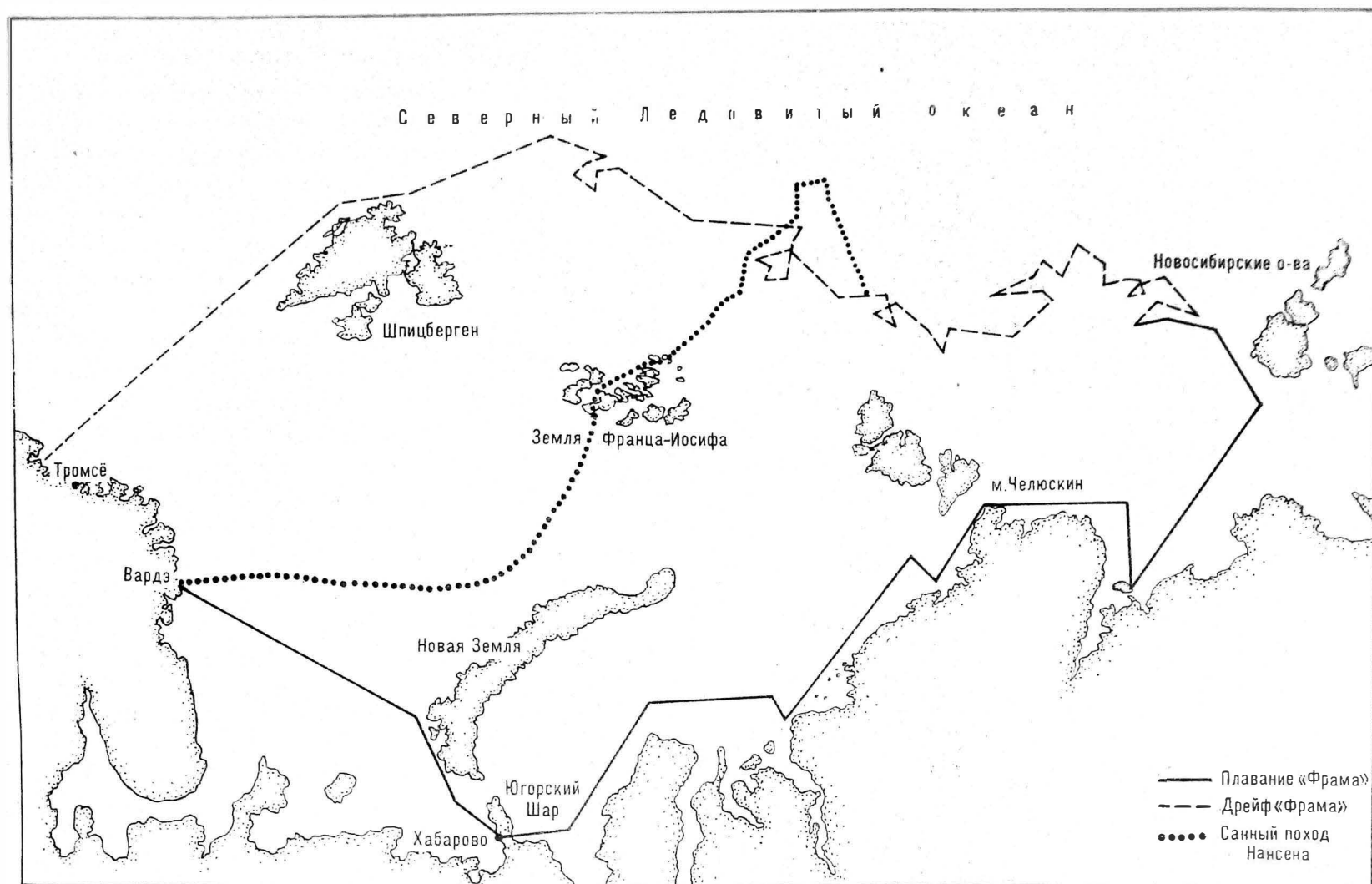
9 октября началось первое наступление льдов. Раздался оглушительный грохот. Все выскочили на палубу: вокруг судна громоздились огромные валы. Подвижки льда продолжались несколько дней... Вместе со льдами «Фрам» дрейфовал то на север, то на запад, то на восток. На корабле велись метеорологические, океанографические и геофизические наблюдения.

Первую половину 1894 года «Фрам» медленно продвигался к северо-западу, делая многочисленные зигзаги и петли. В августе льды вынесли корабль из материковой отмели в район, где глубина океана достигала 3850 м, и за год дрейфа экспедиция продвинулась по прямой почти на 350 км.

Весной 1895 года, когда «Фрам» находился в пункте с координатами 84°05 с. ш. и 101°35 в. д., Нансен со штурманом Иогансенем покинули дрейфовавший корабль и направились к Северному полюсу на нартах. Путь оказался значительно труднее, чем предполагал Нансен. За 25 дней путешественники продвинулись к северу лишь немногим более чем на два градуса по широте. До полюса оставалось 400 км, а затем предстоял еще почти тысячекилометровый путь до совершенно пустынной Земли Франца-Иосифа.

Вскоре Нансен окончательно понял, что придется повернуть на юг. И еще сто двадцать два дня, полных небывалых трудностей, лишений и постоянного риска, длился переход к Земле Франца-Иосифа. Но, наконец, странствия по льду закончились. Нансен и Иогансен пересели в утлые каяки и пустились в путь по воде. Плавать в этих жалких скорлупках было легче, чем тащить нарты по льду, но и гораздо опаснее. Несколько раз моржи едва не перевернули каяки.

На одном из островов Земли Франца-Иосифа пришлось из-за непогоды сделать остановку. Путь на юг снова преградили льды. В третий раз за время своей экспедиции Нансен принял решение зазимовать, но уже не в каюте «Фрама», а в хижине, постро-



Карта-схема маршрута «Фрама»

енной собственными руками. Путешественники выкопали яму, насобирали камней, возвели стены и покрыли их моржовыми шкурами. Несколько недель охоты на медведей и моржей обеспечили мясом и салом на долгую тяжелую зиму...

19 мая 1896 года исследователи снова пустились в путь, плывя к югу вдоль западных берегов Земли Франца-Иосифа. В полдень 17 июня Нансен вдруг услышал звук, похожий на лай собаки, затем человеческий голос. Так они встретились с англичанином Джексонем, зазимовавшим на мысе Флора. 7 августа на английском пароходе «Виндворд» Нансен и его спутники покинули Землю Франца-Иосифа, а через 5 дней увидели берега родной Норвегии. «Фрам» же, впервые пересекший с дрейфующими льдами Северный Ледовитый океан, вернулся на родину лишь две недели спустя.

Путешествие Нансена обогатило географическую науку новыми дан-

ными о природе Центральной Арктики. Стало ясно, что Северный Ледовитый океан — не мелководная, как ранее считалось, а глубоководная впадина. В Карском море было открыто много малых островов, собраны интересные данные по географии и геологии Земли Франца-Иосифа и северного побережья Сибири. Наука получила первые сведения о морском дне, о дрейфе льдов, о распространении теплых атлантических вод в Северном Ледовитом океане, о климате, животном и растительном мире Центральной Арктики. Окончательно была опровергнута гипотеза о существовании суши в оклополюсной области (суша эта изображалась на многих картах). Экспедиция на «Фраме» бесспорно доказала, что из восточносибирских морей постоянно выносятся льды к берегам Гренландии. «Путешествие наше,— писал Нансен,— приподняло значительную часть завесы, покрывающей великую неисследованную область, окружающую полюс, и дало нам возможность составить себе довольно ясную и трезвую картину той части нашей земли, которая до сих

пор была отдана в добычу фантазии».

После возвращения из плавания Нансен, назначенный профессором зоологии университета в Христиании (Осло), занялся обработкой научных материалов экспедиции на «Фраме». За десять лет он выпустил шесть томов, в которых были собраны результаты метеорологических, океанографических, геомагнитных, зоологических наблюдений. К их обработке Нансен привлек выдающихся специалистов. Геофизические наблюдения экспедиции были обработаны и проанализированы известным норвежским метеорологом Г. Моном, чьи труды по климатологии Арктики не потеряли своего значения и до сих пор.

Особое внимание Нансен уделил анализу материалов о гидрологическом и ледовом режиме Ледовитого океана, и вскоре океанография стала главной темой его научной деятельности. Нансен был одним из инициаторов создания «Международного совета по изучению морей». Одновременно он основал в Христиании Центральную океанографическую лабора-





*Ф. Нансен с женой Евой и детьми*

торию, которая под его руководством занималась разработкой новых методов и приборов для океанографических наблюдений. Сам он сконструировал барометр, который многие десятилетия применяли ученые в разных странах. Ученые России, в том числе

такие звезды русской науки, как Д. И. Менделеев, С. О. Макаров, П. П. Семенов-Тянь-Шанский, М. А. Рыкачев, Д. Н. Анучин, проявили особенный интерес к полярным путешествиям Нансена и его исследованиям в области океанографии.

В 1898 году Петербургская академия наук избрала его своим почетным членом. В том же году Нансен посе-

тил Петербург и восторженно приветствовал решение Академии наук отправить Русскую полярную экспедицию. Ее руководителю, Э. В. Толлю, он послал собранные экспедицией на «Фраме» все сколько-нибудь значительные данные о сибирском побережье, а также план гавани Колин Арчера на Таймыре, удобной для зимовки. «В заключение, дорогой друг,— заканчивал свое письмо Э. В. Толлю полярный исследователь,— от всего сердца желаю Вам всего доброго и прекрасного в Вашем долгом и важном путешествии, желаю удачи и благополучного положения со льдом, чтобы Вы нашли хорошую гавань для зимовки. Мне нет надобности говорить Вам, что, за исключением Вашей превосходной жены и Вашей семьи, мало кто будет с таким интересом следить за Вами, как я.

Преданный Вам друг Фритьоф Нансен.

Моя жена шлет Вам сердечный привет и желает Вам счастливого пути. На прощанье мы скажем, как эскимосы на восточном берегу Гренландии: «Чтобы Вам всегда плыть по свободной от льда воде».

Нансен помогал Толлю в оснащении экспедиции не только приборами, но и различным снаряжением. Он был глубоко тронут, когда Толль послал ему с берегов Сибири весть о ходе своего плавания на яхте «Заря». «То, что Вы обо мне вспоминаете даже при таких обстоятельствах,— отвечал Нансен Толлю,— доказывает Вашу истинную дружбу». Но друзьям больше не довелось встретиться. Руководитель Русской полярной экспедиции, возвращаясь с острова Беннета, бесследно исчез среди льдов Арктики. Нансен навсегда сохранил благодарную память об одном из близких своих друзей, именем которого еще в 1893 году назвал залив на северном берегу Таймыра.

В первое десятилетие XX века Нансен принимает активное участие в политической жизни Норвегии. В 1906 году его направляют послом в Лондон. Здесь он проводит два года и, в частности, создает капитальный труд по истории открытия и исследования Арктики, названный им «Север в тумане прошлого». В 1908 году, после



*Ф. Нансен, его дочь Лив и Р. Амундсен*

смерти Евы Нансен, мужественной и стойкой спутницы его жизни, он ушел в отставку с дипломатической службы и всецело посвятил себя науке. В 1912 году он предпринял океанографическую экспедицию в воды Шпицбергена, а спустя год на судне «Коррект» отправился к берегам Си-

бири тем же самым морским путем, которым два десятилетия назад стремился к заветной цели его знаменитый «Фрам». Пересев на острове Диксон на пароход «Омуль», Нансен поднялся вверх по Енисею. Природа Сибири очаровала его. «Настанет время,— писал Нансен,— она проснется, проявятся скрытые силы, и мы услышим новое слово о Сибири; у нее есть свое будущее, в этом не может

быть никакого сомнения». Нансен посетил Енисейск, Красноярск, Канск, Иркутск. В Забайкалье он побывал на Петровском заводе, затем отправился во Владивосток, Хабаровск, Благовещенск, Читу и снова вернулся в Красноярск. Нансен видел Байкал, любовался Амуром и Буреей, встречался с замечательным исследователем Уссурийского края В. К. Арсеньевым. Во многих городах великий путешественник выступал с докладами о необходимости связать Сибирь Северным морским путем с Европой, и эти его идеи встречали горячую поддержку у русской общественности. Путешествуя по Сибири, Нансен часто делал восторженные записи в своем дневнике. «Я полюбил эту огромную страну, раскинувшуюся вширь и вдаль, как море, от Урала до Тихого океана, с ее обширными равнинами и горами, с замерзшими берегами Ледовитого океана, пустынным привольем тундры и таинственными дебрями тайги, волнистыми степями, синюющими лесистыми горами и вкрапленными в эти безграничные пространства кучками людей»,— писал он в книге «В страну будущего».

После победы Великой Октябрьской социалистической революции Нансен многократно приезжал в Советскую Россию. Когда засуха 1921 года погубила урожай в Поволжье, он первым откликнулся на призыв Максима Горького оказать помощь голодающим. Он организовал сбор средств в Норвегии и других странах и пожертвовал значительную часть своих сбережений. В сентябре 1921 года в Россию прибыли первые поезда с продовольствием для населения Поволжья. Нансен бывал на Волге, в Армении, Москве, Ленинграде, много писал о России. Он поддерживал широкие научные связи с учеными Академии наук, Главной геофизической обсерватории, Московского и Ленинградского университетов.

В мае 1930 года навсегда остановилось сердце этого замечательного человека. Но дело его не забыто. Там, где некогда дрейфовал во льдах легендарный «Фрам», теперь бороздят океан советские дрейфующие полярные станции, и мощные ледоколы прокладывают новые трассы.



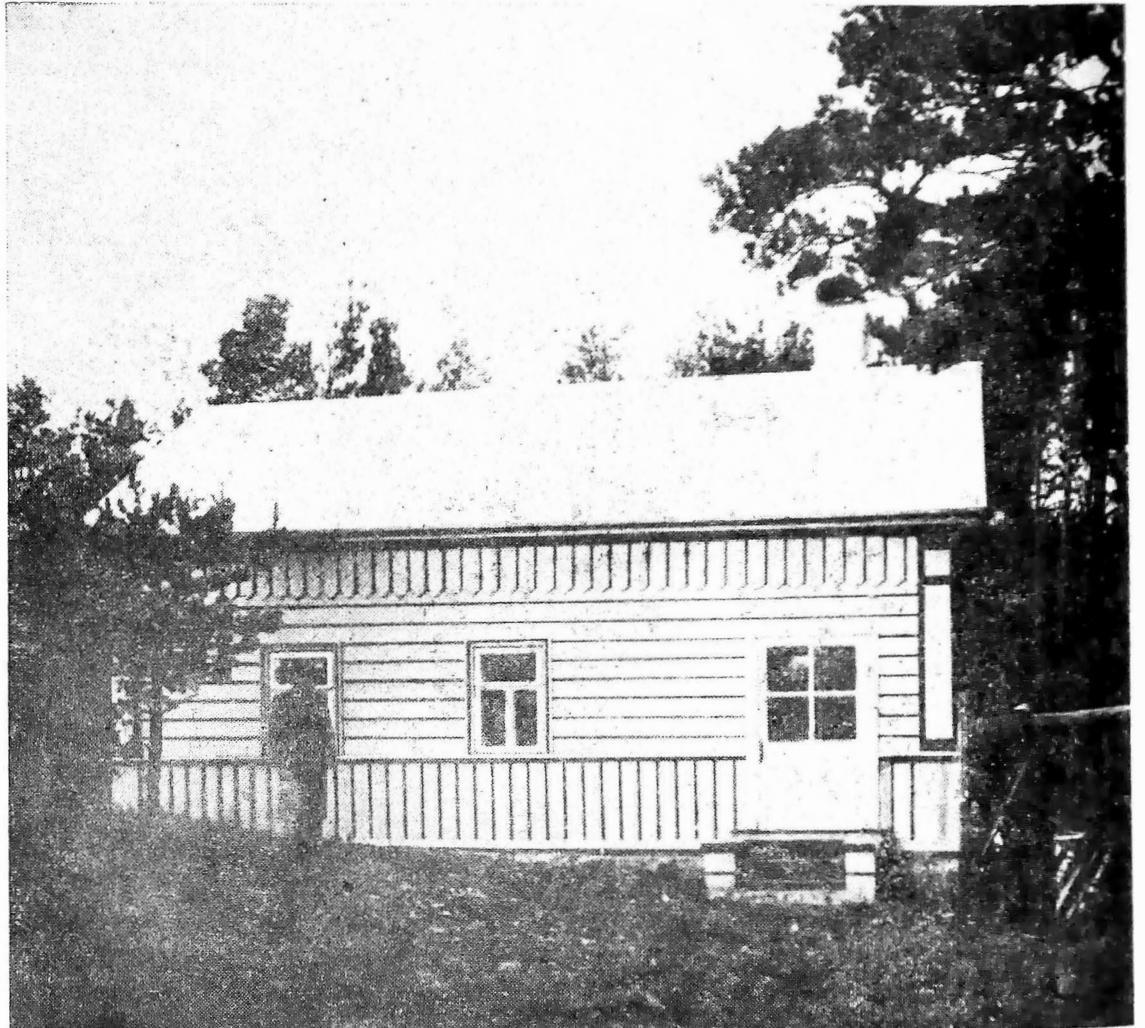


И. К. СИЛИНА  
В. С. ЛОМАКИН

## Сейсмическая станция на Урале

В 1880 году Русское географическое общество разработало проект сети станций, которая должна состоять из наблюдательных пунктов, оборудованных сейсмоскопами, и сейсмических станций первого разряда. Одно из основных требований к сейсмическим наблюдениям — знание точного времени, к которому можно было бы привязать записи колебаний почвы, связанные с землетрясениями. Поскольку служба точного времени была организована тогда на метеорологических обсерваториях, заседавший в Санкт-Петербурге в 1899 году Международный метеорологический комитет постановил: «...предложить метеорологическим учреждениям содействовать производству сейсмических наблюдений».

В городе Екатеринбурге (ныне Свердловск) к тому времени существовала Магнитно-метеорологическая обсерватория, которая и начала заниматься сейсмическими наблюдениями. Для этой цели на обсерватории был только ртутный сейсмоскоп. Уже в 1903—1905 годах на заседаниях созданной при Российской академии наук Постоянной центральной сейсмической комиссии слушались сообщения Екатеринбургской обсерватории о землетрясениях, происшедших в Западной Сибири. Летом 1906 года по просьбе директора Г. Ф. Абельса на обсерваторию привезли сейсмограф системы Цельнера, а 11 октября уже было зарегистрировано первое землетрясение. Таким образом, годом основания Екатеринбургской сейсмической станции (ныне сейсмическая станция «Свердловск») следует считать 1906 год. Станция отметила в прошлом году свое 75-летие.



*Так выглядел сейсмический павильон Екатеринбургской обсерватории в 1913 году*

Первым, кто занимался делами сейсмической станции, устанавливал сейсмографы, а также проводил первичную обработку записей землетрясений, был Павел Карлович Мюллер. Екатеринбургская сейсмическая станция второго разряда (она имела неполный комплект приборов) действовала до июня 1912 года, и за этот период здесь удалось сделать больше сотни

записей землетрясений. Результаты их первичной обработки бережно хранятся в научных фондах сейсмической станции «Свердловск».

В январе 1911 года для будущих сотрудников станций сейсмической сети академик Б. Б. Голицын прочел специальный курс лекций. Несколько слушателей были приглашены Б. Б. Голицыным по рекомендации физико-математического факультета Бестужевских высших женских курсов. В их число входила Зинаида Григорьевна Архарова (впоследствии З. Г. Вейс-





Ксенофонтова). Позднее она стала заведующей Екатеринбургской сейсмической станцией. Директор Екатеринбургской обсерватории Г. Ф. Абельс, узнав, что на станцию направляют наблюдателем девушку, писал Б. Б. Голицыну: «Конечно, ничего не имея против того, чтобы к нам на службу была направлена барышня, все-таки позволю себе, во избежании разочарования и недоразумений в будущем, обратить внимание Зинаиды Григорьевны на некоторые трудности здешней службы, которые она, может быть, не предполагает...».

Чтобы оборудовать станцию более чувствительными сейсмометрами системы Голицына, которые обязательно должны были входить в комплект приборов станции первого разряда, потребовалось специальное подвальное помещение. Да и само здание станции второго разряда нуждалось в переделке. Поэтому 5 июня 1912 года станция была остановлена. Когда подвальное помещение было готово, то прямо в коренных породах был высечен обширный постамент для сейсмометров. Подвал прекрасно сохранился до сих пор. Внутри здания станции оборудовали темное помещение, где на кирпичных тумбах лежали мраморные плиты, а на них стояли гальванометры и регистриры.

Наблюдателем на станцию послали З. Г. Архарову. Приступив к работе

*Зинаида Григорьевна  
Вейс-Ксенофонтова за работой.  
Больше сорока лет  
она была бессменной заведующей  
сейсмостанции в Свердловске*

1 августа 1913 года, она сразу начала установку сейсмографов Голицына. И уже 2 ноября на заседании Постоянной центральной сейсмической комиссии в Петербурге стало известно, что 3 октября 1913 года в Екатеринбурге начала действовать сейсмическая станция первого разряда. Теперь она была оснащена комплектом приборов Голицына с магнитным затуханием и гальванометрической регистрацией. Регулярно стал выходить еженедельный бюллетень станции. Благодаря новым приборам появилась возможность записывать слабые землетрясения, ранее не поддававшиеся регистрации. Если приборы Цельнера записывали в год не более 20—25 подземных толчков, то приборы Голицына сразу увеличили их число до 1000—1500 в год.

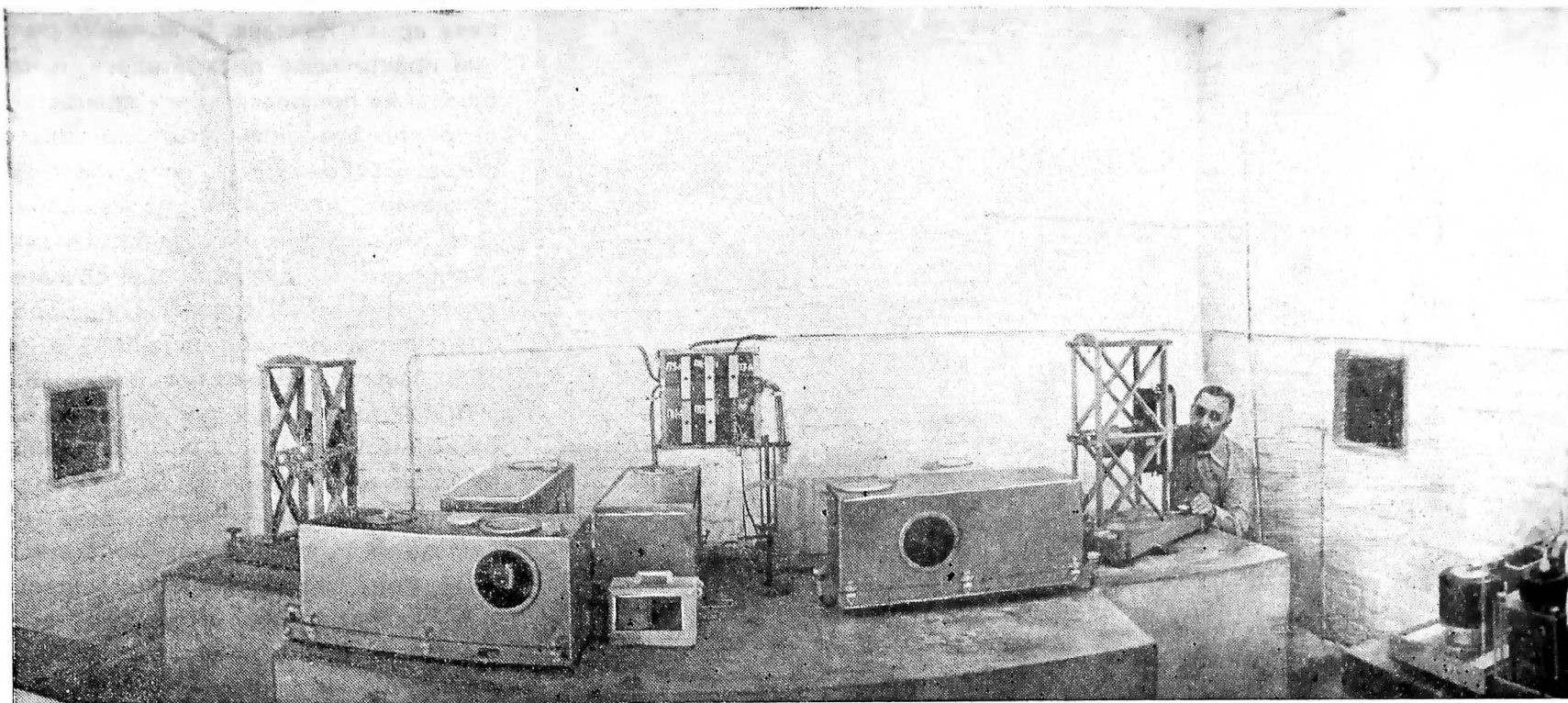
Сейсмическая станция находилась на самой окраине города. Электроэнергия туда не подавалась, и для подсветки гальванометров использовался фонарь с ацетиленовой лампочкой: слабый пучок света падал на зеркальца всех гальванометров, выставленных вдоль прямой линии менее чем в метре друг от друга...

Осенью 1918 года Екатеринбург заняла армия Колчака. Снабжение станции практически прекратилось, и наблюдения пришлось почти полностью свернуть. Возобновились они только после освобождения Урала. Местный комиссар народного просвещения Д. А. Киселев помог снабдить станцию необходимыми для наблюдений материалами, а также топливом и продовольствием. На сейсмостанцию в те годы было проведено электричество.

В 1922 году начала восстанавливаться нормальная работа сети сейсмических станций страны. В том же году Екатеринбургская станция вышла из состава магнитно-метеорологической обсерватории, получила самостоятельный бюджет и право независимо осуществлять свои административные и хозяйственные функции. Персонал, ранее состоявший только из одного человека — З. Г. Вейс-Ксенофонтовой, пополнился еще двумя сотрудниками.

В годы Великой Отечественной войны, благодаря мужеству и энтузиазму З. Г. Вейс-Ксенофонтовой, работа на станции (к тому времени уже переименованной в Свердловскую) не прерывалась. Труд З. Г. Вейс-Ксенофонтовой по достоинству оценили — она была награждена орденами Ленина и Знак Почета (З. Г. Вейс-Ксенофонтова работала на станции до 1955 года). После войны вернулся с фронта сын З. Г. Вейс-Ксенофонтовой, Юрий Эвальдович Вейс, который стал ее помощником. Он работает на Свердловской сейсмической станции и сейчас.

В 50-х годах станцию стали оборудовать новой аппаратурой. В 1952 году появился прибор автоматического управления записью при сильных землетрясениях. Каждый гальванометр теперь освещался собственным коллиматором, что сразу упростило регистрацию. На короткие сроки на станции устанавливались сейсмографы различных систем. Целью всех этих экспериментов было повысить чувствительность станции в высокочастотном спектре колебаний. И когда в 1958 году для регистрации подземных толчков стали использовать сейсмограф СВКМ-3, число записываемых землетрясений возросло до 2000—2500 в год. Появилась возможность



*Аппаратурная комната сейсмостанции «Свердловск». Старший техник Ю. Э. Вейс регулирует сейсмограф системы Б. В. Голицына. 1981 год*

четко регистрировать промышленные взрывы и местные землетрясения, а также сильные горные удары, время от времени происходящие на шахтах Кизеловского угольного бассейна.

В 1969 году, согласно Плану организационно-технических мероприятий и улучшения условий работы на сейсмической станции «Свердловск», к зданию станции было пристроено помещение, в котором разместились фотолаборатория, библиотека и бойлерная. Вся работа выполнялась при активном участии нынешней заведующей сейсмостанцией И. К. Силиной.

В октябре 1972 года с помощью сотрудников сейсмостанции «Пулково» и Института физики Земли АН СССР коллектив станции «Свердловск» произвел монтаж и установку новой аппаратуры. Были уложены новые кабели, установлены кварцевые часы, смонтированы пульт управления и пульт питания станции, а также комплект длиннопериодных сейсмометров. В последние 15 лет огромную помощь в работе станции оказывает центральная сейсмостанция Полярной зоны — «Пулково».

Большой вклад сейсмическая станция «Свердловск» внесла в изучение

сейсмичности Урала. В 1940 году З. Г. Вейс-Ксенофонтова совместно с В. В. Поповым опубликовала статью «К вопросу о сейсмической характеристике Урала». В статье собраны все имевшиеся к тому времени данные о землетрясениях на Урале, начиная с 1788 года. По данным землетрясения 1914 года, полученным из опроса местных жителей, удалось построить карту изосейст, а по суммарным сведениям — схему сейсмичности Урала.

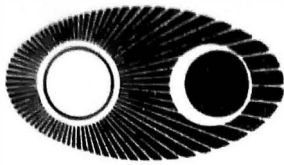
В начале 70-х годов на сейсмической станции «Свердловск» совместно с сотрудником Института геофизики УФАН СССР В. С. Ломакиным были просмотрены все сейсмограммы с 1940 по 1972 год для выявления местных землетрясений, происходивших в этот период. В результате удалось описать сейсмичность Урала более чем за 30 лет.

Около десяти лет назад на Урале открылась новая сейсмическая станция «Арти». В организации наблюдений как с технической, так и с методической стороны большую помощь оказала ей сейсмостанция «Свердловск». В 1974 году переоборудуется сейсмостанция «Углеуральск» в Кизеловском районе, и сейсмостанция «Свердловск» снова принимает в этом активное участие. Создание новых станций было необходимо для изучения слабой сейсмичности Урала, где редко, но все-таки происходят ощути-

мые землетрясения. Например, в 1970 году к юго-западу от Серова произошло землетрясение, которое «почувствовали» 14 станций Советского Союза.

Еще в 50-х годах на Урале начались исследования горных ударов на шахтах Кизеловского угольного бассейна. По существу это слабые землетрясения в шахтах, представляющие собой опасность для оборудования шахт и работающих там людей. Многие удары регистрировались на станции «Свердловск» с помощью высокочувствительных сейсмографов. Станция принимала активное участие в определении параметров наиболее сильных горных ударов. Сейсмическая станция «Свердловск» — старейшая эталонная станция — всегда оказывает посильную помощь в сейсмических исследованиях на Урале.





АСТРОНОМИ-  
ЧЕСКОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

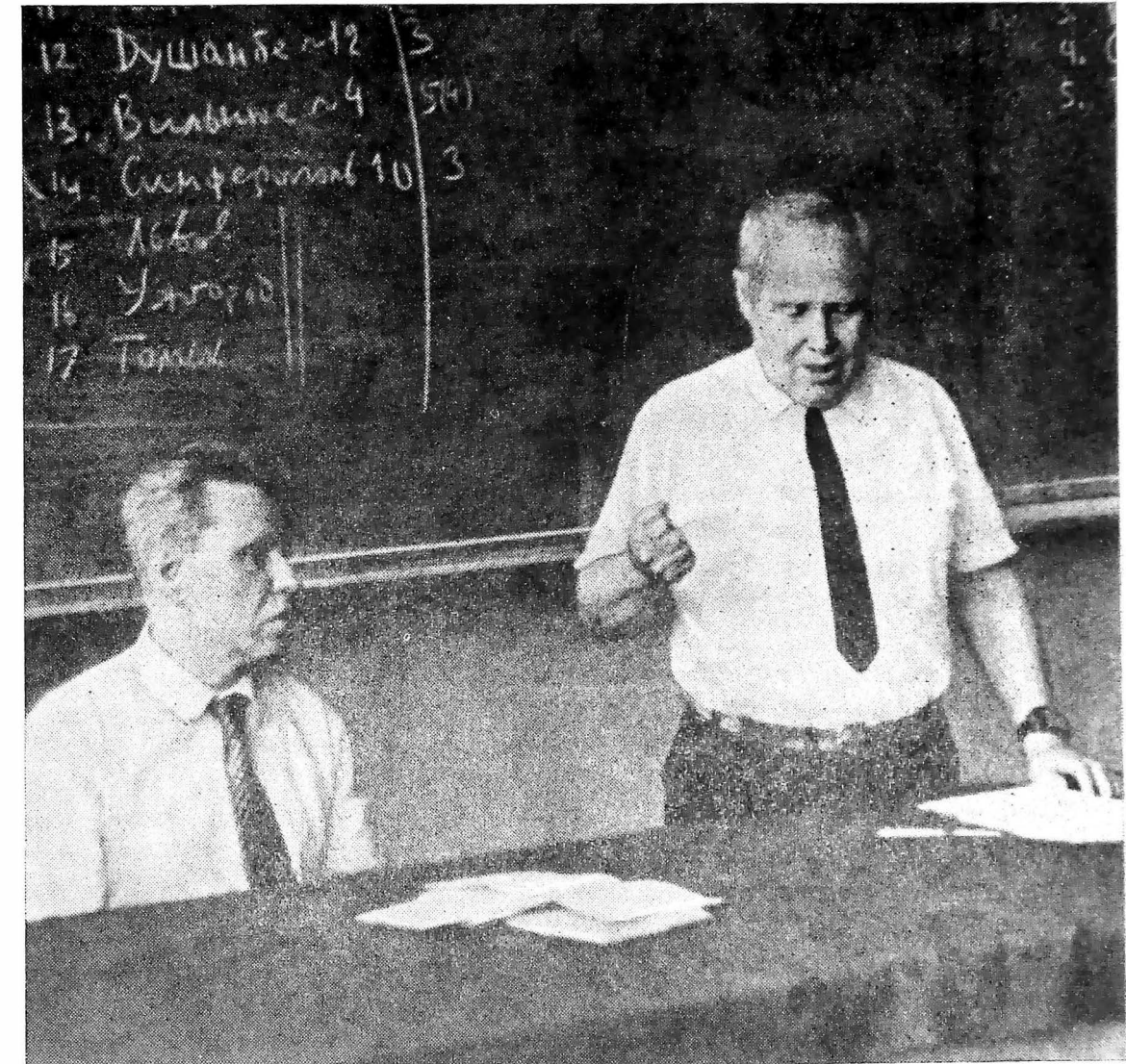
Ученый секретарь СПАК  
доцент В. А. ГАГЕН-ТОРН

## Пленум СПАК в Ульяновске

В конце мая 1981 года в Ульяновске состоялся очередной пленум Совета по подготовке астрономических кадров (СПАК) при Академии наук СССР. Заседания проходили в Ульяновском педагогическом институте, сотрудники которого обеспечили прекрасную организацию пленума. Помимо членов СПАК в работе пленума приняли участие преподаватели астрономии нескольких педагогических институтов и сотрудники ряда астрономических учреждений; на заседание, посвященное проблемам школьного астрономического образования, были приглашены учителя средних школ Ульяновска.

Во вступительном слове председатель СПАК член-корреспондент АН СССР В. В. Соболев остановился на основных проблемах, которыми СПАКу предстоит заниматься в ближайшее время. Необходимо улучшить подготовку специалистов по наблюдательным разделам астрономии (астрометрии и наблюдательной астрофизике) в университетах, укрепить астрономические подразделения и усовершенствовать преподавание астрономии в пединститутах, принять меры по созданию нового современного учебника астрономии для средней школы, улучшить работу специализированных ученых советов по защитах диссертаций на астрономическую тематику с целью повышения качества диссертаций. В большей части последовавших затем докладов детально обсуждались эти проблемы.

С докладом о состоянии дел в университетах выступил профессор В. В. Иванов. Говоря о приеме, выпуске и распределении студентов-астрономов, докладчик указал, что ежегодно во все университеты принимается около



*Выступает профессор  
Д. Я. Мартынов.  
Председательствует  
член-корреспондент АН СССР  
В. В. Соболев*

200 человек на астрономическую специальность при конкурсе в среднем 3,5 человека на место. Более 80% поступивших заканчивают университеты. Свыше  $\frac{2}{3}$  из них направляются на работу строго по специальности, пре-

имущественно в учреждения Академии наук и Министерства высшего и среднего специального образования, остальные с успехом работают в вычислительных центрах. Некоторая часть окончивших (главным образом в союзных республиках) направляются на работу в среднюю школу.

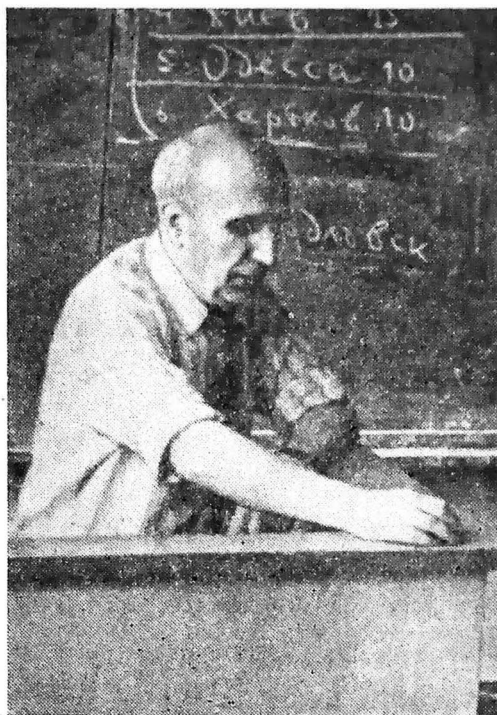
В докладах старшего научного сотрудника Г. С. Хромова и профессора В. В. Подобеда рассматривались проблемы университетской подготовки



астрономов-наблюдателей. Сейчас этот вопрос приобрел особую актуальность в связи с двумя обстоятельствами. Во-первых, в нашей стране построены крупные телескопы (в том числе самый большой в мире 6-метровый телескоп), эффективное использование которых требует высококвалифицированных кадров астрофизиков-наблюдателей. Для их подготовки необходимо организовать в университетах новые специальные курсы и практикумы, посвященные современному астрономическому оборудованию. В ближайшее время в СПАКе будет создана рабочая группа, которая должна заняться вопросами совершенствования подготовки астрофизиков-наблюдателей. Во-вторых, в связи с космическими полетами возросли требования к точности астрометрических наблюдений. Повышение точности тесно связано с развитием современного астрометрического оборудования, разработкой новой методики наблюдений и хорошо подготовленными кадрами. Для обсуждения этих вопросов СПАК решил провести осенью 1981 года специальное совещание совместно с секцией астрометрии Астрономического совета АН СССР.

Преподаванию астрономии в пединститутах были посвящены доклады профессоров В. И. Курышева и В. В. Радзиевского. В. И. Курышев сообщил, что в пединститутах страны работает пять докторов наук по астрономии и довольно много кандидатов наук, но большое число преподавателей не имеет специального астрономического образования. В связи с этим необходимо шире использовать факультеты повышения квалификации, действующие при Московском и Ленинградском университетах, включив в их программу методику преподавания астрономии.

В. В. Радзиевский рассказал о работе пединститутов, в которых есть специализация «физика и астрономия». Таких институтов насчитывается уже 11 (в Москве, Ленинграде, Горьком, Киеве, Ташкенте, Баку, Ростове-на-Дону, Чернигове, Телави, Николаеве, Тирасполе). Отметив их важную роль в подготовке квалифицированных учителей астрономии, докладчик остано-



*Выступает профессор  
В. Г. Горбацкый*

вился на трудностях, которые испытывают эти институты. Главные из них — слабая оснащённость астрономических кабинетов и учебных обсерваторий оборудованием и отсутствие кафедр астрономии. СПАК принял решение способствовать открытию астрономических кафедр в пединститутах с большим приемом на отделение физики и астрономии.

Значительный интерес вызвало сообщение доцента Р. М. Разник о преподавании астрономии в Ульяновском пединституте. Здесь имеется достаточно хорошо оборудованный астрономический кабинет и башня с учебным телескопом. Библиотека института вполне обеспечена астрономической литературой, при институте работает астрономический кружок для школьников. Участники пленума отметили высокий уровень преподавания астрономии в Ульяновском пединституте.

Заседание, посвященное школьному астрономическому образованию, открыл доцент Э. В. Кононович. Он сообщил, что Министерство просвещения СССР утвердило усовершенствованную программу школьного курса. В настоящее время ведется работа над рукописями нового учебника.

Опыт преподавания астрономии в специальной математической школе

города Киева поделился старший научный сотрудник И. Г. Колесник, отметивший, что у его учеников описательный курс астрономии вызывал гораздо меньший интерес, чем курс с усиленным применением физики и математики, который он ведет сейчас.

А. Б. Палей рассказал о положении дел с астрономическим оборудованием для средних школ (а также и для пединститутов). Он отметил, что приобрести оборудование, рекомендуемое соответствующим утвержденным перечнем, очень трудно. Оставляет желать лучшего и качество некоторых приборов, например школьного телескопа.

Пленум СПАК рассмотрел также вопросы защиты астрономических диссертаций. В докладе профессора В. Г. Горбацкого были приведены полные статистические сведения о деятельности специализированных советов, созданных после реорганизации Высшей аттестационной комиссии (ВАК): Докладчик подчеркнул, что в среднем уровень астрономических диссертаций повысился, но в работе отдельных советов еще имеются недостатки.

Выступивший затем член-корреспондент АН СССР В. В. Соболев указал на недопустимость организации советов при учреждениях, где по данной специальности не ведется активной научной работы, а также создания смешанных советов, в которых астрономия объединяется с физикой, механикой или техникой, поскольку такие советы не способствуют повышению качества диссертаций. В дискуссии по этим вопросам принял участие представитель ВАК Е. М. Черкасов.

Пленум СПАК, прошедший при большой активности его участников, принял решения, выполнение которых будет способствовать улучшению подготовки астрономических кадров и астрономического образования в нашей стране.

На участников пленума произвело сильное впечатление знакомство с Ленинским мемориалом и многочисленными культурными достопримечательностями города Ульяновска.



Доктор геолого-минералогических наук  
А. Г. ЖАБИН

## Космические процессы и минералообразование

**В кристаллах минералов, горных породах, слоистых толщах осадков фиксируются и миллиарды лет сохраняются признаки, характеризующие не только эволюцию самой Земли, но и ее взаимодействие с космосом.**

### ЗЕМНЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

В геологических объектах языком физических и химических свойств «записана» своеобразная генетическая информация о воздействии космических процессов на Землю. Говоря о методе извлечения этой информации, известный шведский астрофизик Х. Альвен утверждает следующее: «Поскольку никто не может знать, что произошло 4—5 млрд. лет тому назад, мы вынуждены начинать с современного состояния Солнечной системы и шаг за шагом восстанавливать все более и более ранние стадии ее развития. Этот принцип, выдвигающий на первый план ненаблюдаемые явления, лежит в основе современного подхода к изучению геологической эволюции Земли; его девиз — «настоящее есть ключ к прошлому».

В самом деле, сейчас уже можно качественно диагностировать многие виды внешнего космического влияния на Землю. О столкновении ее с гигантскими метеоритами свидетельствуют астроблемы на земной поверхности (Земля и Вселенная, 1975, № 6,

с. 13—17.—Ред.), появление более плотных видов минералов, смешение и плавление различных пород. Диагностировать можно также космическую пыль и проникающие космические частицы. Интересно исследовать связь тектонической активности планеты с различными хроноритмами (временными ритмами), обусловленными космическими процессами, такими, как солнечная активность, вспышки сверхновых звезд, движение Солнца и Солнечной системы в Галактике.

Обсудим вопрос, можно ли выявить космогенные хроноритмы в свойствах земных минералов. Ритмический и масштабный — охватывающий всю планету — характер солнечной активности и других космофизических факторов может служить основой общепланетарных «реперов» времени. Поэтому поиски и диагностика материальных следов подобных хроноритмов можно рассматривать как новое перспективное направление. В нем совместно используются изотопный (радиологический), биостратиграфический (на основе ископаемых остатков животных и растений) и космогенно-ритмический методы, которые в своем развитии будут дополнять друг друга. Исследования в этом направлении уже начались: описаны астроблемы, в соляных толщах обнаружены слои, содержащие космическую пыль, установлена периодичность кристаллизации веществ в пещерах. Но если в биологии и биофизике в последнее время возникли новые специальные разделы — косморитмология, гелиобиология, бисритмология, дендрохронология, то минералогия пока еще отстает от подобных исследований.

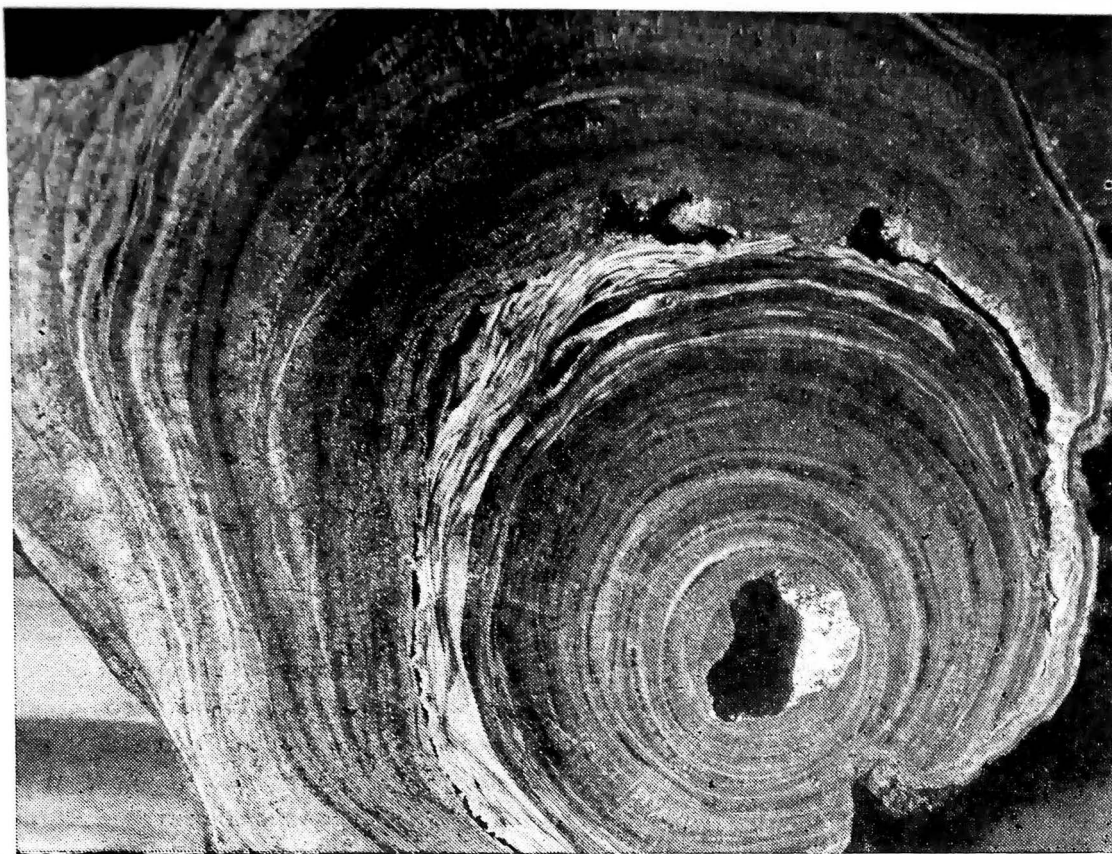
### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ РИТМЫ

Особое внимание сейчас обращается на поиски возможных форм фиксации в минералах 11-летнего цикла солнечной активности. Этот хроноритм фиксируется не только на современных, но и на палеообъектах — в глинисто-песчаных осадках фанерозоя, в водорослях *Collenia* из ордовика (500 млн. лет тому назад), на срезах ископаемых пермских (285 млн. лет) окаменелых деревьев.

Отражение подобной космогенной ритмичности на минералах, выросших на нашей планете в зоне гипергенеза, то есть в самой верхней части земной коры, мы только начинаем искать. Но несомненно, что климатическая периодичность космогенной природы будет проявляться через различную интенсивность циркуляции поверхностных и грунтовых вод (чередование засух и обводнений), различный прогрев верхней пленки земной коры, через изменение скорости разрушения гор, осадконакопления (Земля и Вселенная, 1980, № 1, с. 2—6.—Ред.). А все эти факторы влияют на земную кору.

Наиболее перспективные места для поиска признаков подобных космогенных хроноритмов — это кора выветривания, карстовые пещеры, зоны окисления сульфидных месторождений, осадки солевого и флишевого типа (последние представляют собой слоистое чередование пород разного состава, обусловленное колебательными движениями земной коры), так называемые ленточные глины, связанные с периодическим таянием ледников.

Приведем несколько примеров пе-



*Поперечный разрез кальцитового сталактита, выросшего в пещере. Видны последовательные кольцевые зоны нарастания вещества, которые периодически сменяются более толстыми зонами. Последние возникли в водообильные периоды, повторяющиеся примерно через 10—11 лет*

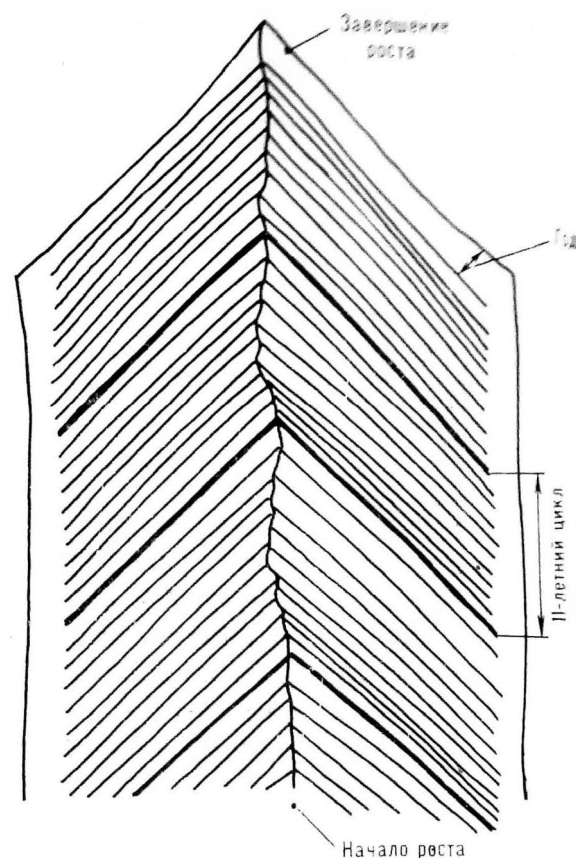
риодичности, зафиксированной при росте кристаллов минералов. Хорошо изучены кальцитовые сталактиты ( $\text{CaCO}_3$ ) из пещер Зауерланда (ФРГ). Установлено, что средняя толщина нарастающего на них каждый год слоя весьма мала — всего 0,0144 мм (скорость роста примерно 1 мм за 70 лет), а общий возраст сталактита около 12 000 лет. Но на фоне зон, или оболочек, с годовой периодичностью на сталактитах обнаружены и более толстые зоны, которые нарастали через 10—11-летние промежутки.

Другой пример — кристаллы целестина ( $\text{SrSO}_4$ ) размером до 10 см, выросшие в пустотах среди силурийских доломитов Огайо (США). В них обнаружена весьма тонкая хорошо выдержанная зональность. Мощность одной пары зон (светлой и темной) колеблется от 3 до 70 мкм, но в некоторых местах, где имеется много тысяч таких пар, мощность более стабильная — 7,5—10,6 мкм. Микронзондом

удалось определить, что светлые и темные зоны различаются по величине отношения  $\text{Sr}/\text{Ba}$  и кривая имеет пульсирующий характер (осадочные доломиты к моменту их выщелачивания и образования пустот стали полностью окаменевшими). После рассмотрения возможных причин возникновения подобной зональности предпочтение было отдано годовой периодичности условий кристаллизации. По-видимому, теплые и горячие хлоридные воды, содержащие Sr и Ba (температура вод колеблется от 68 до 114°С) и имеющие направление движения в недрах Земли вверх, периодически, раз в году, разбавлялись поверхностными водами. В результате могла возникнуть тонкая зональность кристаллов целестина.

Исследование тонкослоистых корок сфалерита ( $\text{ZnS}$ ) из Теннесси (США), найденных в пределах рудного месторождения Пайн Пойнт, также показало периодичность нарастания оболочек, или зон, на этих корках. Мощность их около 5—10 мкм, причем более толстые чередуются через 9—11 тонких зон. Годовая периодичность в этом случае объясняется тем, что проникающие в рудное месторождение грунтовые воды изменяют объем и состав растворов.

Тонкая годичная зональность имеет-



*Продольный разрез кристалла целестина ( $\text{SrSO}_4$ ) с зональным строением, которое отражает периодическое изменение состава раствора, питающего кристалл. 11-летние циклы отделяются друг от друга более темными зонами*

ся также в прекрасном поделочном камне — агате ( $\text{SiO}_2$ ), растущем в приповерхностном слое земной коры. В описаниях агатов, сделанных еще в прошлом веке, отмечается иногда до 17 000 тонких слоев в одном дюйме. Таким образом, одиночная зона (светлая и темная полоса) имеет мощность всего 1,5 мкм. Столь медленную кристаллизацию минералов агата интересно сравнить с ростом конкреций в океане. Эта скорость 0,03—0,003 мм за тысячу лет, или 30—3 мкм в год.

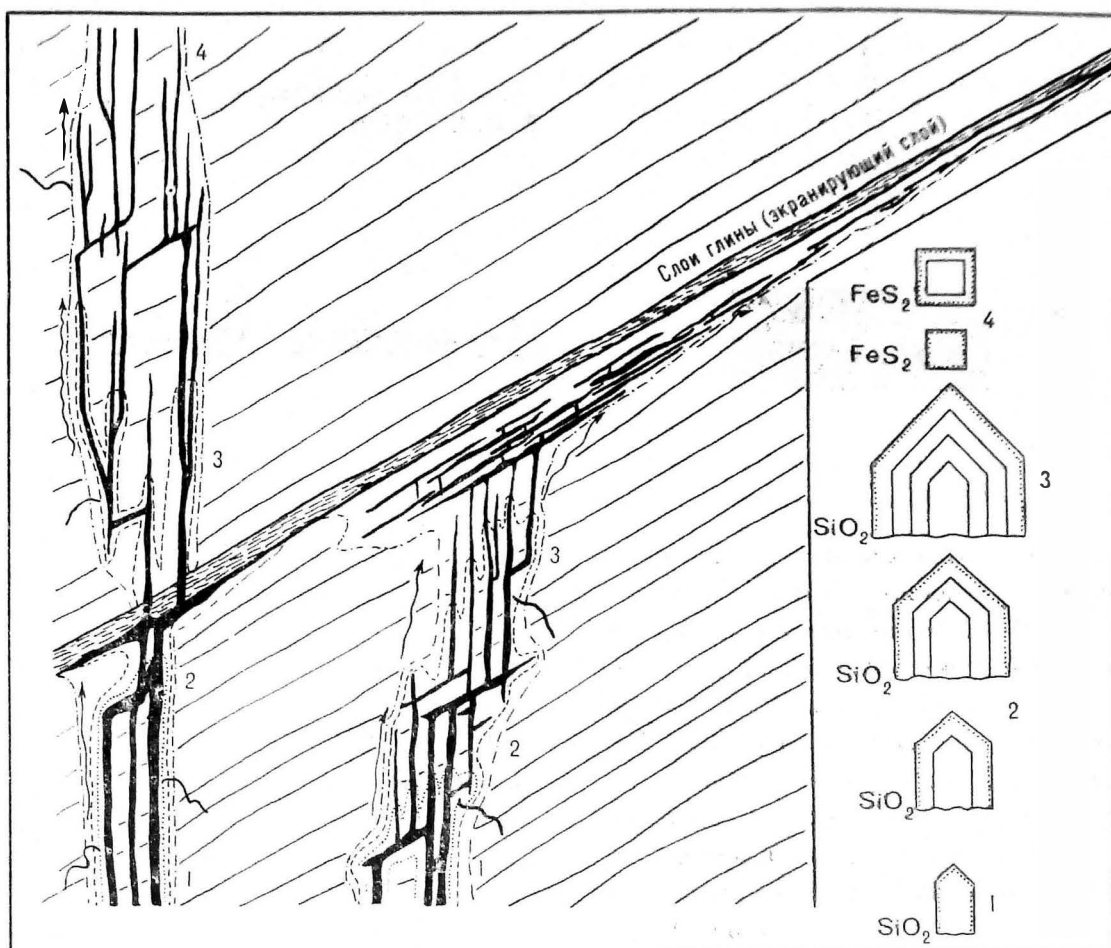
По-видимому, в приведенных примерах обнаруживается сложная цепь взаимосвязанных явлений, обуславливающих влияние 11-летнего цикла солнечной активности на рост кристаллов минералов в поверхностном слое земной коры. Вероятно, изменение метеорологических условий под действием солнечного корпускулярного излучения проявляется, в частности, и в колебаниях обводненности верхних участков земной коры.



## ВСПЫШКИ СВЕРХНОВЫХ

Помимо годовых и 11-летних хроно- ритмов существуют одиночные космо- генные «реперы» времени. Здесь мы имеем в виду вспышки сверхновых звезд. Ленинградский ботаник Н. В. Ловеллиус изучил структуру годичных колец 800-летнего дерева арчи, расту- щего на высоте 3000 м на одном из склонов Зеравшанского хребта. Он обнаружил периоды, когда прирост годичных колец замедлялся. Эти пе- риоды почти точно падают на 1572 и 1604 годы, когда в небе вспыхивали сверхновые звезды: сверхновая Тихо Браге и сверхновая Кеплера.

Нам пока не известны геохимиче- ские и минералогические следствия интенсивных потоков космических лучей в связи с пятью вспышками сверх- новых, происшедшими в нашей Галак- тике за последнее тысячелетие (1006, 1054, 1572, 1604, 1667 годы), и мы пока не умеем диагностировать подобные признаки. Важно здесь не столько ви- деть следы первичных космических лучей в земных минералах (тут кое- что уже известно), сколько найти ме- тод определения интервалов времени, когда в прошлом космические лучи особенно интенсивно воздействовали на нашу планету. Такие интервалы времени, синхронизированные по всей Земле, можно будет сравнить с повсеместно распространенными слоями известного возраста — мар- кирующими стратиграфическими го- ризонтами. По мнению астрофизиков, за время существования Земли около десяти раз ближайšie к Солнцу звезды вспыхивали как сверхновые. Таким образом, природа дает в наше распоряжение минимум десять после- довательных хронореперов, единых для всей планеты. Минералогам же предстоит найти следы подобных космо- генных временных «реперов» в свойствах кристаллов минералов и слагаемых ими горных пород. В каче- стве примера можно привести лунный реголит. В нем отражена история воз- действия на Луну солнечного ветра, галактических космических лучей, ми- крометеоритов. Причем крупные космо- генные хроноритмы здесь должны проявляться более контрастно — ведь Луна не имеет атмосферы, и, значит,



*Схематический разрез слоистого участка земной коры. Видны выходящие на поверхность (слева) и «слепые» (справа) гидротермальные жилы (черные жирные линии). В левых происходит обмен гидротерм с поверхностными грунтовыми водами.*

*1, 2, 3, 4 — последовательные стадии роста минералов: кристаллов кварца ( $\text{SiO}_2$ ) и пирита ( $\text{FeS}_2$ ).*

*Рост кристаллов в недрах Земли оказывается связанным с 11-летним циклом солнечной активности*

космические воздействия на нее не так сильно искажаются. Исследование реголита показало, что интенсивность протонного облучения на Луне с 1953 по 1963 год в четыре раза превышала среднюю интенсивность для нескольких предшествующих миллио- нов лет.

Идея о причинной связи периодич- ности геологических процессов на Земле с периодичностью взаимодей- ствия Земли и Космоса все более проникает в сознание геологов и пла- нетологов. Теперь стало ясно, что пе- риодизация геологической истории, геохронологии связана с солнечной

деятельностью единством временной структуры. Но недавно получены но- вые данные. Оказалось, что общепла- нетарные тектоно-магматические (ми- нералогические) эпохи коррелируют с длительностью галактического года. Например, для послееархейского вре- мени удалось установить девять мак- симумов отложения минерального ве- щества. Они имели место примерно 115, 355, 530, 750, 980, 1150, 1365, 1550 и 1780 млн. лет назад. Интервалы между этими максимумами состав- ляют 170—240 млн. лет (в среднем 200 млн. лет), то есть равны длитель- ности галактического года.

Член-корреспондент АН СССР Г. Л. Пospelов, анализируя место геологии в естествознании, отметил, что изуче- ние многоступенчатых геологических комплексов приведет эту науку к от- крытию явлений типа «квантования» различных процессов в макромире. Минералоги вместе с геологами-стра- тиграфами, астрогеологами, астрофи- зиками собирают факты, которые в будущем позволят составить общую для всех планет Солнечной системы шкалу времени.

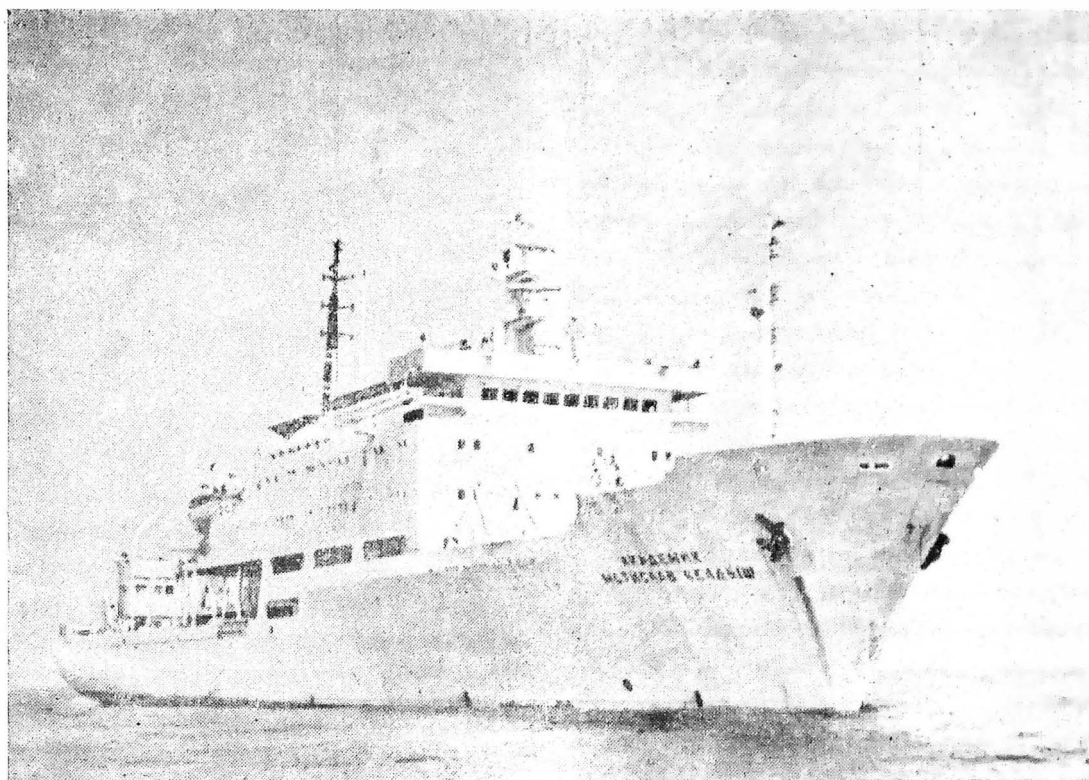


Начальник экспедиции  
В. И. ВОЙТОВ

## Первый рейс

Позади Балтийское и Северное моря, Кильский канал, проливы. 3 марта 1981 года научно-исследовательское судно «Академик Мстислав Келдыш» впервые вышло на просторы Атлантики. Это было начало биографии нового корабля науки...

«Академик Мстислав Келдыш» — одно из немногих судов в мире, которое проектировалось и строилось специально для научных исследований в океане. Об этом говорит и архитектура судна. В средней части с небольшим смещением к носу возвышается надстройка. В надстройке — просторные лаборатории, салоны, каюты. Бросается в глаза асимметрия судна. С левого борта надстройка монолитна, менее загружены носовая и кормовая палубы. Ближе к корме располагаются только ангар и приспособления для спуска на воду подводного обитаемого аппарата и буксируемых аппаратов. Правый борт — рабочий на «Академике Мстиславе Келдыше». Здесь на верандах, соединяющих палубы, установлены лебедки и балки, с помощью которых океанологические приборы опускаются за борт. Необычны очертания подводной части корпуса судна, напоминающие обводы гоночной яхты. Непривычно выглядит и скошенная корма. Такая форма принята отчасти из-за смонтированного там подруливающего устройства — «аквамастера», который обеспечивает разворот гребного винта на триста шестьдесят градусов. Другое подруливающее устройство типа «винт в трубе» расположено в носовой части. Подруливающие устройства позволяют кораблю осуществлять различные маневры, например разворачиваться на месте вокруг своей оси, и,



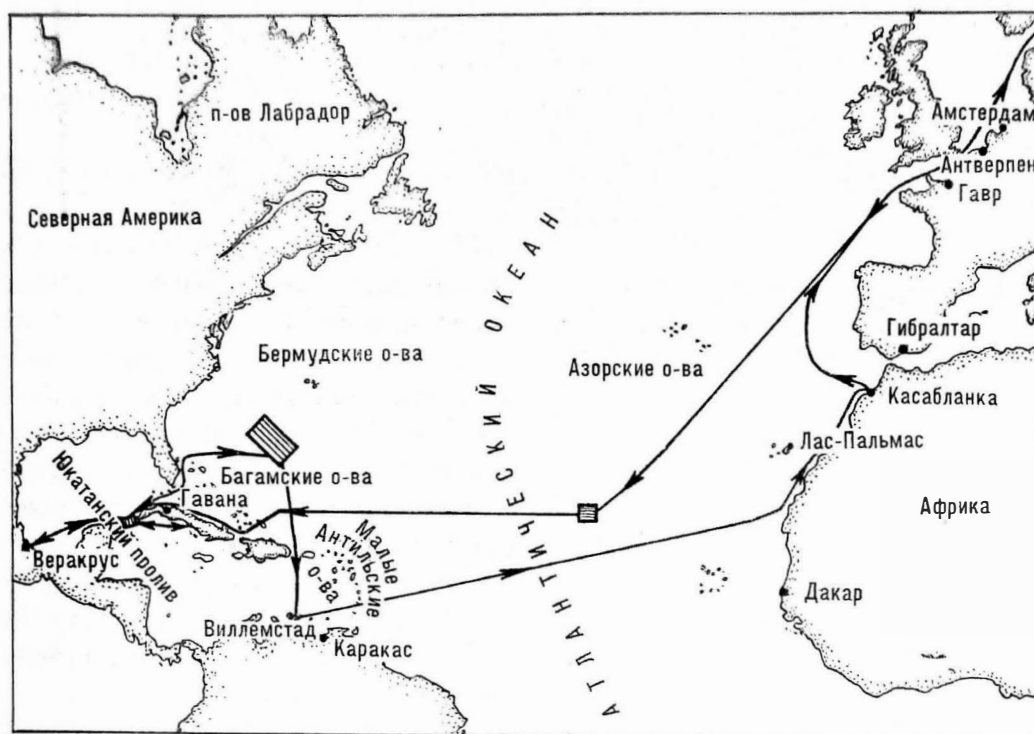
Научно-исследовательское судно  
«Академик Мстислав Келдыш»

кроме того, создают такой упор, что «Академик Мстислав Келдыш», стоя бортом к ветру силой до 6 баллов, способен удерживаться в одной точке.

Знаменательно, что первый рейс нового научно-исследовательского судна водоизмещением 6290 т (длина его 122,3 м при ширине 17,8 м) начался ровно через 60 лет после подписания В. И. Лениным декрета, который дал мощный толчок развитию океанологических исследований в нашей стране. В первом пункте декрета говорилось о необходимости создать плавучий морской научный институт. Думается, идея эта нашла полное воплощение в научно-исследовательском судне

«Академик Мстислав Келдыш», по сути, настоящем плавучем институте. На борту корабля — 16 стационарных и 4 контейнерные лаборатории, которые можно «начинять» аппаратурой по заданному разделу исследований и с помощью кранов перемещать на любое место носовой и кормовой палубы. В некоторых стационарных лабораториях имеются ЭВМ, соединенные двухсторонней связью с главным вычислительным центром судна. Забегая вперед, скажем, что наличие современной вычислительной техники позволило полностью обработать и проанализировать метеорологическую, гидрофизическую и отчасти геофизическую информацию задолго до окончания рейса.

Одной из главных задач первого рейса было испытание новейшей ис-



*Маршрут «Академика Мстислава Келдыша». Заштрихованные прямоугольники — полигоны*

следовательской техники, вспомогательных механизмов и самого судна в условиях длительного океанского плавания. Задачу эту решали на первом этапе экспедиции, в Центральной Атлантике. Судно оказалось весьма мореходным. Имеющаяся на борту самая современная интегральная навигационная система позволила провести различные высокоточные океанологические съемки, были задействованы многие аппаратные комплексы и вспомогательные механизмы, необходимые для решения научных задач рейса.

По соглашению между академиями наук СССР и Республики Куба во время рейса выполнялись совместные советско-кубинские исследования. Вместе с кубинскими специалистами проводили обширные океанологические наблюдения в Юкатанском проливе и в Карибском море. Для геолого-геоморфологического исследования акватории использовалась эхометрическая съемка, проводились поисковые работы буксируемого подводного аппарата «Звук-4М» с телевизионными и фотографическими установками, отбирались пробы донных осадков трубками и дочерпателями. Эти исследо-

вания дали новый материал о рельефе морского дна и закономерностях распределения осадков, бентосных организмах. Весьма интересные наблюдения удалось провести в небольшом кубинском заливе Касонес, где экспедиция обнаружила апвеллинг. Как известно, в водах апвеллинга, богатых планктоном, развивается морская промысел.

Следующий этап экспедиции заняла гидрометеорологическая съемка в районе «Бермудского треугольника». Она была, пожалуй, главной научной задачей рейса, поскольку имела непосредственное отношение к весьма актуальной сейчас гидрометеорологической программе «Разрезы». Программа эта — первый практический шаг к разработке физических основ методов долгосрочного и сверхдолгосрочного прогнозов погоды и созданию теории климата. Проект программы «Разрезы» составлен под руководством академика Г. И. Марчука. Согласно ей, в 1981—1985 годах намечены экспедиционные работы в нескольких энергоактивных зонах океана (ЭАЗО), где тепло из атмосферы интенсивно передается океану. В Атлантике выделены четыре такие зоны: Ньюфаундлендская, Норвежская, Бермудская и Тропическая. За Институтом океанологии АН СССР «закреплена» Бермудская зона, в которой предстоит провести метеорологические,

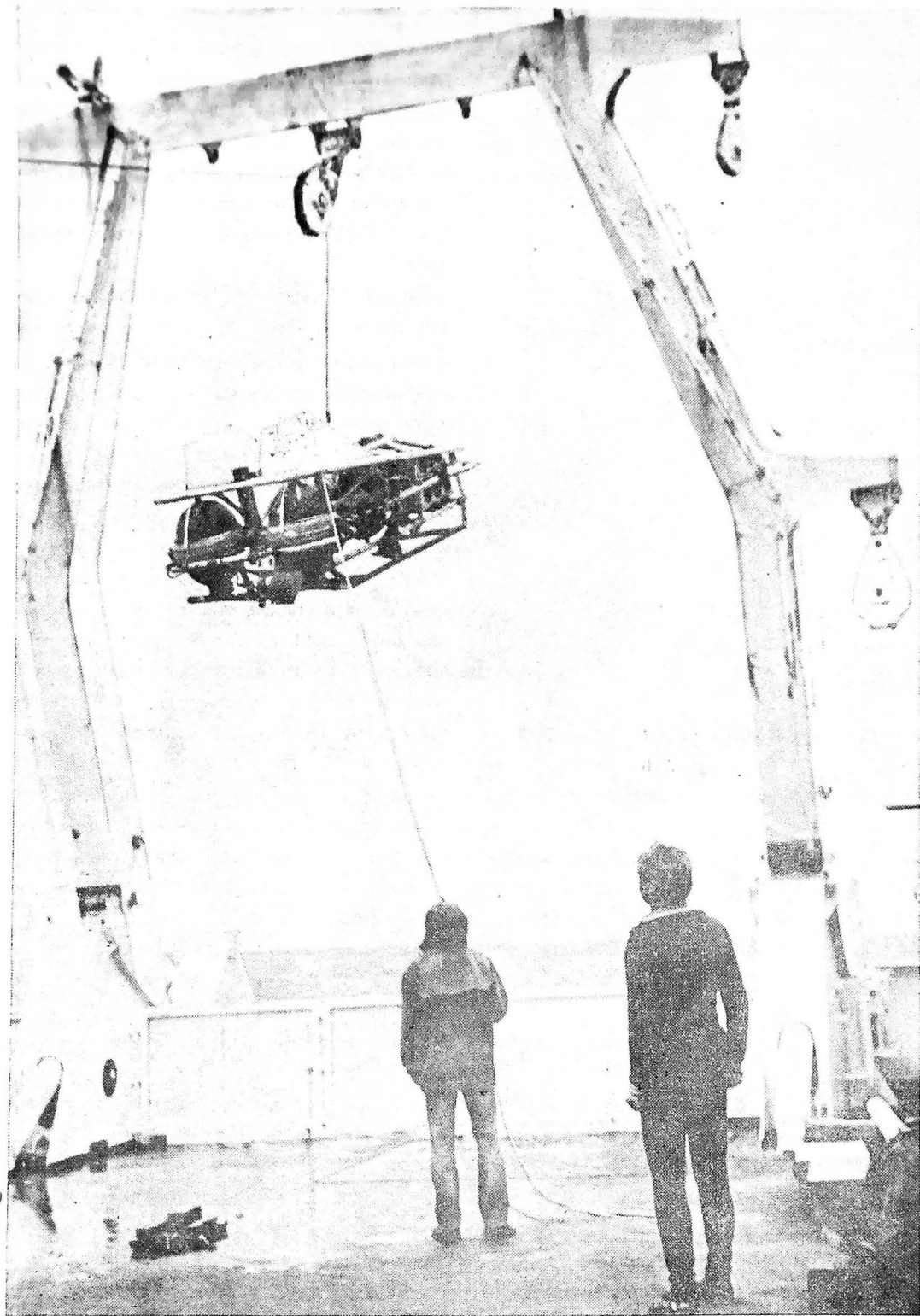
аэрологические, радиационные и гидрофизические исследования. Полную программу работ будет обеспечивать группа судов, а сокращенную — только одно. Такого характера исследования и были выполнены с 23 апреля по 4 мая 1981 года на Бермудском полигоне.

Результаты метеорологических наблюдений дали возможность изучить временную и пространственную изменчивость основных метеорологических элементов и подсчитать потоки тепла. Пульсационные датчики, установленные на выдвигном носовом выстреле, служили для прямых измерений потоков тепла, влаги и количества движения. Обширную информацию о физических свойствах атмосферы дали оптические методы. Что касается гидрофизических измерений, то они помогли исследовать вихревую структуру океана, во многом определяющую гидрологические условия бермудской акватории. Другими словами, получены все исходные данные, которые необходимы для дальнейшего изучения взаимодействия океана и атмосферы...

Бермудский полигон расположен на западе Саргассова моря. Здесь в ярко-синей воде плавают желтовато-бурые скопления уникальных саргассовых водорослей. Еще моряки Колумба рассказывали, что Саргассово море больше похоже на зеленый луг, а позднее появилась легенда, будто из-за обилия водорослей там не могут проходить винтовые суда... Но все-таки важно увидеть «чудеса» своими глазами! Ведь на самом деле вместо «сплошного луга» на поверхности воды видны лишь небольшие пятна и полосы, образованные водорослями. Эти «кустики», похожие на клочки сена, совершенно безопасны для судов — они не могут намотаться на винт...

Геолого-геоморфологическая съемка дала по всему маршруту интересные результаты. Так, на западном фланге Срединно-Атлантического хребта был детально изучен безымянный подводный вулкан. Участники экспедиции, используя буксируемый аппарат «Звук-4М», взяли геологические пробы и произвели эхометрическую съемку вулкана (предложено





*На палубе судна. Подъем  
буксируемого аппарата «Зеук-АМ»  
Фото В. Ф. Симонова*

назвать его «Горой академика Келдыша»).

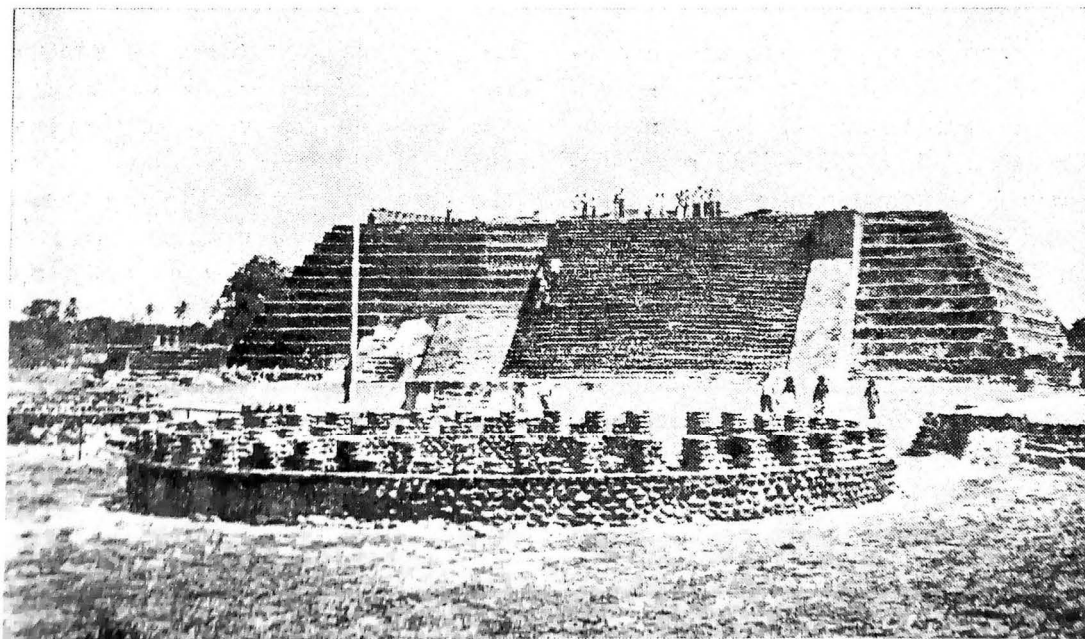
Такие же работы удалось выполнить на подводной горе Ампер, которая в последние годы привлекла большое внимание. В связи с появившимися в печати подводными фотографиями этой горы некоторые ученые предположили, что детали на ее вершине поразительно напоминают следы, оставленные древним человеком. Получено большое число фотографий и видеопленки, которые открыли нам еще больше фрагментов образований, похожих на остатки древних сооружений. И хотя мы трезво смотрим на вещи, считая все эти геометрически правильные очертания простым капризом природы, все же только спуск человека на вершину Ампер решит этот вопрос окончательно.

«Академик Мстислав Келдыш» посетил многие страны, но особенно запомнилась участникам рейса экскурсия по мексиканской земле. В шестидесяти километрах севернее порта Веракрус стоят замечательные памятники древнемексиканского зодчества — пирамиды индейцев тотонаков, покоренных некогда ацтеками. Когда Кортес с отрядом испанских конкистадоров начал свой путь к древней столице ацтеков Теночтитлан, тотонаки поддержали испанцев, надеясь, что они помогут им освободиться от ацтекского гнета. Мирные племена тотонаков славились как строители и земледельцы: под щедрым солнцем они выращивали многие растения, например кукурузу, которая отсюда распространилась по всему земному шару. Ими создан великолепный архитектурный ансамбль из девяти пирамид. Испанцы, впервые увидев пирамиды, вообразили, будто эти сооружения из чистого серебра — так сверкали их стены в солнечных лучах. На самом же деле пирамиды просто-напросто были инкрустированы перламутровыми раковинами...

«Академик Мстислав Келдыш» вернулся на родину в середине июня 1981 года.

*Одна из пирамид индейцев  
тотонаков в Мексике*

*Фото В. Ф. Симонова*





Доктор С. КУЧМИ (Франция)  
Доктор физико-математических наук  
Г. М. НИКОЛЬСКИЙ (СССР)

## Советско-французские наблюдения полного солнечного затмения

Среди других затмений XX века полное солнечное затмение 31 июля 1981 года занимает особое место — затмение было видимо с суши только в СССР. Полоса полной фазы протянулась от восточного побережья Черного моря через юго-восточные районы страны до Курильских островов. Десятки советских и зарубежных экспедиций расположились в различных пунктах полосы для исследования Солнца во время затмения. Крупнейшая из них — комплексная советско-французская экспедиция успешно наблюдала затмение близ города Целинограда. В состав экспедиции входили сотрудники Парижского астрофизического института Национального центра научных исследований, Марсельской лаборатории космической астрономии, Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР, а также сотрудники кафедры астрономии Киевского государственного университета и Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГССР (всего 37 человек).

Парижский астрофизический институт, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР и Киевский университет сотрудничают уже более десяти лет. В последние годы эти совместные исследования верхних слоев солнечной атмосферы — короны, протуберанцев и хромосферы — вошли также и в советско-французскую программу изучения космического пространства.

Советские и французские астрономы начали готовиться к наблюдениям полного солнечного затмения около двух лет тому назад. Темы предстоявших исследований выбирались так, чтобы они не совпадали полностью,

а перекрывались, взаимно дополняя и контролируя друг друга. Подобный подход позволял рассчитывать на получение новых результатов.

Научно-исследовательские работы лаборатории солнечной активности Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН) и лаборатории солнечной физики Парижского астрофизического института тесно связаны с наблюдениями затмений. Во время предыдущих полных затмений Солнца в 1968, 1970, 1972 и 1973 годах сотрудники этих учреждений исследовали, как правило, все слои солнечной атмосферы — от хромосферы до внешней короны, взаимодействующей с межпланетной средой.

Во время затмения 31 июля 1981 года предполагалось решить следующие проблемы. Прежде всего предстояло выяснить, как переносится энергия из хромосферы в корону. Обычно рассматриваемый перенос энергии волновым движением мало эффективен и не может обеспечить потери энергии короной за счет корпускулярного и электромагнитного излучений. Не исключено, что перенос энергии осуществляется посредством прямой связи тонкоструктурных элементов хромосферы с короной (имеются в виду яркие хромосферные и корональные выступы).

Не менее интересно исследование эмиссионного излучения короны. Как известно, спектральные наблюдения предоставляют ценный материал для определения химического состава, температуры и мелкомасштабных движений. Изучение структуры и поляризации корональных эмиссий дает информацию о магнитных полях.

До сих пор астрономы не знают, как возникают в короне сравнительно недалеко от Солнца пылевые зоны — внешние диффузные уплотнения. Наблюдения цвета короны должны помочь в решении вопроса о природе этих пылевых частиц.

Участникам экспедиции предстояло изучить структуру короны, которая зависит от солнечной активности и связана с хромосферно-фотосферными образованиями. Эта структура в конечном итоге определяется конфигурацией солнечных магнитных полей.

И наконец, очень важно определить степень поляризации и направление непрерывного излучения короны. Между тем до сих пор нет надежных измерений поляризации в короне.

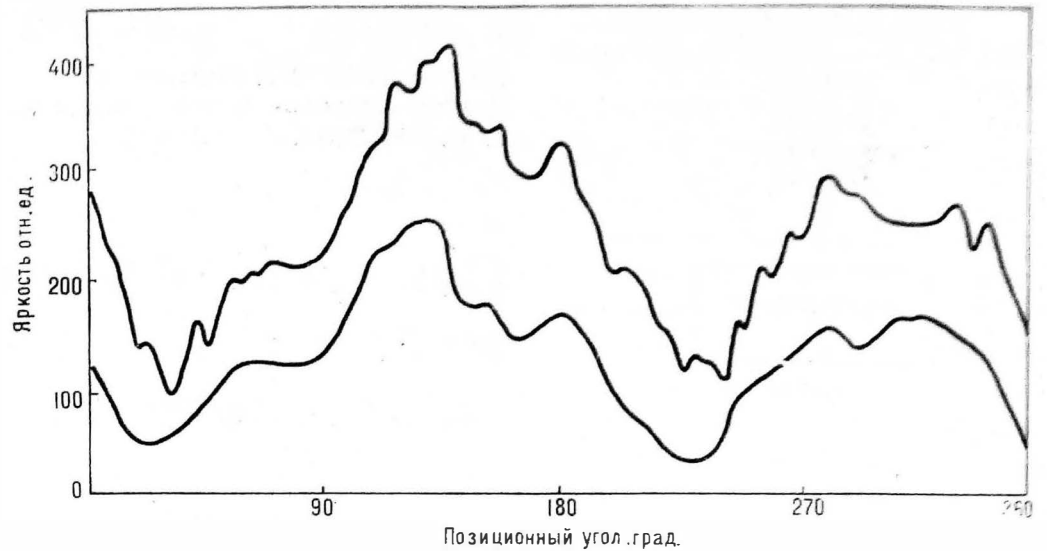
При выборе места работы советско-французской экспедиции учитывались такие факторы, как астрономические характеристики затмения, метеорологические условия, качество изображений. Оптимальным местом, попадающим в полосу полной фазы, на наш взгляд, оказался Казахстан. В северовосточном степном Казахстане (Целиноградская область), по метеоданным, в конце июля небо безоблачное, а в утренние часы (время затмения), пока почва не успевает нагреться и отсутствуют восходящие потоки воздуха, должны ожидаться хорошие изображения. Высота Солнца над горизонтом во время затмения ( $25^\circ$ ) была вполне достаточной для того, чтобы атмосферное поглощение не помешало наблюдениям. Содействие местных советских и партийных органов облегчило выбор наблюдательной площадки на достаточном удалении от промышленных предприятий, загрязняющих атмосферу. Экспедиция рас-

положилась под Целиноградом, почти точно на центральной линии полосы полной фазы.

Советско-французская экспедиция прибыла в район наблюдения затмения 17 июля 1981 года. Время до затмения прошло в напряженной работе. Днем участники экспедиции устанавливали приборы, ночью фокусировали их по звездам и проводили калибровку по Луне и планетам. Затем начались тренировки наблюдателей, последовательность действий которых в ходе затмения рассчитывается с точностью до секунды. Во время полной фазы работа шла под счет секунд, начавшийся с момента второго контакта. Счет был записан заранее на магнитофон, который включил опытный наблюдатель, визуально определивший момент начала полной фазы. Этот момент может отличаться от предвычисленного времени второго контакта на несколько секунд. В месте, где работала советско-французская экспедиция, расчетный момент второго контакта соответствовал 2 часам 29 минутам 52 секундам Всемирного времени, а продолжительность полной фазы — 76 секундам. Затмение началось на одну секунду раньше, а его продолжительность сократилась на две секунды из-за впадины на лунном крае.

Что же удалось сделать за 74 секунды полной фазы?

Поляризационные исследования непрерывного излучения короны проводились на двух фотоэлектрических поляриметрах, конструкция которых разработана совместно сотрудниками ИЗМИРАНа и Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГССР. (Таковыми же поляриметрами располагали экспедиция Абастуманской астрофизической обсерватории, находившаяся в районе Братска, и экспедиция ИЗМИРАНа, выехавшая на Сахалин. К сожалению, в Братске затмение наблюдалось сквозь облака, а на Сахалине была сплошная облачность.) Поляриметры — это телескопы, фокусное расстояние которых 1 м, с фотоумножителем в качестве приемника излучения, модулятором и электронным устройством, обладающим памятью для быстрой регистрации (25 раз в секунду) трех парамет-

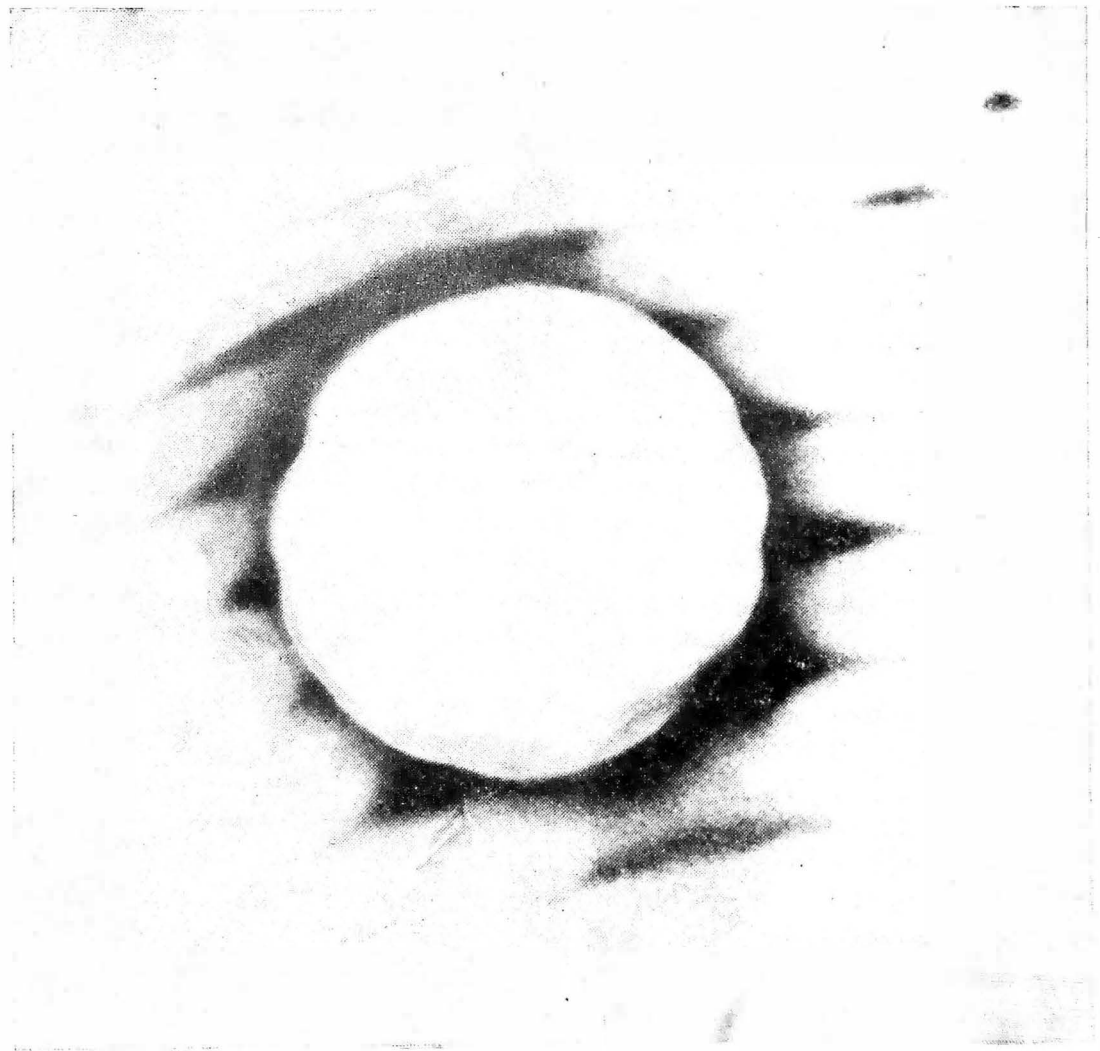


*Полная яркость и яркость поляризованного излучения короны. Запись соответствует одному витку вокруг Солнца на среднем расстоянии от лимба 0,3 радиуса Солнца.*

*График построен по цифровым данным фотоэлектрического поляриметра (наблюдатели А. Степанов и А. Суладзе)*

ров: общей яркости, яркости полностью поляризованного излучения и угла плоскости поляризации. Сканирование короны проводилось по квадратичной спирали вокруг

*Свечение Fe XIV с длиной волны 5303 Å в короне. Снимок получил Г. М. Никольский на установке с эталоном Фабри — Перо и электронно-оптическим преобразователем*





Солнца. Прибор запомнил за 75 секунд 1700 тройных чисел, которые после окончания полной фазы записывались на ленту цифropечатающего устройства (один из поляриметров позволил получить лишь аналоговую запись интенсивности общего и поляризованного света из-за отказа электронной памяти). Измерения на поляриметрах охватывают большой интервал расстояний — от внутренней до внешней короны, уже сливающейся с фоном неба.

Для исследования эмиссионного излучения короны советские участники экспедиции использовали эшелюный спектрограф с дифракционной решеткой, дающей спектр в видимой области длин волн с дисперсией от 6 до 10 Å/мм. На спектрограмме зафиксирован непрерывный спектр короны, эмиссионные корональные линии и линии ионизированного кальция, светящегося в короне.

На установке с эталоном Фабри — Перо, интерференционным фильтром, полоса пропускания которого равна 2,5 Å, и контактном электронно-оптическим преобразователем советские астрономы зарегистрировали линию Fe XIV с длиной волны 5303 Å в различных областях короны вплоть до

расстояний около одного солнечного радиуса от лимба.

Французские ученые получили прекрасные цветные снимки солнечной короны на горизонтальной камере с радиальным фильтром, сглаживающим большие различия в яркости короны.

Участники экспедиции сфотографировали внешнюю корону на камерах с фокусным расстоянием 300 мм, получили инфракрасные изображения короны с помощью телевизионной установки (Марсельская лаборатория космической астрономии) и короткофокусных камер. Ряд фотографий короны был сделан через различные интерференционные фильтры.

Крупномасштабные цветные и черно-белые изображения короны получили сотрудники Киевского университета на камере с фокусным расстоянием 12 м. На этих снимках различаются «холодные» (розовые из-за свечения в линии водорода  $H_{\alpha}$ ) и «горячие» (белые) области. По черно-белым негативам иногда трудно разделить протуберанцы, хромосферные выступы и детали короны.

Хорошее цветное изображение в сочетании со вспомогательными калибровочными снимками позволяет про-

вести колориметрию короны в трех цветах — красном, зеленом и синем. Цвет солнечной короны должен быть «белым» — таким же, как и фотосферы. При рассеянии света на пылинках цвет меняется в зависимости от их формы и размеров. В комплексной советско-французской экспедиции были впервые применены спектральные исследования короны в широком спектральном диапазоне — от синего до инфракрасного.

Задолго до затмения сотрудники Горной астрономической станции Главной астрономической обсерватории АН СССР и лаборатории солнечной активности ИЗМИРАНа составили прогностический рисунок структуры короны 31 июля 1981 года. Как показало предварительное изучение снимков короны, сделанных во время затмения, совпадение основных структурных форм с действительностью очень хорошее.

Во время затмения 31 июля 1981 года советские и французские астрономы получили богатый наблюдательный материал. Он, несомненно, углубит наши представления о короне — самой внешней, расширяющейся и постоянно обновляющейся веществе области солнечной атмосферы.



Кандидат физико-математических наук  
В. А. БРОНШТЭН

## 107 секунд полной фазы

«Полное солнечное затмение — редкое и очень красивое явление природы», — такую фразу можно найти во многих научно-популярных книгах и статьях по астрономии. Что это явление очень красивое, не может быть никаких сомнений. А что значит «редкое»?

В XX веке на всей Земле произойдет 74 полных затмения Солнца. Чуть

меньше одного в год. Вроде не так уж редко? Но полоса полной фазы весьма узка, а  $\frac{3}{4}$  земной поверхности занимают океаны и моря. И вот результаты: 11 июня 1983 года полная фаза затмения будет наблюдаться только на острове Ява и в Тихом океане, 22 ноября 1984 года — в Тихом океане и в Патагонии, 12 ноября 1985 года — в Антарктике, 3 октября 1986

года — в Гренландии. Вот почему к полному солнечному затмению 31 июля 1981 года, полоса которого протянулась на 7300 км по территории Советского Союза, был проявлен особый интерес.

Еще несколько причин повышало интерес к этому затмению. Оно пришлось на разгар лета, что, с одной стороны, вселяло надежды на хоро-

шую погоду, а с другой стороны, облегчало возможность привлечь к наблюдениям студентов и школьников, а также преподавателей, у которых в это время были летние каникулы. А главное — затмение 31 июля 1981 года могло наблюдаться только на территории Советского Союза (далее полоса полной фазы уходила в Тихий океан, где и покидала Землю).

Вот почему уже с конца 1979 года Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) начало получать письма от различных зарубежных астрономических организаций и отдельных лиц, выражавших желание наблюдать затмение в СССР. Президиум Центрального совета ВАГО принял решение оказать содействие зарубежным любителям астрономии. Интурист СССР с готовностью откликнулся на наше обращение и организовал специальные туристские маршруты. Первоначально местом наблюдения был выбран город Братск Иркутской области — крупнейший населенный пункт в полосе полной фазы. Но Братск мог принять не более 500 туристов, а заявок поступило около двух тысяч. Были организованы еще два пункта приема иностранных любителей астрономии в городе Ленинске-Кузнецком Кемеровской области и севернее Целинограда. Во всех трех пунктах разместились около тысячи зарубежных наблюдателей. Среди них были не только любители, но и астрономы-профессионалы: доктор А. Фиала из Морской обсерватории США, доктор К. Магро из Астрофизического института Канарских островов (Испания), доктор Дж. Паркинсон из космической обсерватории Маллард Лондонского университета. Ряд научных экспедиций из зарубежных стран (Чехословакия, Франция, КНДР) прибыли по соглашению с Академией наук СССР.

Чтобы обеспечить всем нашим гостям необходимые условия для наблюдений, требовалась большая подготовительная работа. В выборе мест для размещения экспедиций приняли участие члены Иркутского, Кемеровского, Целиноградского и других отделений ВАГО. Всей подготовкой к наблюдениям солнечного затмения в СССР руководил специальный коми-

тет Академии наук СССР во главе с членом-корреспондентом АН СССР В. А. Кратом. Его заместителями были доктор физико-математических наук Г. М. Никольский и автор этой статьи. Комиссия по подготовке к затмению была образована также при Центральном совете ВАГО.

24 отделения ВАГО направили в полосу фазы 30 экспедиций с весьма разнообразной программой. Так, Московское отделение ВАГО использовало для получения крупномасштабных фотографий короны 5-метровый стандартный коронограф, который установили на территории одного из совхозов Павлодарской области. В двух пунктах проводилась киносъемка затмения. На случай ненастной погоды в Павлодарской и Амурской областях были подготовлены наблюдения со специальных самолетов. Хабаровское отделение ВАГО организовало экспедицию в район озера Удыл совместно с группой любителей астрономии из ГДР. Многочисленные экспедиции астрономических кружков станций юных техников, домов и дворцов пионеров, планетариев, школ разместились на территории Новосибирской области, где всей организацией наблюдений руководил В. И. Кириченко.

Автор этой статьи был командирован в Братск для помощи в организации наблюдений основной группы иностранных наблюдателей-любителей в поселке Тарма, в 45 км к югу от Братска. Длительность полной фазы там составляла 107 секунд (против 83 секунд в Братске). Сотрудники Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (СибИЗМИР) помогли подготовить на территории базы отдыха местного леспромхоза обширную наблюдательную площадку. Для тех, кто имел солидные инструменты, были забетонированы девять площадок  $2 \times 2$  км<sup>2</sup>, к которым подвели электрический ток, необходимый для питания электромоторов, фотоэлектрических и электронных приборов. Для владельцев настольных приборов были выставлены длинные массивные столы. Счет секунд велся по радио на английском языке.

В 5 км от этой базы (мы называли ее станцией Тарма-2) находилась стан-



ция Тарма-1, где расположились научные экспедиции Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН) во главе с кандидатом физико-математических наук В. Е. Манченко, экспедиция Абастуманской астрофизической обсерватории АН ГССР во главе с Ц. С. Хецуриани и экспедиция Словацкой академии наук (ЧССР) во главе с доктором Ю. Сикорой. Несколько поодаль разместились экспедиция СибИЗМИРа, которой руководил В. И. Скоморовский. Другая (основная) экспедиция СибИЗМИРа, возглавляемая В. М. Григорьевым, обосновалась к северу от Братска, недалеко от северной границы полосы полной фазы: в ее задачу входило исследование полярных спикул — своеобразных язычков в хромосфере Солнца, лучше всего видимых близ полярной части солнечного лимба.

Постепенно население станции Тарма-1 росло. Приехали американские астрономы Р. Фишер и Лейси изучать распределение светимости короны в зеленой линии Fe XIV. За два дня до затмения прибыла экспедиция Пхеньянской астрономической обсерватории Академии наук КНДР во главе с доктором Ли Ги Маном. Появились две группы молодых любителей астрономии из обсерватории и планетария имени Н. Коперника в Грундзёндзе (ПНР) и из народной обсерватории в Упице (ЧССР). Наконец, утром 31 июля прибыли любители астрономии из ГДР. Таким образом, на станции Тарма-1 работали астрономы и любители астрономии из шести государств.

На станции Тарма-2 национальный состав наблюдателей был еще шире.

Здесь находились астрономы (специалисты и любители) из США, Канады, Японии, Великобритании, Швеции, Норвегии, Дании, Испании, Бельгии, Франции, Швейцарии.

Некоторые наблюдатели имели весьма сложное оборудование. Так, наши испанские коллеги привезли с собой 25-сантиметровый рефлектор с приемником инфракрасного излучения, который требовал охлаждения жидким азотом и откачки криостатов до вакуума в  $10^{-5}$  мм рт. ст. Благодаря содействию управляющего отделением Интуриста в Братске Е. П. Лукьянчикова (главного организатора приема и размещения иностранных гостей) им были предоставлены два 15-литровых дьюара с жидким азотом. Вакуумную установку привез из Иркутска сотрудник СибИЗМИРа И. Б. Максютков, который помог испанским астрономам откачать криостаты до нужного вакуума.

Наступил знаменательный день 31 июля. Все предыдущие дни стояла хорошая погода, да и прогноз на день затмения был благоприятный. Но утром по дороге из Братска в Тарму мы заметили легкие облака, наползавшие на Солнце. С тревогой следили мы за движением облаков, с надеждой — за просветами между ними.

Я не ставил перед собой какой-либо специальной научной задачи при наблюдении затмения, как в прошлые годы. И, когда В. Е. Манченко попросил меня вести счет секунд для экспедиций ИЗМИРАНа и Абастуманской обсерватории, я с удовольствием дал согласие. По координатам Тармы-1 я рассчитал моменты контактов. Их сообщили всем экспедициям. Затем я сделал пересчет моментов контактов и для Тармы-2. Хронометр измирановцы взяли почему-то звездный, и я предпочел ему собственные наручные часы «Ракета», обладавшие удивительным постоянством хода (за трое суток ушли всего на 11 секунд) и длинной секундной стрелкой.

Сигналы времени для наблюдателей (удары метронома и команды голосом через каждые 10 секунд) были записаны на магнитофон. Я должен был, глядя на Солнце в трубу теодолита, подать команду «нуль!» и одновременно нажать клавишу магнитофо-

на, после чего счет пошел бы автоматически, а я мог рассматривать корону как невооруженным глазом, так и в теодолит. Но все вышло по-другому...

Определив по радиосигналам точного времени поправку часов, я ввел ее в эфемеридные моменты и стал ждать первого контакта — начала частного затмения. 10 часов 47 минут 32 секунды (все моменты здесь и далее даны по местному декретному времени, отличающемуся на девять часов от всемирного и на пять часов от московского летнего). Замечаю на правом верхнем краю Солнца легкую выщербленность и кричу: «Первый контакт!».

Хотя все готово к наблюдениям полной фазы, волнение не ослабевает: ведь облака идут и идут, и что будет в районе Солнца во время полного затмения — облако или просвет — пока угадать трудно. Солнце принимает вид узкого серпа. Объявляю: «До начала полной фазы осталось тридцать минут, .. десять минут, .. пять минут, .. две минуты, .. одна минута, .. тридцать секунд, .. двадцать, .. десять, .. пять...» Вижу в теодолит: прав был английский астроном Дж. Паркинсон, показавший мне накануне, что из-за неровностей лунного края момент истинного второго контакта запоздает секунды на две против вычисленного — в точке контакта как раз будет находиться лунная ложбина.

11 часов 59 минут 11 секунд. Две сотрудницы ИЗМИРАНа невдалеке от меня воскликнули: «Корона! Где же нуль?». Но лишь когда исчез последний луч Солнца, я кричу: «Нуль!» — и нажимаю клавишу магнитофона. Что это? Ударов метронома не слышно! Магнитофон не включился. Слышно только, как астроном экспедиции Пхеньянской обсерватории ведет счет на корейском языке.

Лихорадочно думаю: что делать? Включить магнитофон с запозданием? Но тогда не сойдутся десятки секунд. Считать по часам самому? Принимаю «компромиссное» решение: включаю магнитофон, а десятки секунд выкликаю сам, глядя на часы. Прощай все надежды рассмотреть корону в теодолит. Впрочем, в интервалах между

«десятками» я смотрю на нее. Она — типа максимума, немного напоминает корону 19 июня 1936 года. Корона светит сквозь легкую пелену облаков. Вот уже я выкрикнул «сто», проходит еще семь секунд и справа вспыхивает яркий луч. Еще две-три секунды, и корона исчезает. Все облегченно вздыхают, делятся впечатлениями.

А как же облака? Меньше всего они помешали спектроскопистам. В. Г. Утробин (ИЗМИРАН) получил на спектрографе спектр вспышки (эмиссионный спектр хромосферы) и спектр солнечной короны. Его коллеги по институту В. Е. Манченко и Н. С. Шилова сфотографировали хромосферу в линии гелия (длина волны 10 830 Å) с помощью интерференционно-поляризационного фильтра и электронно-оптического преобразователя. О. Г. Бадалян получила изображения короны в линиях Fe XIII на длинах волн 10 747 и 10 798 Å, а также в участке спектра без линий. Экспедиция Абастуманской обсерватории сделала серию снимков короны на коронографе.

Повредили облака поляриметристами, пытавшимся измерить поляризацию короны. Ведь частицы облаков сами создают поляризацию света. А поляриметристы были и в экспедиции ИЗМИРАНа, и у абастуманцев, и у доктора Р. Фишера из США. Окончательные результаты станут известны позже.

Успешно прошли наблюдения и в Тарме-2. Когда наступила полная фаза, там раздался всеобщий крик восторга на нескольких языках: ведь многие видели полное затмение впервые. Еще одна группа туристов из ФРГ наблюдала затмение в 15 км от остальных. У них, а также в самом Братске небо было совершенно чистое! Когда затмение окончилось, гостям были созданы все условия для культурного отдыха и времяпрепровождения.

Наблюдения закончены. Впереди — обработка полученных материалов, обобщение и публикация результатов.





ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ  
АСТРОНОМИЯ

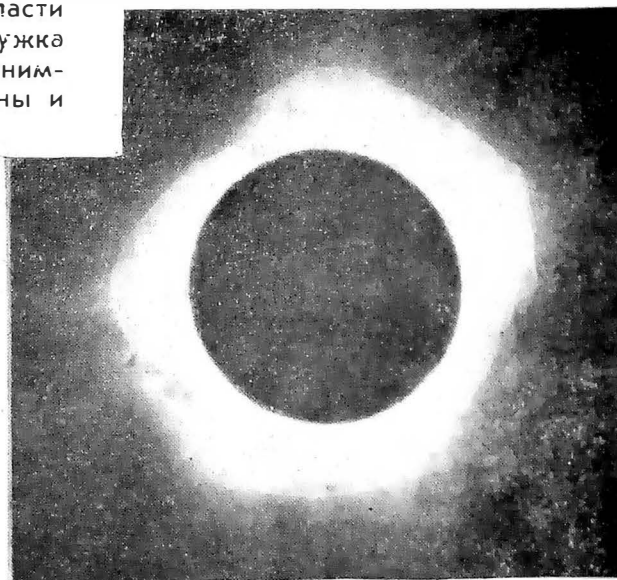
## Любительские наблюдения полного солнечного затмения 31 июля 1981 года



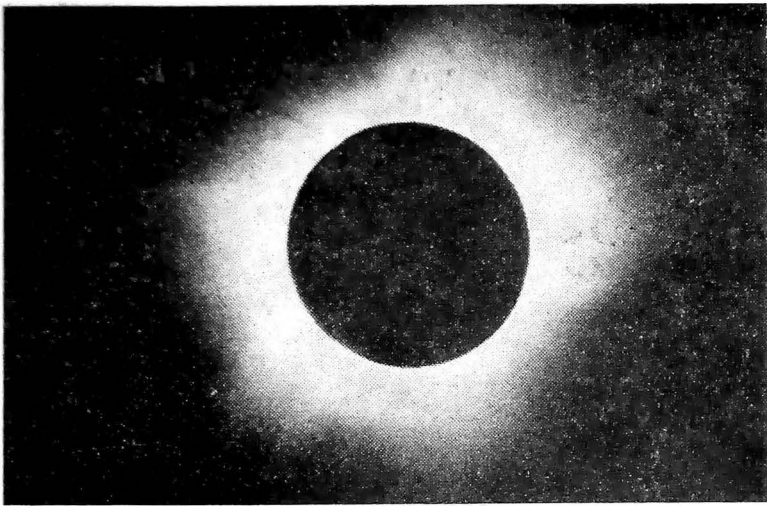
Фотография  
«бриллиантового кольца»,  
полученная в Славгороде  
Ю. В. Лямыным.  
Использовался объектив МТО-500А

Многие любители астрономии — члены астрономических секций отделений ВАГО и люди, пока еще не связанные с ВАГО, — фотографировали и наблюдали визуально полное солнечное затмение 31 июля 1981 года. Фотографии солнечной короны прислали в редакцию участники экспедиции Днепропетровского отделения ВАГО и самостоятельной экспедиции службы времени Сибирского научно-исследовательского института метрологии, которые наблюдали затмение в Черепанове Новосибирской области. Хорошие фотографии солнечной короны с лучами, простирающимися от лимба до четырех диаметров Солнца, сделал в Черепанове В. Н. Гордеев — любитель астрономии из города Миасс Челябинской области. В двух километрах от села Безменова Черепановского района Новосибирской области члены астрономического кружка Одесского планетария получили снимки частных фаз, солнечной короны и «бриллиантового кольца».

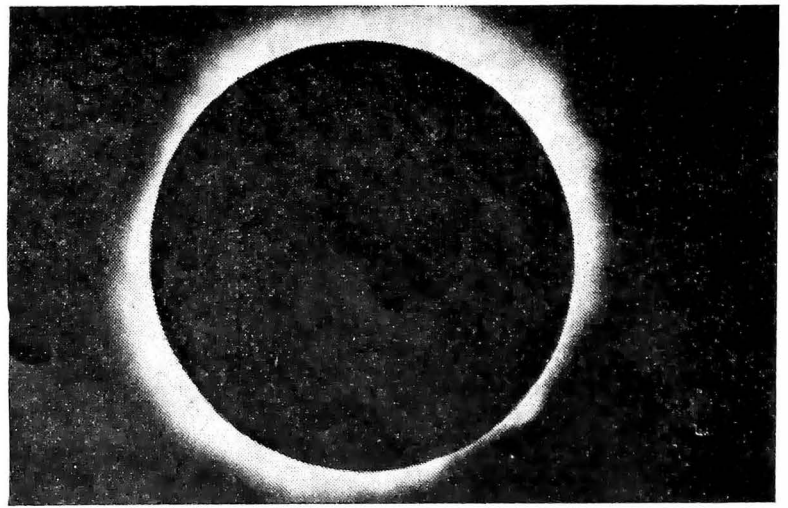
В городе Аркалык Тургайской области фотографировали частные фазы и солнечную корону, проводили метеорологические наблюдения кружковцы Бельцевского планетария (Молдавская ССР). В окрестностях города Кульсары Гурьевской области получили ряд снимков солнечной короны и «бриллиантового кольца» член Волгоградского отделения ВАГО В. А. Зиновьев, а также любитель астрономии из Краматорска О. Г. Мальков. В поселке Тымовское Сахалинской области сфотографировал корону житель города Поронайска С. В. Филатов. Удачные снимки солнечной короны и «бриллиантовых колец» в начале и в конце полной фазы сделал в Славгороде Алтайского края любитель астрономии Ю. В. Лямин. Фотографии внеш-



Любитель астрономии  
из Краматорска  
О. Г. Мальков возле зрительной  
трубы ЗРТ-452 с установленным  
на ней фотоаппаратом «Зенит-Е».  
С помощью этого инструмента  
О. Г. Мальков сфотографировал  
солнечную корону (справа).  
Съемка велась на пленку  
чувствительностью 65 ед. ГОСТа,  
выдержка 1,5 секунды



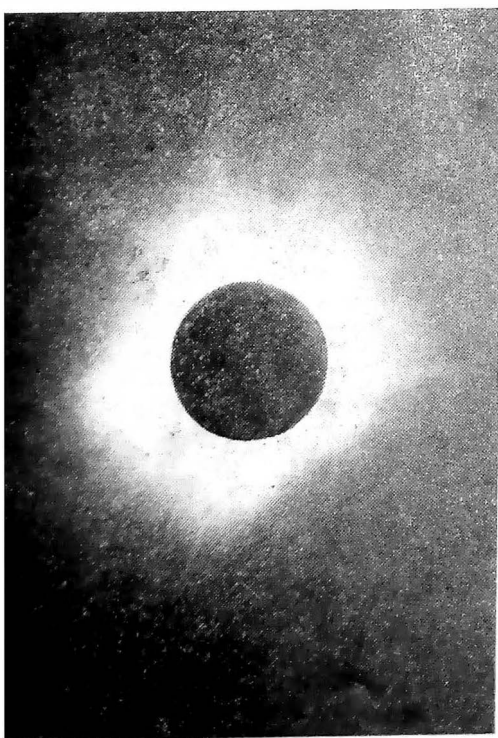
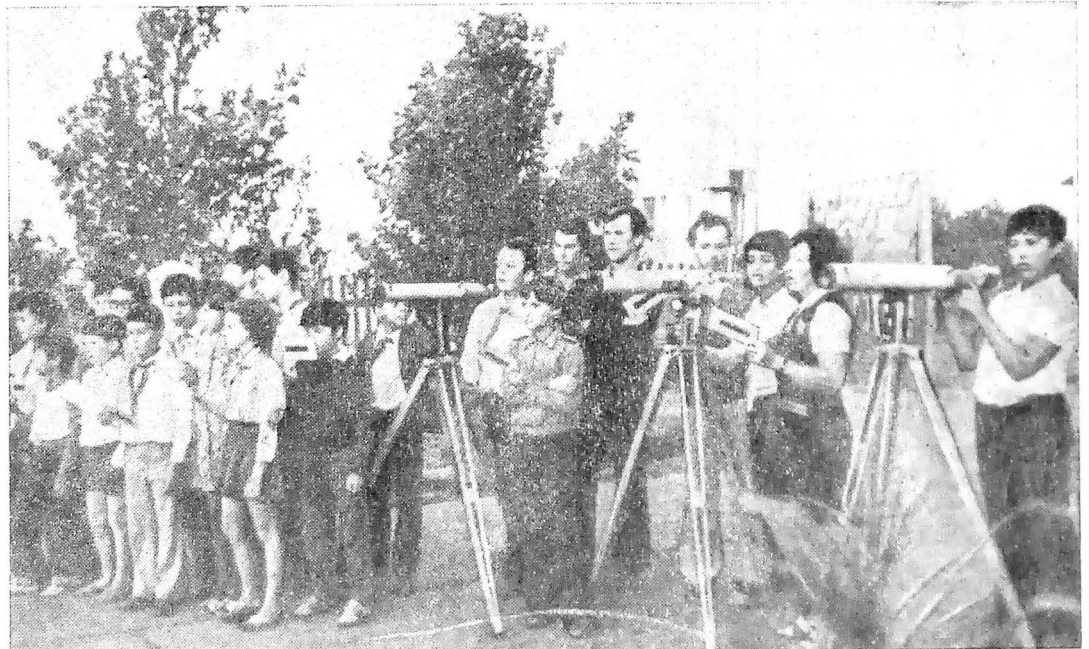
Фотография солнечной короны, полученная участником экспедиции Днепропетровского отделения ВАГО П. А. Горянским в Черепанове (объектив МТО-1000, пленка чувствительностью 90 ед. ГОСТа, выдержка 2 секунды)



Этот снимок солнечной короны сделал в Аркалыке ученик 9 класса из города Бельцы Р. Примович (60-миллиметровый рефрактор, аппарат «Зенит», пленка чувствительностью 65 ед. ГОСТа, выдержка 1/500 секунды)

Ребята из пионерского лагеря Горловского машиностроительного завода готовятся к наблюдению солнечного затмения

Снимок солнечной короны, полученный В. Н. Гордеевым в Черепанове (зрительная труба ЗРТ-457, аппарат «Зенит-ФС» с объективом «Таир-ФС», пленка чувствительностью 130 ед. ГОСТа, выдержка 1/30 секунды)



ней короны получили в городе Жолымбете Целиноградской области С. Н. Ефимов, проживающий на станции Анциферово Новгородской области, а также любители астрономии из подмосковного города Калининграда В. В. Никифоров и С. Д. Серпков. Подробное описание хода затмения с зарисовками фаз прислали в редакцию В. П. Дудин из Кургана и семья Шляховых из Целинограда. Они наблюдали затмение в районе города Шортанды Целиноградской области.

Частное солнечное затмение наблюдали в Урзуфе на берегу Азовского моря ребята из пионерского лагеря имени Володи Дубинина Горловского машиностроительного завода, в Харькове зарисовки частных фаз затмения сделал с солнечного экрана, установ-

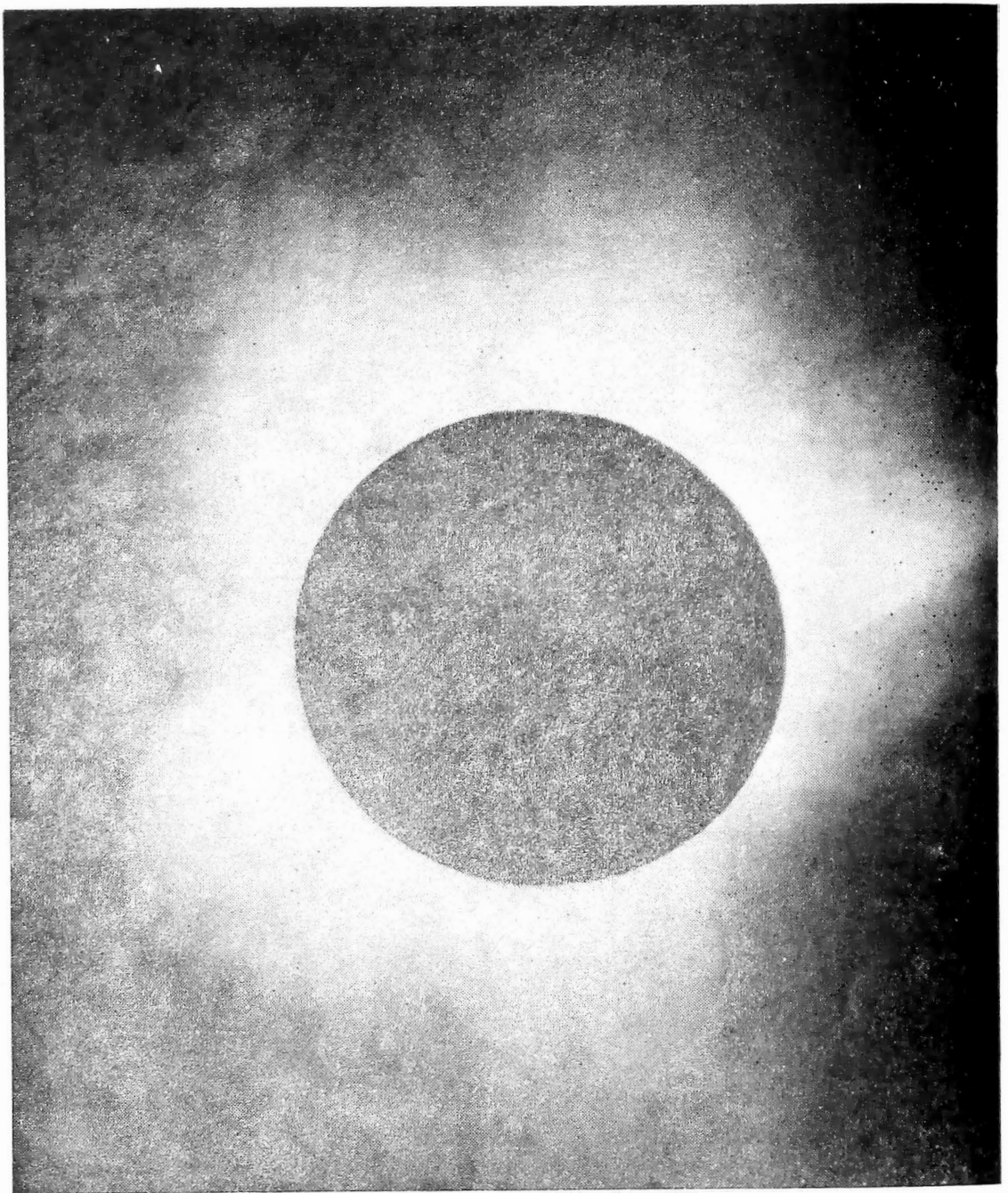
ленного на телескопе «Алькор», любитель астрономии В. С. Филоненко, фотографии частных фаз затмения получили любитель астрономии из Киева В. Н. Слипченко и житель Свердловска Е. Станкевич.

Редакция благодарит всех, приславших результаты наблюдений солнечного затмения, и публикует ряд писем членов ВАГО и любителей астрономии, а также фотографии, сделанные во время затмения.



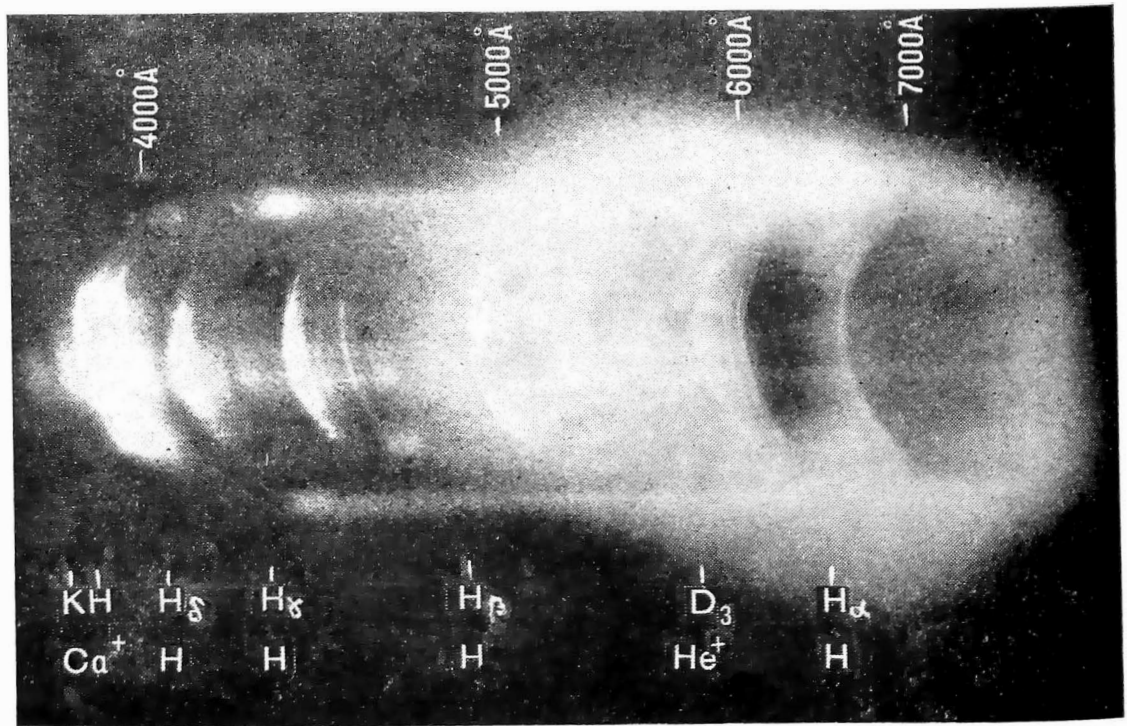
**ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

Пятнадцать членов Новосибирского клуба имени Д. Д. Максудова (Земля и Вселенная, 1981, № 1, с. 66—70.— *Ред.*) наблюдали затмение в городе Черепаново Новосибирской области. Специально для наблюдения полного солнечного затмения ребята построили полярный солнечный телескоп. Его главное зеркало имеет диаметр 110 мм и фокусное расстояние 2340 мм. Телескоп снабжен 140-миллиметровым сидеростатом (плоское зеркало), который приводится в движение пружинным часовым механизмом. На телескопе была установлена фотокамера «Салют». За полторы минуты полной фазы автор этих строк по-



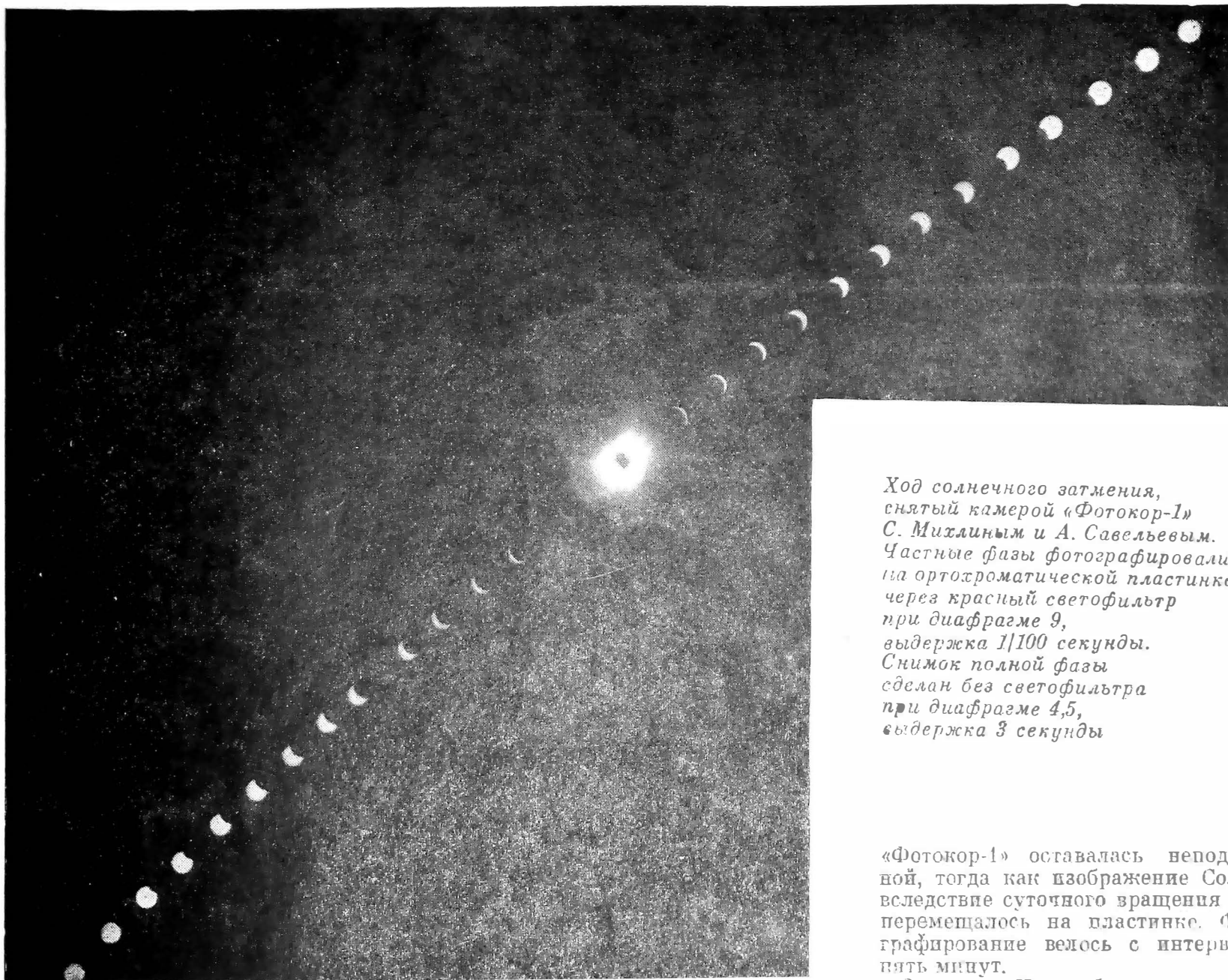
*Солнечная корона 31 июля 1981 года. Снимок получил Л. Л. Сикорук на полярном телескопе (пленка «Фото-130», относительное отверстие 1/21, выдержка 4 секунды). Диаметр изображения Луны на негативе около 21 мм*

*Спектр солнечной вспышки, полученный К. Лазаревым и Ю. Авдеевым. Для фотографирования они использовали камеру с объективной призмой, которая была установлена на 150-миллиметровом телескопе. Светлое пятно, закрывающее правую часть спектра, — наложившиеся друг на друга монохроматические изображения короны в зеленой и красной линиях ионизированного железа*



лучил восемь снимков солнечной короны на этом телескопе. Несколько фотографий внутренней короны и протуберанцев сделал студент Андрей Белкин на 165-миллиметровом телескопе Кассегрена — Ньюсмита с эквивалентным фокусным





*Ход солнечного затмения, снятый камерой «Фотокор-1» С. Михлиным и А. Савельевым. Частные фазы фотографировались на ортохроматической пластинке через красный светофильтр при диафрагме 9, выдержка 1/100 секунды. Снимок полной фазы сделан без светофильтра при диафрагме 4,5, выдержка 3 секунды*

расстоянием 2650 мм. Десятиклассник Владимир Семин с помощью 150-миллиметрового телескопа системы Ньютона, снабженного часовым приводом, фотографировал корону. Телескоп, имея фокусное расстояние 960 мм, давал изображение диска Луны диаметром 8,3 мм.

На трубе этого же телескопа была укреплена фотокамера с объективной призмой для фотографирования спектра вспышки (хромосферы). У фотокамеры ахроматический визуальный объектив с фокусным расстоянием 300 мм. Действующее отверстие 45-градусной призмы равно приблизительно 50 мм. Школьники Константин Лазарев и Юрий Авдеев получили несколько спектрограмм вспышки. Спектры солнечной вспышки получили также школьник Константин Бобринецкий и студент Олег Мильничук, используя дифракционную решетку и объектив «Гелиос-40». На спектрограммах

видны линии водорода, кальция, магния, железа, натрия и яркая желтая линия гелия. На спектрограммах запечатлена и внутренняя корона в свете зеленой и красной линий многократно ионизированного железа — линии когда-то знаменитого «корония».

Известно, что во время разных затмений заревое кольцо на горизонте выглядит по-разному. На этот раз оно было желто-коричневым, что хорошо видно на цветных слайдах, полученных школьниками Ильей Авдеевым и Константином Севрюковым с помощью камеры всего неба. Эту камеру с полем зрения 200° ребята построили специально для наблюдения затмения.

Интересный кадр сделали Сергей Михлин и Антон Савельев. На пластинке чувствительностью 11 ед. ГОСТа форматом 9×12 см<sup>2</sup> они сняли ход всего затмения от первого до четвертого контакта. Камера

«Фотокор-1» оставалась неподвижной, тогда как изображение Солнца вследствие суточного вращения неба перемещалось на пластинке. Фотографирование велось с интервалом пять минут.

Оператор Новосибирского телевидения Г. И. Седов вместе со студентом Владимиром Васильченко на двух кинокамерах «Конвас-автомат» зафиксировали момент полной фазы.

Кроме фотографических наблюдений, велась запись температуры воздуха и давления метеорологическими самописцами. Зарегистрировано падение температуры в ходе затмения с минимумом вблизи полной фазы, давление оставалось практически постоянным на протяжении всего затмения. Эти наблюдения провела школьница Светлана Гавриленко, которая одновременно выполняла обязанности секретаря.

Руководитель Новосибирского клуба имени Л. Д. Макутова  
Л. Л. СИКОРУК

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

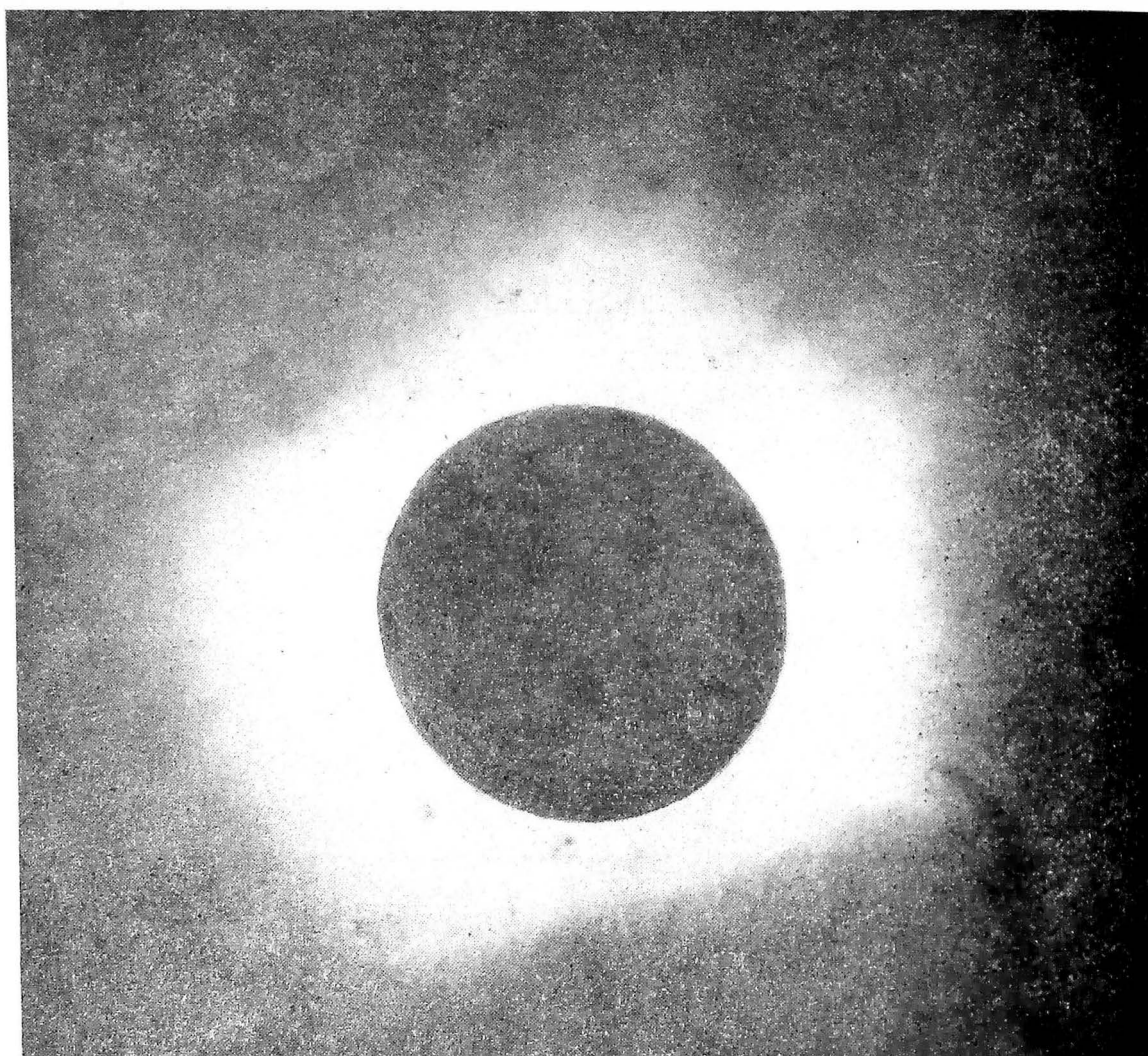
Около года готовились кружковцы Московского планетария к наблюдению солнечного затмения. Были изготовлены и проверены в работе разнообразные приборы и оборудование, изучена теория этого редчайшего явления природы. В состав экспедиции, которая отправилась в село Подсосново Славгородского района Алтайского края, входили школьники 7—9 классов, руководили ею также бывшие кружковцы планетария, ныне студенты московских вузов.

30 июля состоялась генеральная репетиция, во время которой отрабатывались индивидуальные действия всех двадцати трех участников экспедиции. Тихим и ясным выдалось долгожданное утро 31 июля. Когда погас последний луч Солнца, взорам наблюдателей открылась величественная картина полного солнечного затмения. Включился спокойный и четкий голос «автоматического секретаря», ведущего счет полной фазе (длительность более 80 секунд), под который продолжали работу все наблюдатели.

Ребята запечатлели на киноплёнку весь ход затмения, сфотографировали частные фазы и солнечную корону. Используя фотометр Фесенкова — Дагаева и два заревых фотометра Дагаева, они провели фотометрирование неба во время затмения.

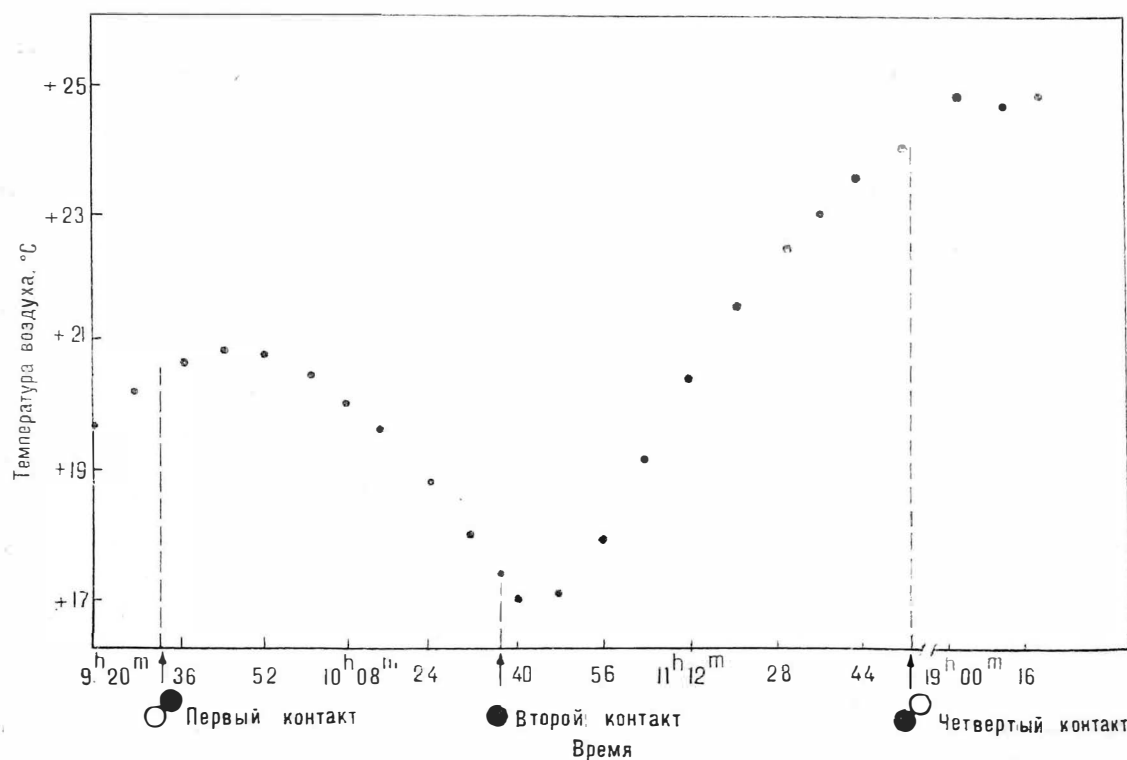
В ходе затмения кружковцы испытали оригинальный метод определения моментов второго и третьего контактов с точностью 0,01—0,02 секунды. Кинокамера одновременно снимала фазы затмения и кварцевые часы, включаясь за пять-семь секунд до соответствующего контакта. В результате каждая секунда отвечает заданному числу кадров на плёнке, с которым производилась киносъёмка.

Заслуживают внимания результаты метеорологических наблюдений. Кружковцев интересовало, как изменяется состояние нижнего слоя атмосферы из-за быстрого изменения



Снимок солнечной короны, полученный восьмиклассником Московской средней школы № 96 О. Литвиновым (80-миллиметровый рефрактор, аппарат «Зенит-Е», пленка чувствительностью

250 ед. ГОСТа, выдержка 1/30 секунды)



Изменение температуры воздуха в ходе затмения в районе села Подсосново



притока лучистой энергии во время затмения. Регистрировались температура воздуха, температура подстилающей поверхности, атмосферное давление, относительная влажность, скорость и направление ветра. Для каждого метеопараметра построены графики.

Участники экспедиции попытались выявить реакцию животных на необычные для них условия, сопутствующие полному солнечному затмению. Не все виды животных вели себя одинаково. У одних было замечено возбуждение, у других — приготовление ко сну, у третьих — страх. Полное безразличие к происходящему продемонстрировали лошади и овцы.

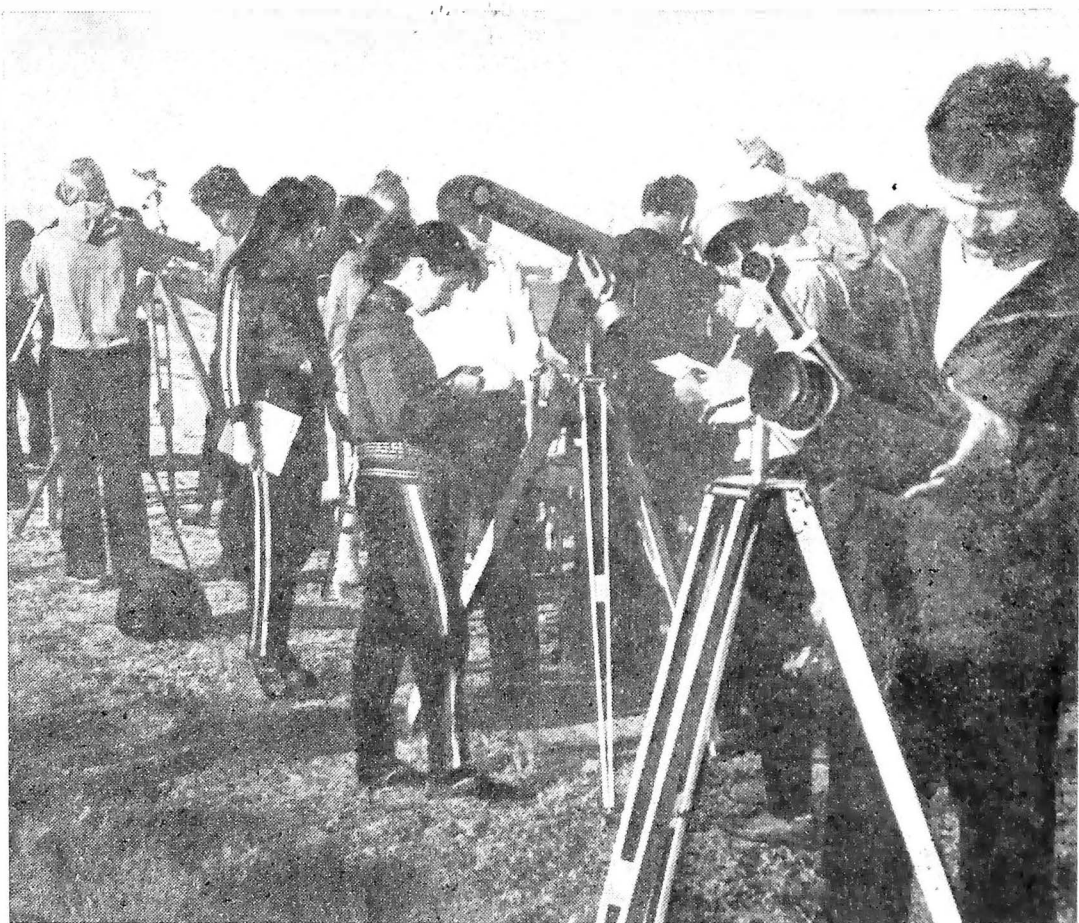
Экспедиция помогла ребятам закрепить теоретические знания, полученные на занятиях в планетарии, приобрести практические навыки. Лето 1981 года надолго останется в их памяти.

**Председатель массовой секции  
Московского отделения ВАГО**

**Д. А. ФОМИН**

**Член Московского отделения ВАГО**

**А. А. ГОРИНОВ**



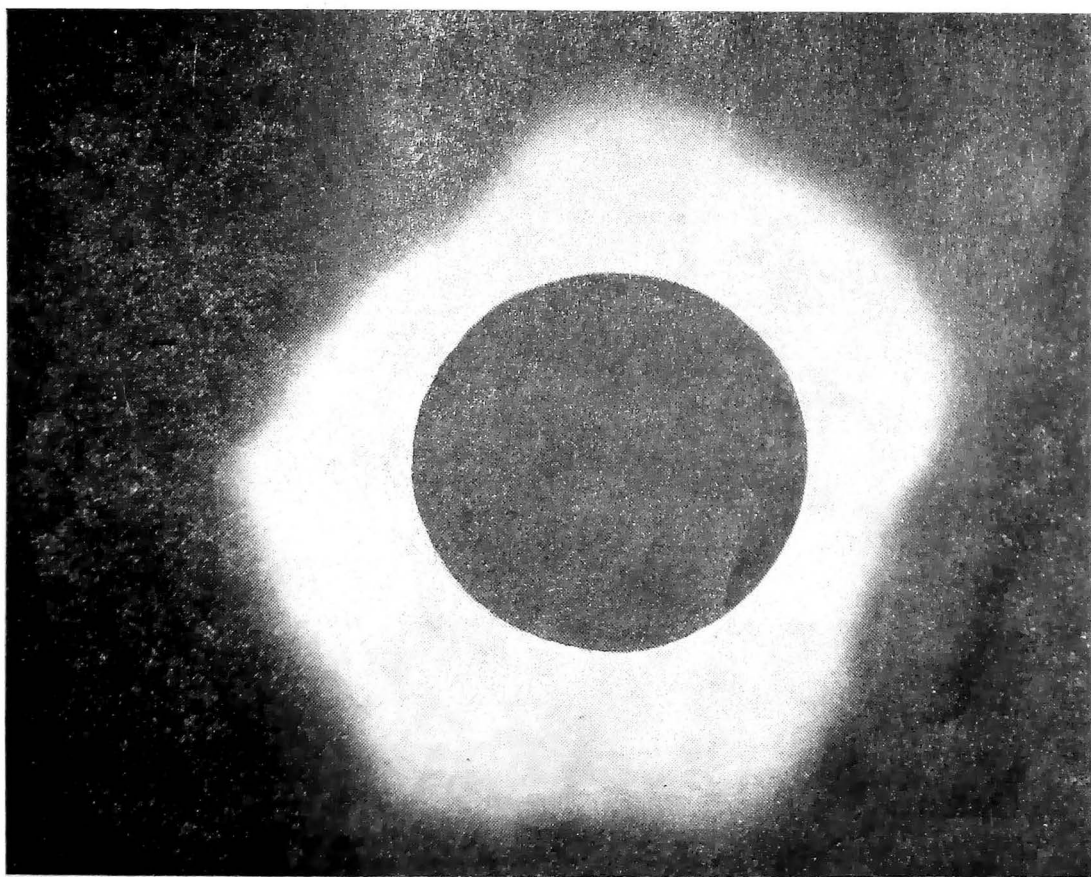
*Участники экспедиции из Горького  
затываются к наблюдению затмения*

ной была экспедиция, организованная по инициативе заслуженного деятеля науки РСФСР, вице-президента ВАГО, профессора В. В. Радзиевского кафедрой астрономии Горьковского педагогического института. В ее состав входили ученые, преподаватели, студенты и школьники, а также участники Всесоюзной научно-методической конференции по актуальным проблемам астрономии, которая проводилась в Гурьеве с 26 по 28 июля 1981 года.

Отличные погодные условия позволили всем членам экспедиции полностью выполнить программу наблюдений редкого небесного явления и успешно наблюдать изумительную солнечную корону.

**Директор обсерватории Горьковского  
педагогического института  
А. П. ПОРОШИН**

*Снимок солнечной короны,  
полученный юными любителями  
астрономии из Горького  
А. Апреловым и В. Райским  
(фотоаппарат «Зенит-3М»  
с объективом МТО-1000,  
пленка чувствительностью  
65 ед. ГОСТа,  
выдержка 1/30 секунды)*



## **ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ**

В окрестностях города Кульсары (Гурьевская область) полное солнечное затмение наблюдали многие экспедиции и отдельные любители астрономии. Самой представитель-

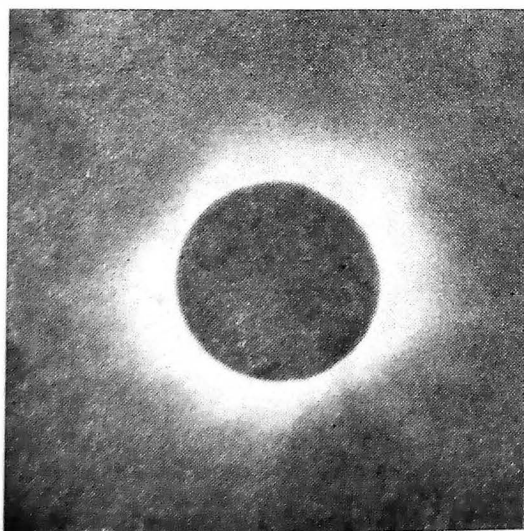


## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

Автор этих строк наблюдал солнечное затмение в составе экспедиции Горьковского отделения ВАГО в городе Кульсары. В нашу маленькую группу, сложившуюся накануне затмения, входили пять человек. Хронометристом был пенсионер из Тулы Ю. И. Алексеев, его дочь Маргарита согласилась выполнять функцию секретаря-регистратора, три наблюдателя — химик из Ленинграда Ю. С. Варшавский, инженер-лесопатолог из Каширы И. И. Дробнич и автор приготовились фотографировать затмение. Два первых наблюдателя снимали затмение на слайды аппаратом «Зоркий» и «Зенит», третий вел съемку «Зенитом-3М» с телеобъективом «Юпитер-6» (фокусное расстояние 180 мм, относительное отверстие 1:2,8) на цветную негативную пленку отечественного производства (ДС-5М 32 ед. ГОСТа).

Для наводки аппаратов на Солнце и фотографирования частных фаз затмения применялась картонная

*Фотография солнечной короны, полученная Б. Г. Пшеничнером (аппарат «Зенит-3М» с телеобъективом «Юпитер-6», пленка чувствительностью 32 ед. ГОСТа, выдержка 1/30 секунды)*



насадка. Она надевалась на оправу заводского светофильтра. Ослабляющим фильтром служила лавсановая пленка с металлизированным полупрозрачным покрытием. Такая пленка продается в магазинах «Детский мир». При фотографировании частных фаз использовался светофильтр ОС-14, при съемке короны — ЖС-12.

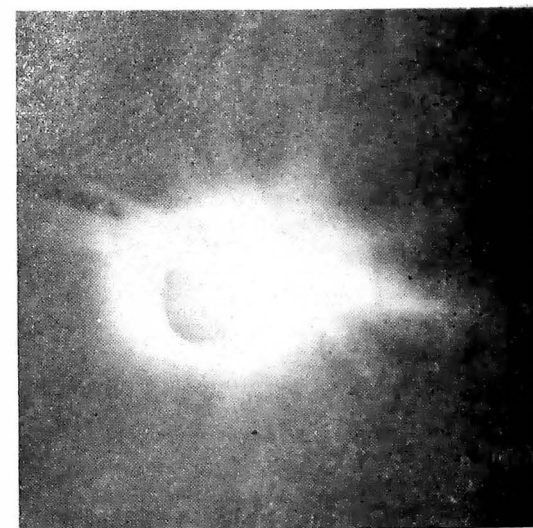
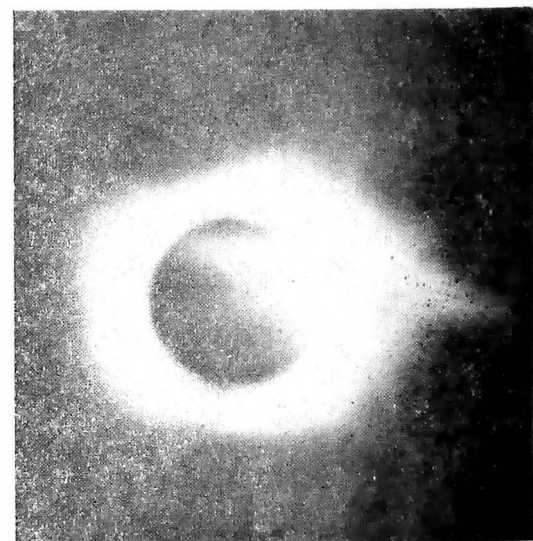
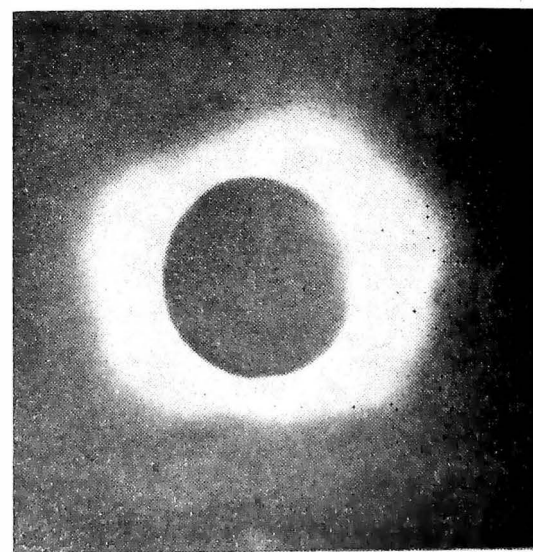
За время полной фазы, которая в месте наблюдения длилась 49 секунд, мне удалось сделать три снимка при полностью открытой диафрагме с экспозицией 1/30, 1 и 3 секунды. Насколько сумел уловить глаз, в момент прекращения экспозиции на краю лунного диска вспыхнули четки Бэйли.

Заведующий отделом астрономии  
Московского Дворца пионеров  
и школьников  
Б. Г. ПШЕНИЧНЕР

Вместе с участниками комплексной аэрологической экспедиции мне посчастливилось наблюдать полное солнечное затмение из кабины самолета Як-40 на высоте 7770 м. Мы взлетели с аэродрома города Тынды и направились на восток вдоль линии БАМ. Скорость нашего самолета была около 500 км/ч, а лунная тень двигалась по земле со скоростью около 1 км/с. Поэтому если в самой Тынде затмение длилось 117 секунд, то на борту нашей летающей обсерватории оно продолжалось около 140 секунд. По-видимому, это наибольшая длительность полной фазы затмения, наблюдавшаяся кем-либо 31 июля 1981 года.

Солнечную корону я фотографировал аппаратом «Зенит-16» с объективом МТО-500 (светосила 1:8) на обратимую цветную фотопленку ORWO (18 VT) с выдержкой 1/15 секунды. Фотографировал с рук через верхнее стекло кабины пилотов. В наибольшей степени качество снимков пострадало от наличия толстого стекла перед объективом, а не от вибрации или расфокусировки самого объектива.

Вообще, впечатление от затмения очень яркое. За несколько секунд до наступления полной фазы было хорошо видно, как лунная тень двигается по верхней границе облачности. В момент полного затмения на абсолютно черном небе появилось много звезд и планеты. Вдоль



*Сверху вниз: корона в середине полной фазы, момент третьего контакта, через несколько секунд после третьего контакта. Снимки сделал В. Г. Сурдин с борта самолета Як-40 на высоте 7770 м*

горизонта хорошо просматривалось красное заревое кольцо.

Кандидат физико-математических наук  
В. Г. СУРДИН



К. И. ЛЫСЕНКО (Москва)

## Астрограф с часовым механизмом

Более двух лет автор статьи фотографирует небо, используя самодельный двухкамерный астрограф. Он оборудован часовым механизмом, который плавно ведет прибор вслед за суточным вращением неба. Две фотокамеры «Зенит-ЗМ» и «Вилия» позволяют одновременно фотографировать различные участки неба. Размеры астрографа невелики: длина 350, ширина 210 и высота 190 мм. Его масса около 3 кг.

**Экваториальная установка** астрографа собрана из двух дюралюминиевых панелей размером  $280 \times 180$  мм<sup>2</sup> и толщиной 1,8 мм. Нижняя панель — основание экваториальной установки — имеет три опорных регулирующих винта. Верхняя панель скреплена с нижней под углом, дополняющим широту места до  $90^\circ$ . Дюралюминиевые

стойки с отверстиями позволяют изменять угол наклона верхней панели. На ней укреплены полярная ось, часовой механизм и площадка с фотоаппаратами, которая вращается на подшипниках вокруг полярной оси.

**Полярная ось астрографа** — металлическая трубка длиной 170 мм, толщиной 2 мм и внутренним диаметром 17 мм. Полярная ось крепится снизу панели на фланце. В нижнем конце полой полярной оси установлена призма полного внутреннего отражения, которая служит объективом гида. Одной грани призмы придана сферическая поверхность, как у собирающей линзы. Фокусное расстояние призмы 190 мм.

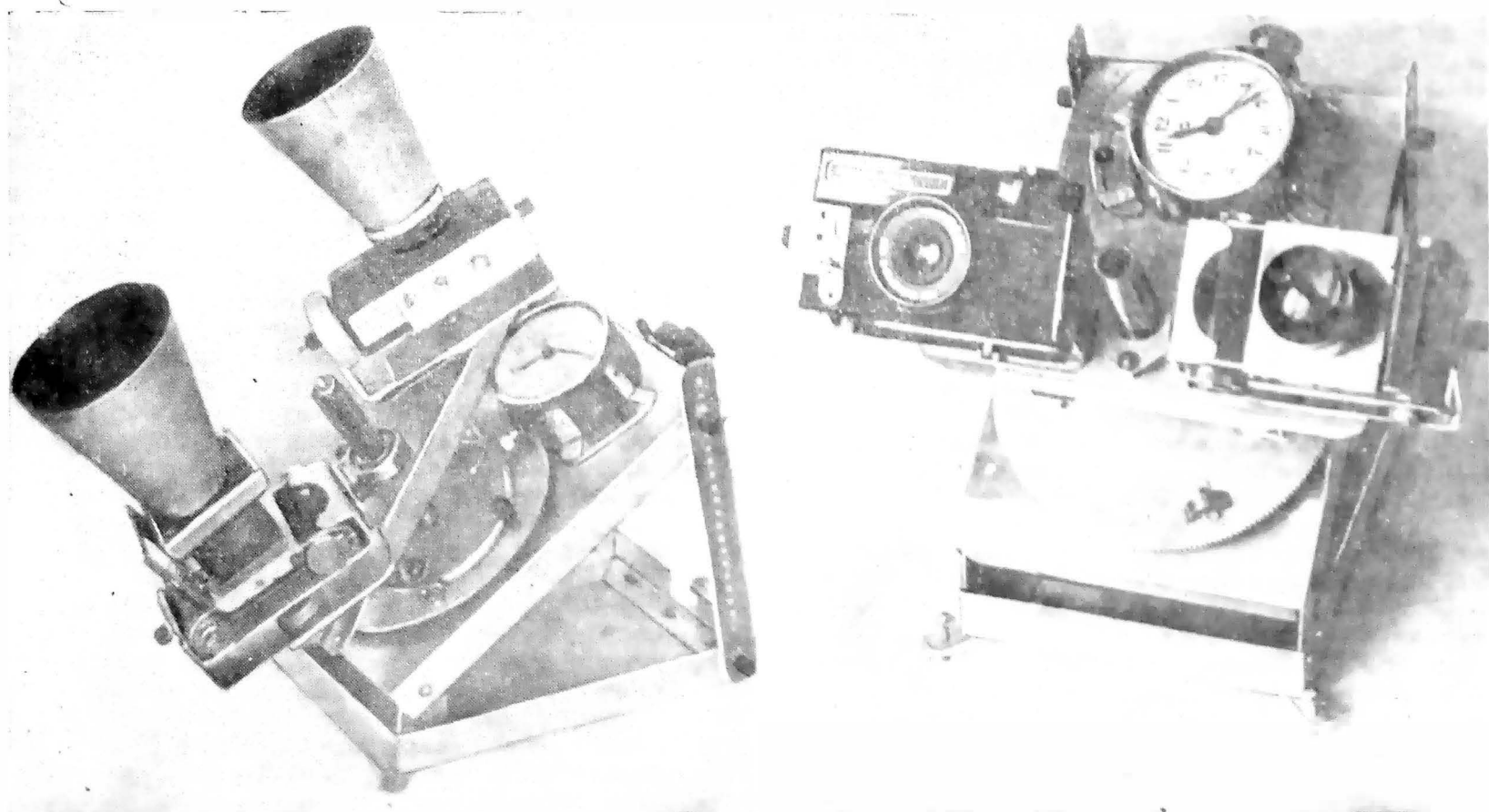
Как сделать грань обычной прямоугольной призмы сферической? Вначале грань обрабатывается наждачным бруском, причем брусок должен быть постоянно смочен водой. Шлифовка и полировка грани выполняют-

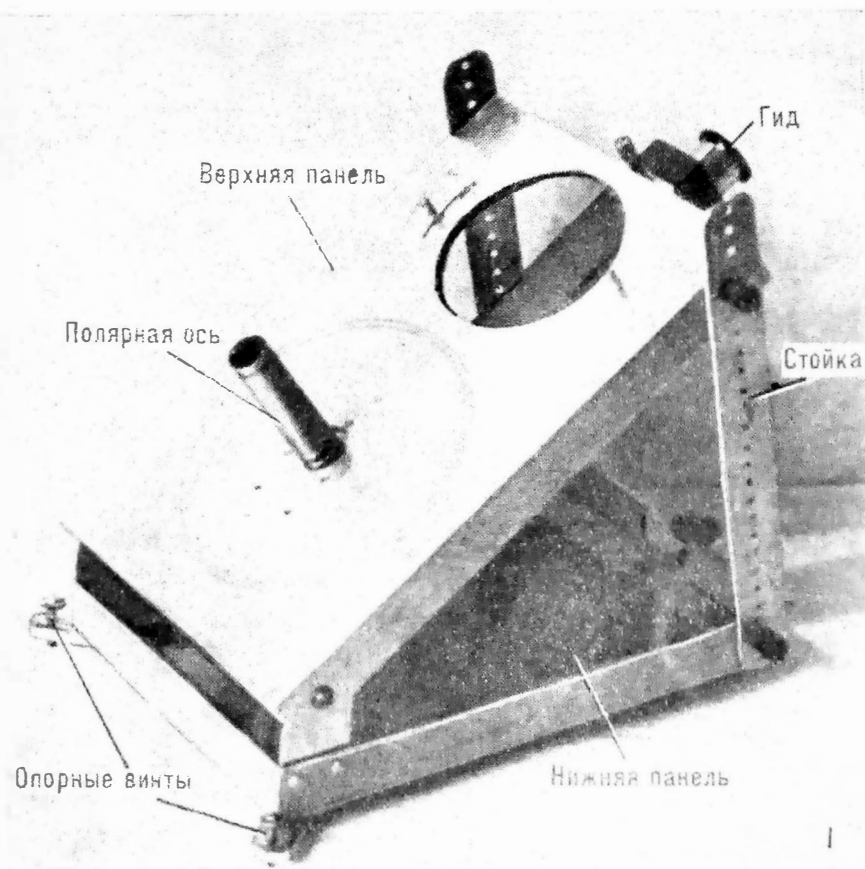
ся на самодельном станке тем же способом, что и зеркала любительских телескопов (Земля и Вселенная, 1965, № 5, с. 79—81.— Ред.).

Готовая призма (ее выпуклая поверхность обращена к окуляру) и окуляр гида (лупа, имеющая увеличение  $10-15\times$ ) с крестом нитей плотно установлены в прямоугольном фанерном футляре. Гид укреплен с нижней стороны панели так, что оптическая ось призмы совпадает с полярной осью астрографа.

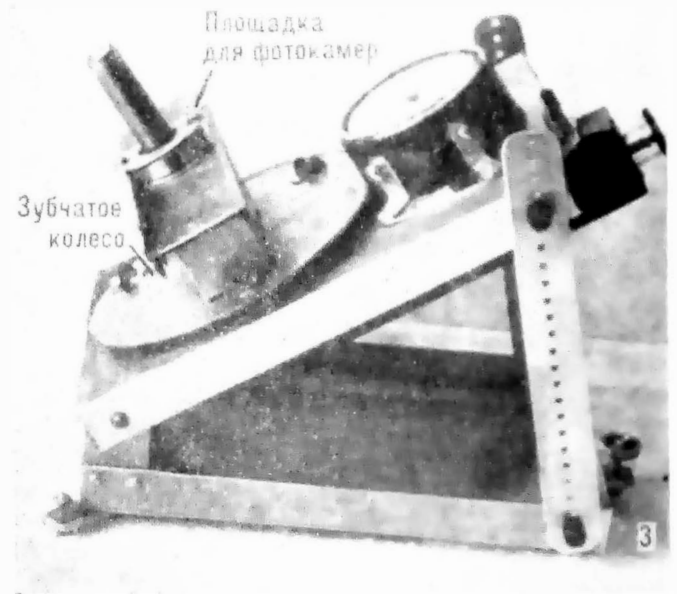
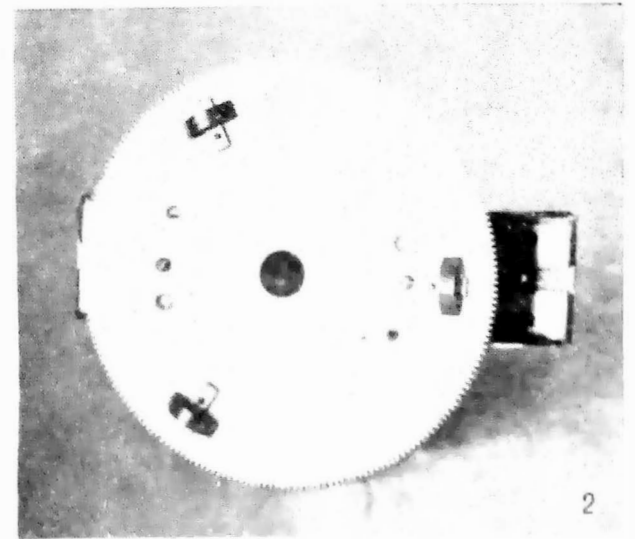
Одна из деталей часового механизма — **зубчатое колесо**, которое плотно сцеплено с заводным колесом будильника. Шаг зубчатого колеса должен совпадать с шагом заводного колеса будильника. Как рассчитать число зубьев зубчатого колеса? Шестеренка (тримб минутной стрелки), насаженная на минутную ось будильника, имеет девять зубьев и делает один оборот за час. Зубчатое колесо,

Общий вид астрографа





Основные узлы астрографа:  
 1 — экваториальная монтировка;  
 2 — зубчатое колесо  
 с вмонтированными  
 в прямоугольные вырезы  
 шариковыми подшипниками;  
 3 — часовой механизм  
 астрографа на экваториальной  
 монтировке



которое вращает фотоаппараты вокруг полярной оси, должно делать полный оборот за 24 часа. Значит, у него должно быть  $9 \times 24 = 216$  зубьев.

Изготовление зубчатого колеса требует особой аккуратности. Возьмем бумажную ленту длиной 60 см и шириной 2 см и проведем на ней центральную линию. Вдоль этой линии прокатим с легким нажимом зубчатое колесо, имеющее такой же шаг, как заводное колесо будильника. Отсчитав 216 точек, оставленных на бумаге зубчатым колесом, склеим ленту в кольцо. Затем на листе бумаги начертим окружность, диаметр которой равен диаметру бумажного кольца. То же зубчатое колесо прокатим вдоль окружности. Если на ней получится ровно 216 точек, лист бумаги надо наклеить на дюралюминиевую пластину толщиной 1,8—2 мм. (Если же точек на окружности окажется больше или меньше 216, диаметр окружности надо уменьшить или увеличить.) В центре окружности просверлим отверстие и закрепим дюралюминиевую пластину на ровной доске. Небольшим острым керном сделаем насечки по точкам, оставленным зубчатым ко-

лесом. Сняв лист бумаги, миллиметровым сверлом просверлим все 216 отверстий, затем уберем лишний металл, оставив над отверстиями 1—1,5 мм. Пропилим металл тонкой ножовкой или надфилями над всеми отверстиями и потом аккуратно сделаем зубья. В ходе этой работы необходимо сверять форму зубьев и их шаг с заводным колесом будильника.

Готовое зубчатое колесо и заводное колесо будильника укрепим на доске так, чтобы они легко вращались и вошли в зацепление. Оба колеса следует проворачивать до тех пор, пока они не войдут в плотное зацепление и лишний металл перестанет крошиться. В зубчатом колесе надо сделать три прямоугольных выреза под углом  $120^\circ$  друг к другу для шариковых подшипников (диаметр 22 мм). Установленное на верхней панели экваториальной монтировки зубчатое колесо должно плавно вращаться на подшипниках вокруг полярной оси.

Часовой механизм астрографа приводится в действие будильником Ереванского часового завода. Этот будильник небольших размеров, он

имеет достаточно сильную пружину. Чтобы заводное колесо сцепить с зубчатым колесом, в корпусе будильника вырезано прямоугольное отверстие  $65 \times 5$  мм<sup>2</sup>.

Будильник лежит на верхней панели экваториальной монтировки и может поворачиваться на  $40-45^\circ$  в горизонтальной плоскости. Часовой механизм астрографа включается (колеса зацепляются) простым поворотом будильника против часовой стрелки, выключается—поворотом будильника по часовой стрелке.

Точность ведения астрографа за сутки вращением неба во многом зависит от работы механизма будильника. Хорошо отрегулированные будильники за сутки уходят вперед или отстают не более чем на 1,5 минуты даже зимой при температуре  $-20^\circ$  С.

Площадка с фотоаппаратами длиной 250 мм и шириной 55 мм закреплена на зубчатом колесе в двух стойках высотой 50 мм. Фотоаппараты установлены в вилках и могут вращаться вокруг оси склонений. Чтобы предохранить фотообъективы от запотевания и попадания в них постороннего света, сделаны противоросники. Это —



склеенные из плотной бумаги конусы с крышками. Внутри поверхность конусов покрыта черной тушью. Защитный конус для фотоаппарата «Зенит-3М» имеет плоскую коробку для светофильтров.

Перед фотографированием астрограф нужно установить на столе в горизонтальной плоскости по уровню.

Этого добиваются с помощью регулировочных винтов. Затем наводим астрограф на Полярную звезду. После того, как звезда окажется на кресте нитей гида, направляем фотокамеры на интересующие нас созвездия и включаем часовой механизм. Выждав 10—15 секунд, чтобы зубчатые колеса зашли в плотное зацепление, сни-

маем крышки с противоросников и начинаем фотографирование. Автор обычно ведет съемку на пленку чувствительностью 130 ед. ГОСТа, выдержки составляют 8—15 минут. Использование объектива «Юпитер-3» позволяет значительно сократить время экспозиции.

## СТАТЬИ И ЗАМЕТКИ О ВЕНЕРЕ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В «ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ» В 1965—1981 ГОДАХ

### I. СТАТЬИ

Вахнин В. М., Радишумы и температура Венеры 1966, № 1, с. 79—81

А. И.

Крупенио Н. Н. Радиофизические исследования Венеры с космических аппаратов 1978, № 3, с. 32—37

Ксанфомалити Л. В. Новые исследования Венеры 1979, № 4, с. 5—14

Кузьмин А. Д. Планета Венера 1966, № 2, с. 14—19

Курт В. Г. Современные представления об атмосфере Венеры 1969, № 1, с. 10—19

Маров М. Я. Автоматические аппараты исследуют Венеру 1971, № 3, с. 42—47

Маров М. Я. Венера: что о ней известно сегодня 1976, № 3, с. 3—15

Маров М. Я. Венера: открытия и проблемы 1980, № 4, с. 13—18

Сурков Ю. А., Андрейчиков Б. М. Исследования атмосферы Венеры

автоматическими станциями

1974, № 1, с. 33—37

### II. ЗАМЕТКИ

Аномальная вода в облаках Венеры? 1971, № 3, с. 75

Вулканы на Венере 1977, № 3, с. 80

Кратеры на... Венере 1974, № 3, с. 77

Наземные исследования Венеры 1979, № 4, с. 14

Период вращения Венеры 1973, № 4, с. 76

Полярные вихри на Венере 1979, № 4, с. 20—21

Почему нет спутников у Венеры и Меркурия? 1973, № 6, с. 58

Радиокарта Венеры 1969, № 1, с. 19—20

Радиокарта Венеры 1972, № 2, с. 41

Радиоизлучение Венеры и солнечная активность 1967, № 1, с. 46

Радиолокационные наблюдения Венеры 1980, № 3, с. 51—52

Различия атмосфер Земли и Венеры 1966, № 6, с. 17

Расстояние между Землей и Венерой 1975, № 2, с. 95—96

Ртуть в облаках Венеры? 1971, № 3, с. 47

Соединения водорода в атмосфере Венеры 1968, № 1, с. 37—38

### НОВЫЕ КНИГИ

#### ДРЕЙФУЮЩАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ-ДОЛГОЖИТЕЛЬНИЦА

Жизнь любой дрейфующей станции «Северный полюс» интересна и полна неожиданностей. Но среди всех станций СП-22 поистине уникальна. Она установила рекорд долголетия — восемь лет путешествует на айсберге по просторам Центральной Арктики. Жизнь СП-22 и посвящена книга В. И. Стругацкого «Блуждающий странник океана» (Л.: Гидрометеоиздат, 1981).

Из пятнадцати небольших глав читатель узнает много интересного

о жизни и работе зимовщиков на этой плавучей обсерватории. Крупнейшая за всю историю освоения Арктики дрейфующая станция стала базой для исследований по программе Полярный эксперимент — Север. Здесь магнитологи испытали новую аппаратуру, способную давать оперативную информацию о состоянии магнитного поля Земли. Географы наблюдали течения во всей толще океана (от поверхности до глубины 4000 м). Гидрохимики и специалисты по охране вод изучали влияние нефтепродуктов на таяние снега и льда, а геологи — строение земной коры под Северным Ледовитым океаном. На обсерватории-долгожительнице велись и традиционные для дрейфующих станций метеорологические, биологические, ионосферные наблюдения...

В центре внимания автора не только история и научная деятельность уникальной дрейфующей обсерватории, но и характеры и судьбы людей, посвятивших себя изучению суровой Арктики. Книгу украшают прекрасные цветные фотографии, портреты зимовщиков, она предназначена для всех, кто интересуется полярными экспедициями.

#### «ФИЛОСОФИЯ, ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ, СОВРЕМЕННОСТЬ»

Так называется книга, выпущенная в свет издательством «Мысль» в 1981 году. Она посвящена итогам и перспективам работ в области философских проблем естествознания.

Эти работы охватывают период между II и III Всесоюзными совещаниями по философским вопросам естествознания (1970—1980 гг).

В предисловии, написанном председателем Научного совета при Президиуме АН СССР по философским и социальным проблемам науки и техники, членом-корреспондентом АН СССР И. Т. Фроловым, дается общая характеристика актуальных исследований, которые проводятся философами-марксистами в содружестве с естествоиспытателями.

Данная книга — сборник статей ведущих советских философов и ученых, работающих в различных областях естествознания.

В первой части книги («Философские проблемы современного естествознания») опубликованы статьи П. Н. Федосеева «Философия и интеграция знаний», В. А. Амбарцумяна и В. В. Казютинского «Научные революции и исследования Вселенной», М. С. Асимова и А. Турсунова «Соотношение микрокосма и макрокосма как философская проблема: история и современность», а также ряд статей по философским проблемам физики, биологии, химии и экологии.

Вторая часть книги («Основные направления и итоги исследований») открывается статьей А. Д. Урсула «Взаимодействие философии и естествознания: эффективность и направленность развития». В этой части книги внимание читателей нашего журнала привлекут также весьма обстоятельные статьи, посвященные анализу философских и социально-философских проблем исследования Вселенной и освоения Космоса.

## ВНИМАНИЕ, ЦУНАМИ!

Много вреда приносят людям ураганы и наводнения, вулканические извержения и снежные бураны. Но по масштабам «преступления» они, как правило, уступают грозным волнам цунами (Земля и Вселенная, 1980, № 3, с. 12—16.—*Ред.*). Этим явлениям природы посвящена научно-популярная книга Н. А. Щетникова «Цунами», выпущенная в 1981 году издательством «Наука».

В книге шесть глав. В первой даются общие сведения о землетрясениях и их причинах, распределении на земном шаре, энергетической мощности. Автор рассказывает, как с древнейших времен развивались представления о землетрясениях, и описывает семь крупнейших сейсмических катастроф, разразившихся на нашей планете с конца прошлого века. Из второй главы читатель узнает, что представляет собой цунами, как зарождается и распространяется в океане. В качестве примера автор подробно рассматривает цунами от Монеронского землетрясения, возникшего вблизи Сахалина в сентябре 1971 года. Этому событию посвящена третья глава книги.

Детальное описание случаев цунами, зарегистрированных на Сахалине, — тема четвертой главы. Привлекательны различные источники и данные наблюдений, автор обсуждает проблему размещения очагов цунами на тихоокеанском дне. О прогнозировании цунами, краткосрочном и долгосрочном, а также о мерах защиты от этого опасного явления природы рассказывается в двух заключительных главах книги.

# 1 ЯНВАРЬ ФЕВРАЛЬ 1982 И ЗЕМЛЯ ВСЕЛЕННАЯ

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

### Редакционная коллегия:

Главный редактор

доктор физико-математических наук

МАРТЫНОВ Д. Я.

Зам. главного редактора

член-корреспондент АН СССР

БУЛАНЖЕ Ю. Д.

Зам. главного редактора

кандидат педагогических наук

ЛЕВИТАН Е. П.

Член-корреспондент АН СССР

АВСЮК Г. А.

Доктор географических наук

АКСЕНОВ А. А.

Кандидат физико-математических наук

БРОНШТЭН В. А.

Доктор юридических наук

ВЕРЕЩЕТИН В. С.

Кандидат технических наук

ГЛАЗКОВ Ю. Н.

Доктор технических наук

ИЗОТОВ А. А.

Доктор физико-математических наук

КОВАЛЬ И. К.

Член-корреспондент АН СССР

КОРТ В. Г.

Доктор физико-математических наук

ЛЕВИН Б. Ю.

Кандидат физико-математических наук

ЛЕЙКИН Г. А.

Академик

МИХАЙЛОВ А. А.

Доктор физико-математических наук

НАРИМАНОВ Г. С.

Доктор физико-математических наук

НОВИКОВ И. Д.

Доктор физико-математических наук

ОГОРОДНИКОВ К. Ф.

Доктор физико-математических наук

ПЕТРОВА Г. Н.

Доктор географических наук

ПЕТРОСЯНЦ М. А.

Доктор геолого-минералогических наук

ПЕТРУШЕВСКИЙ Б. А.

Доктор физико-математических наук

РАДЗИЕВСКИЙ В. В.

Доктор физико-математических наук

РЯБОВ Ю. А.

Доктор физико-математических наук

ТОВМАСЯН Г. М.

Доктор технических наук

ФЕОКТИСТОВ К. П.

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

Художественный редактор: Шимкина Л. Я.

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

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

Сдано в набор 28.IX.1981. Подписано в печать 14.XII.1981. Т-25892. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Высокая печать. Усл.-печ. л. 8,4. Усл. кр.-отг. 543,0 тыс. Уч.-изд. л. 11,0. Пум. л. 2,5. Тираж 42060 экз. Заказ 890. Цена 65 коп.

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

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

## В полете «Венера-13» и «Венера-14»

В соответствии с программой исследований космического пространства и планет Солнечной системы 30 октября 1981 года в Советском Союзе осуществлен запуск автоматической межпланетной станции «Венера-13».

Основной целью запуска станции является продолжение научных исследований планеты Венера. В процессе полета станции по трассе Земля — Венера планируется проведение исследований рентгеновского, гамма-излучений и магнитных полей в космическом пространстве, характеристик солнечного ветра, космических лучей и межпланетной плазмы. На станции наряду с советской научной аппаратурой установлены приборы, созданные специалистами Франции и Австрии.

Станция «Венера-13» была выведена на межпланетную траекторию с промежуточной орбиты искусственного спутника Земли.

4 ноября 1981 года в Советском Союзе осуществлен запуск автоматической межпланетной станции «Венера-14».

Станция «Венера-14» по конструкции и назначению аналогична станции «Венера-13». Параметры траекторий движения станций близки к расчетным.

Полет двух межпланетных станций позволит получить более полные данные о планете Венера, а также о физических процессах, протекающих в космическом пространстве.

На 17 ноября 1981 года со станциями проведено 49 сеансов радиосвязи — измеряли параметры траектории движения, контролировали работу бортовых систем. На Землю передавалась научная и телеметрическая информация. 10 и 14 ноября были осуществлены коррекции траекторий движения. «Венера-13» должна достичь планеты Венера 1 марта, а «Венера-14» — 5 марта 1982 года.

К 17 ноября «Венера-13» и «Венера-14» удалились от Земли на 6,3 и 4,7 млн. км соответственно.

По материалам сообщений ТАСС

(Продолжение в следующих номерах журнала)



ЦЕНА 65 КОП  
ИНДЕКС 70336



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА