



1 1979

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

· АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА ·
· ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ·

Ученым, конструкторам, инженерам, техникам и рабочим, всем коллективам и организациям, принимавшим участие в подготовке и осуществлении длительного космического полета на орбитальном научно-исследовательском комплексе «Салют-6» — «Союз»

**Космонавтам КОВАЛЕНКУ Владимиру Васильевичу,
ИВАНЧЕНКОВУ Александру Сергеевичу**

Дорогие товарищи!

Наша социалистическая Родина добилась нового выдающегося успеха в исследовании и освоении космоса.

Советские космонавты Владимир Коваленок и Александр Иванченков в канун 61-й годовщины Великой Октябрьской социалистической революции завершили самый длительный в истории космонавтики пилотируемый полет продолжительностью 140 суток, выполнили большую программу исследований и экспериментов. Народы всех стран с огромным вниманием следили за беспримерным полетом научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз».

За это время со станцией «Салют-6» были осуществлены стыковки космических кораблей «Союз-29», «Союз-30», «Союз-31», автоматических грузовых кораблей «Прогресс-2», «Прогресс-3», «Прогресс-4» и перестыковка корабля «Союз-31».

Этими полетами убедительно продемонстрированы высокий уровень отечественной космической техники, обеспечившей успешное решение сложнейших научно-технических задач, а также большая эффективность обслуживания орбитального комплекса с помощью пилотируемых и автоматических грузовых кораблей. Надежная работа бортовых систем, агрегатов и аппаратуры орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз» в течение всего полета позволила полностью выполнить запланированную программу.

Космонавтами проведены разнообразные научно-технические и медико-биологические исследования и эксперименты, осуществлен выход экипажа в открытое космическое пространство. По программе исследования природных ресурсов и изучения окружающей среды регулярно фотографировались земная поверхность и акватория Мирового океана. Значительное место заняли технологические эксперименты по космической материаловедению. Успешно прошли испытания новые системы и приборы, предназначенные для перспективных космических аппаратов.

В соответствии с программой «Интеркосмос» на

борту комплекса «Салют-6» — «Союз» работали международные экипажи с участием космонавтов Польской Народной Республики и Германской Демократической Республики. Они также полностью выполнили программы научных исследований и экспериментов, разработанные совместно учеными Советского Союза, Польши и ГДР.

Полеты международных экипажей — новый яркий пример плодотворного сотрудничества социалистических стран в области науки и техники, исследования космического пространства, проводимого в мирных целях странами — участницами программы «Интеркосмос».

Созданием орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз», осуществлением в ходе более чем годового полета широкой программы научно-исследовательских работ внесен крупный вклад в современную космическую науку и технику.

Центральный Комитет Коммунистической партии Советского Союза, Президиум Верховного Совета СССР и Совет Министров СССР горячо поздравляют Владимира Васильевича Коваленка и Александра Сергеевича Иванченкова с отличным выполнением сложного и ответственного космического полета.

Сердечно поздравляем ученых, конструкторов, инженеров, техников, рабочих, специалистов космодрома, Центра управления полетом, командно-измерительного и поисково-спасательного комплексов, все коллективы и организации, обеспечившие создание, подготовку, запуск и проведение полета станции «Салют-6», космических кораблей «Союз-29», «Союз-30», «Союз-31» и автоматических грузовых кораблей «Прогресс-2», «Прогресс-3», «Прогресс-4».

Желаем вам, дорогие товарищи, новых достижений в изучении и освоении космического пространства на благо нашей Родины и всего человечества.

**Центральный Комитет КПСС
Президиум Верховного Совета СССР
Совет Министров СССР**

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

1 ЯНВАРЬ
ФЕВРАЛЬ
1979

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В номере:

- С. П. Михеев, А. Е. Чудаков — Подземный сцинтилляционный телескоп 4
В. Н. Гаврин — Проблема солнечных нейтрино 10
Г. А. Аскарьян — Акустическая регистрация нейтрино 13
О. Г. Газенко — Человек — Человек в космосе 17
В. В. Шевченко — Луна: космические и наземные исследования 22
Ж. Ф. Родионова — Новая карта Луны 30
А. Д. Ямпольский — Течения в океане 36
Л. М. Мухин — Эволюция или деятельность «внеземных цивилизаций»? 41
- ЛЮДИ НАУКИ**
- Памяти Самуила Ароновича Каплана 46
Б. А. Петрушевский — Г. А. Гамбурцев и проблемы сейсмичности 48
- СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ**
- Е. Ф. Чугунов — Совещание по космической биологии и медицине 53
- ОБСЕРВАТОРИИ И ИНСТИТУТЫ**
- М. А. Садовский — Институту физики Земли АН СССР — 50 лет 55
- ЭКСПЕДИЦИИ**
- Г. Б. Удинцев, А. Ф. Береснев, В. М. Гордин — «Иван Киреев»
в Атлантике 62
- АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**
- Х. Бернхард — Астрономия в политехнической средней школе ГДР 67
- ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ**
- В. И. Коваль — Приборы «Службы неба» 69
- КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ**
- В. А. Бронштэн — Планеты, открытые заново 74
Г. Г. Сучкова — Время и Вселенная 75
- ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ** 76
- НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ**
- На орбите «Салют-6» [2]; Поляризаационное «просвечивание» солнечной короны [21]; Откуда родом метеорит Твин Сити! [21]; Как образовался кратер Джордано Бруно! [33]; «Земля и Вселенная» поздравляет «Звездное небо» [34]; «Викинги» о грунте Марса [52]; Обсуждается техника астрофотографии [54]; В помощь учителям астрономии [66]; Статьи и заметки о Солнце, опубликованные в «Земле и Вселенной» в 1965—1978 годах [79].

НА ОРБИТЕ «САЛЮТ-6»

12—13 сентября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков проводили фотосъемку отдельных районов Казахстана, Средней Азии, Сибири, Забайкалья, Дальнего Востока, европейской части территории СССР, Каспийского моря, занимались физическими упражнениями, выполняли необходимые операции по программе биологических экспериментов.

14 сентября экипаж орбитального комплекса измерял субмиллиметровое излучение атмосферы Земли с помощью телескопа БСТ-1М.

15 сентября космонавты работали с технической документацией, готовили научную аппаратуру к предстоящим исследованиям.

16—17 сентября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков исследовали свечение Луны в ультрафиолетовом диапазоне, наблюдали и фотографировали различные фазы лунного затмения, выполнили очередную серию технологических экспериментов.

18 сентября у космонавтов был день активного отдыха.

20 сентября экипаж орбитального комплекса осуществлял комплексное медицинское обследование с дозированной физической нагрузкой на велоэргометре.

21 сентября завершились два технологических эксперимента с целью получения в условиях невесомости кристаллов полупроводниковых материалов.

22 сентября космонавты вели визуальные наблюдения и фотосъемку во время полета над Аральским морем, над отдельными районами республик Средней Азии, Кавказом.

23—24 сентября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков выполнили очередную серию технологических экспериментов по космическому материаловедению.

25 сентября космонавты обслуживали станцию и готовили научную аппаратуру к предстоящим работам, продолжали биологические эксперименты с высшими растениями.

26—27 сентября экипаж провел несколько серий измерений субмиллиметрового излучения земной атмосферы. Во время полета над Памиром космонавты наблюдали снежный покров и ледники.

29 сентября космонавты осуществили медицинское обследование, а затем приступили к работе с бортовым субмиллиметровым телескопом. Они измеряли ультрафиолетовое излучение ряда звезд, выполнили серию измерений ультрафиолетового излучения β Центавра во время ее заходов за горизонт Земли.

1 октября у В. В. Коваленка и А. С. Иванченкова был день активного отдыха.

2 октября космонавты проверяли систему управления станции в режимах ручной и автоматической ориентации и стабилизации, вели визуальные наблюдения земной поверхности и акватории Мирового океана.

3 октября экипаж осуществил комплексное медицинское обследование.

4 октября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков работали с технической документацией, занимались физическими упражнениями, выполнили серию визуальных наблюдений и фотографировали поверхность Земли. В этот же день в соответствии с программой обеспечения длительного функционирования орбитального научно-исследовательского комплекса «Салют-6» — «Союз» был произведен запуск автоматического грузового транспортного корабля «Прогресс-4».

6 сентября космонавты контролировали причаливание и стыковку грузового корабля «Прогресс-4» с орбитальным пилотируемым комплексом «Салют-6» — «Союз-31».

9 октября экипаж комплекса разгружал транспортный корабль «Прогресс-4» и готовил топливные емкости станции «Салют-6» к дозаправке.

10—11 октября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков переносили на станцию и устанавливали регенераторы, поглотители вредных примесей, контейнеры с продуктами и водой, фотоматериалы, средства личной гигие-



ны, заменяли отдельные элементы бортовых систем станции новыми.

12 октября осуществлялось комплексное медицинское обследование обоих космонавтов в том числе с дозированной физической нагрузкой на велоэргометре.

13 октября экипаж выполнял заключительные операции по разгрузке корабля «Прогресс-4». Демонтированное на станции оборудование космонавты переносили в грузовой отсек корабля. В этот же день была завершена дозаправка компонентами топлива баков объединенной двигательной установки станции.

16 октября космонавты провели контроль-

ные проверки бортовых систем, кинофотосъемку интерьера станции, визуальные наблюдения и фотографирование земной поверхности и Мирового океана, завершили еще два технологических эксперимента.

17 октября на борту орбитального комплекса было осуществлено очередное медицинское обследование экипажа. Исследовалась реакция сердечно-сосудистой системы космонавтов на имитацию действия гидростатического давления.

18 октября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков занимались физическими упражнениями, принимали душ.

(Продолжение на 3-й стр. обложки).

■
*Космонавты В. В. Коваленок и
А. С. Иванченков после возвраще-
ния на Землю*

Фотохроника ТАСС



С. П. МИХЕЕВ
А. Е. ЧУДАКОВ

Подземный сцинтилляционный телескоп

В канун 60-летия Великого Октября в Институте ядерных исследований АН СССР был введен в строй крупнейший в мире подземный сцинтилляционный телескоп. Руководитель этого проекта — член-корреспондент АН СССР А. Е. Чудаков. Сложные установки для нейтринных экспериментов создаются и в других странах.

Стремясь уловить неуловимые нейтрино, исследователи надеются получить ценную информацию о процессах, сопровождающих разные стадии эволюции галактик и звезд.

Публикуемые ниже статьи С. П. Михеева и А. Е. Чудакова, кандидата физико-математических наук В. Н. Гаврина, кандидата физико-математических наук Г. А. Аскарьяна посвящены проблемам экспериментальной нейтринной астрофизики.

В подземной камере, сооруженной в недрах горы Андырчи в Приэльбрусье, введен в строй крупнейший в мире сцинтилляционный телескоп нейтринной обсерватории Института ядерных исследований АН СССР. Новый инструмент открывает широкие возможности для исследований в области физики космических лучей.

ТЕЛЕСКОП... ПОД ЗЕМЛЕЙ?

Во многих областях науки прогресс экспериментальных исследований связан прежде всего с повышением чувствительности регистрирующей аппаратуры. Естественное стремление повысить чувствительность, увеличивая размер детектора, не всегда достижимо. На пути экспериментатора встают не только чисто технические трудности, но также и недопустимое возрастание помех, на фоне которых невозможно выделить полезный сигнал.

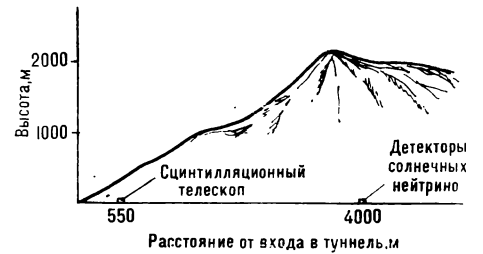
Для регистрации космических нейтрино единственным «фильтром», позволяющим осуществить необходимое снижение фона, может служить большая толща Земли. Это связано как с огромной проникающей способностью нейтрино, так и с особенностями его обнаружения. Не имея электрического заряда, нейтрино не оставляет «следа» на своем пути, и лишь в тех редких случаях, когда произошло взаимодействие нейтрино с веществом и продукты реакции — заряженные частицы — попадают в детектор, мы регистрируем «нейтринный» сигнал. Следовательно, процессы, в которых воз-

никает ионизирующее излучение — естественная радиоактивность и космические лучи, мешают регистрации нейтрино.

Чтобы уменьшить фон от естественной радиоактивности, необходимо при изготовлении детектора и экранирующей защиты использовать материалы с возможно малой примесью нестабильных изотопов. Толщина этого защитного слоя должна быть около 1 м, поскольку энергия, выделяющаяся при естественной радиоактивности, невелика. Сложнее устранить фон от космических лучей. И дело не только в том, что энергия частиц космических лучей существенно выше и поэтому требуется защита большей толщины. Космические лучи в атмосфере порождают каскад вторичных частиц, среди которых много мюонов — заряженных частиц, хотя и нестабильных, но имеющих большую проникающую способность.

Большая толща Земли полностью поглощает электроны, ядерно-активные частицы и значительно ослабляет поток мюонов. Например, на глубине 350 м, где расположен сцинтилляционный телескоп, поток мюонов ослаблен в 10 000 раз. Интенсивность же нейтрино на такой глубине совсем не изменяется, поскольку проникающая способность нейтрино настолько велика, что они практически без поглощения проходят сквозь земной шар. Поэтому, с точки зрения регистрации нейтрино, чем глубже под землей, тем лучше.

Надо отметить, что уменьшение фона, создаваемого космическими лучами, существенно не только для



■ Наземные постройки нейтринной обсерватории Института ядерных исследований АН СССР. На заднем плане — вход в туннель

■ Разрез горы Андърчи. Показано, на каком расстоянии от входа в туннель расположена камера подземного сцинтилляционного телескопа и где будет находиться камера детекторов солнечных нейтрино

■ Туннель, ведущий к подземным камерам



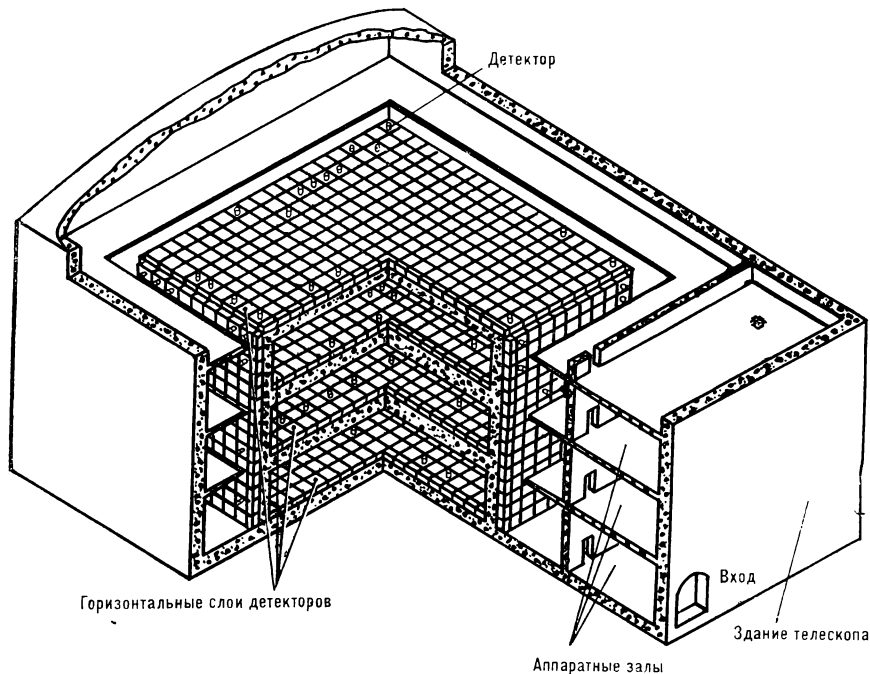
регистрации нейтрино, но и для экспериментов по изучению редких радиактивных распадов, проверки законов сохранения электрического и барионного зарядов и во многих других случаях, когда требуется предельно высокая чувствительность регистрирующей аппаратуры.

Институтом ядерных исследований АН СССР создается Баксанская нейтринная обсерватория, которая будет располагать большими подземными лабораторными помещениями для проведения экспериментов, требующих радикального снижения фона от космических лучей и локальной радиоактивности. Центральной задачей обсерватории является изучение нейтринной светимости Солнца. Для осуществления этого эксперимента необходимо ослабление интенсивности мюонов космических лучей в 10^7 раз. Это будет достигнуто в камерах, расположенных на расстоянии 4 км от входа в туннель.

Сцинтилляционный телескоп является первой крупной подземной установкой нейтринной обсерватории. Он расположен на расстоянии 550 м от устья штольни. На этой относительно небольшой глубине возможно проведение исследований одновременно по крайней мере по трем направлениям: мюоны космических лучей и связанные с ними явления; нейтрино высокой энергии; поиск нейтринных вспышек от гравитационного коллапса звезд.

УНИКАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ

Сцинтилляционный телескоп размещается в подземной камере объемом около $12\,000\text{ м}^3$. Стены камеры



и здание телескопа сделаны из низкорadioактивного бетона для уменьшения фона от естественной радиоактивности. Сам телескоп представляет собой железобетонный параллелепипед высотой 11 м и основанием $16 \times 16\text{ м}^2$, вся поверхность которого полностью покрыта сцинтилляционными детекторами. Внутри параллелепипеда есть два горизонтальных слоя детекторов, расположенных на расстоянии 3,6 и 7,2 м от нижней грани. Для того, чтобы покрыть все рабочие плоскости телескопа, потребовалось 3200 отдельных детекторов, каждый из которых дает самостоятельную информацию. Поэтому телескоп называется 3200-канальным.

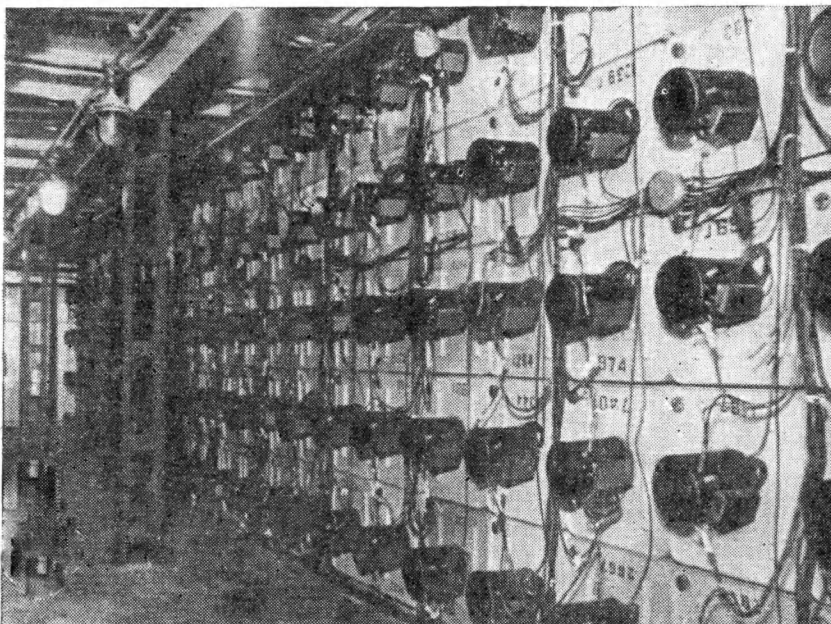
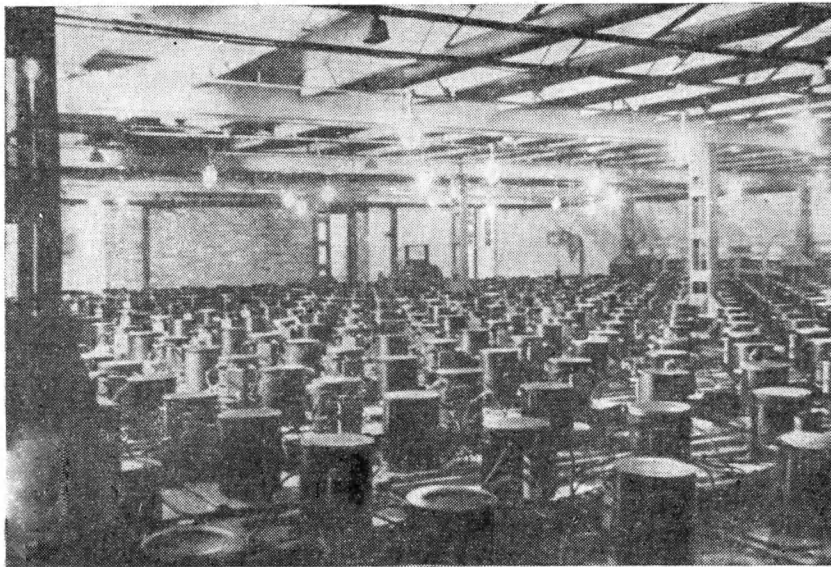
Отдельный детектор — это алюминиевый контейнер размером $70 \times 70 \times 30\text{ см}^3$, наполненный жидким сцинтиллятором. Изнутри контейнер покрыт белой эмалью, диффузно отражающей свет. Объем каждого детектора просматривается через ил-

люминатор одним фотоумножителем диаметром 15 см.

Заряженная частица, попавшая в детектор, вызывает в нем вспышку света, на которую фотоумножитель откликается импульсом тока. Его величина пропорциональна энергии, выделившейся в детекторе. Эта энергия определяется в основном числом частиц, прошедших через детектор. Если частица, пересекая установку, испытала столкновение с веществом, то рождается каскад вторичных частиц, число которых зависит от энергии пролетающей частицы. Таким образом, в ряде случаев можно измерить энергию частицы, взаимодействующей в установке.

Каждый детектор дает информацию не только о факте пролета частицы. Частица, пролетающая установку в любом направлении, вызывает импульс тока последовательно в каждом из пересекаемых слоев. Задержка сигнала между этими слоями определяет время пролета и, следовательно, направление движения частицы, а месторасположение сработавших в данном событии детекторов определяет ее траекторию. Таким образом, поле зрения теле-

■
Схема подземного сцинтилляционного телескопа



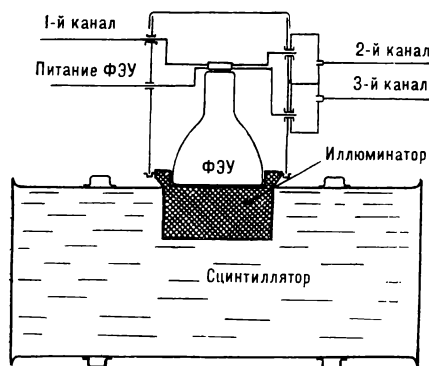
скопа охватывает полный телесный угол 4π . Телескоп позволяет выделить частицы, идущие снизу, несмотря на то, что ожидается одна такая частица на 10 млн. частиц, приходящих сверху. Точность определения направления движения частицы задается соотношением размеров телескопа и одиночного детектора и составляет около $\pm 2^\circ$.

С точки зрения физической интерпретации регистрируемых событий, поле зрения телескопа разделяется на две части — верхнюю полусферу и нижнюю. Из верхней полусферы регистрируются мюоны, генерируемые в атмосфере космическими лучами высоких энергий. Для исследования свойств самих мюонов и порождающих их частиц существенным является тот факт, что мюоны проходят различную толщину грунта в зависимости от направления их движения и горного рельефа. Из нижней полусферы регистрируются мюоны, генерируемые нейтрино, которые пришли от антиподов и испытали взаимодействие вблизи или внутри телескопа. Идея этого метода была предложена академиком М. А. Марковым еще 20 лет назад. На относительно небольших глубинах только измерение времени пролета частицы дает возможность выделить «нейтринное» событие на фоне мюонов космических лучей.

ПРОГРАММА ИССЛЕДОВАНИЙ

Когда говорят об изучении космических лучей, то обычно различают два направления: ядернофизическое и космофизическое. Первое представляет интерес с точки зрения физики высоких энергий и элементарных частиц, второе примыкает к астрофизике.

На подземном сцинтилляционном телескопе будут проводиться исследования в обоих направлениях. Первое, более обширное, связано в основном с изучением потока мюонов, а именно: измерением интенсивности в зависимости от зенитного угла и от толщи вещества, проходимого под данным углом; измерением энергетического спектра электронно-фотонных каскадов, образуемых при взаи-



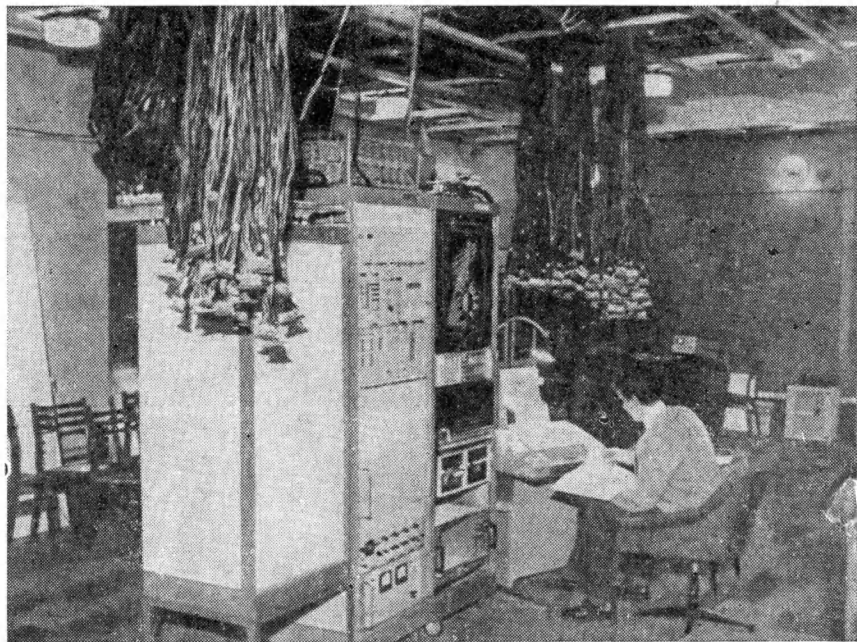
■ ■ ■
*Горизонтальный и вертикальный
слои детекторов*

■
*Схематическое устройство детектора.
Сигнал с детектора снимается по
трем каналам. Первый канал дает
информацию о времени пролета, вто-
рой — о траектории, третий — об
энергии частицы*

модействии мюонов в установке; изучением групп мюонов. Вся эта информация нужна для решения двух задач. Во-первых, для поиска аномалий в генерации или взаимодействия мюонов с веществом (в частности, является ли распад пионов и каонов доминирующим поставщиком мюонов, как при умеренных энергиях). Во-вторых, для получения данных о сильных взаимодействиях, в которых генерируются адроны — пионы и каоны, то есть родители мюонов. Особый интерес с этой точки зрения представляют группы мюонов, поскольку они дают информацию не только об энергетическом спектре адронов, но и о поперечных импульсах, от которых зависит расстояние между мюонами группы. Характерные энергии мюонов в этих исследованиях составляют 10^{12} — 10^{13} эВ. Энергии первичных частиц соответственно на порядок больше. При изучении мюонных групп энергии первичных частиц достигают 10^{15} эВ и выше. Таким образом, речь идет об энергиях, пока недоступных ускорителям частиц.

Следует отметить, что перечисленные задачи не являются новыми для физики космических лучей. Возникает вопрос: в чем отличие и преимущества сцинтилляционного телескопа по сравнению с установками, применявшимися для этих целей ранее? В первую очередь, это — размеры телескопа, площадь которого (более 200 м^2) чуть ли не на два порядка превышает типичные площади детекторов, применявшихся прежде. Новый детектор имеет и ряд других особенностей, позволяющих получать дополнительную информацию. В частности, большое количество жидкого сцинтиллятора (330 т) обеспечивает эффективную регистрацию событий, когда мюон останавливается в сцинтилляторе и примерно через 2 микросекунды появляется импульс от электрона распада.

В настоящее время, когда новая большая установка проходит, так сказать, обкатку, трудно говорить, какие результаты будут наиболее существенными. Следует иметь в виду, что наиболее интересным может



оказаться нечто непредвиденное. Если фантазировать в этом направлении, то можно сформулировать вопрос так: объясняются ли все события высокой энергии под землей известными нам частицами — мюонами и нейтрино? Указания на постановку такого вопроса имеются в ряде экспериментов, проведенных ранее на большой глубине. Вернемся, однако, к предсказуемым эффектам.

В тех же процессах распада пионов и каонов в атмосфере, при которых возникают мюоны, появляются в том же количестве и примерно с такими же энергиями мюонные нейтрино. Мюонные нейтрино не тождественны электронным нейтрино, образующимся совместно с электронами. В результате взаимодействия с веществом мюонного нейтрино высокой энергии в большинстве случаев возникает несколько адронов, а само нейтрино превращается в мюон. Вероятность этого процесса хотя и мала, но достаточно точно измерена в экспериментах на больших ускорителях вплоть до энергии нейтрино порядка 10^{11} эВ. Поэтому можно с хорошей точностью предсказать ожидаемое число «нейтринных» событий, то есть число мюонов, пересекающих телескоп из нижней полу-

сферы (одно событие в неделю), а также угловое распределение соответствующих траекторий.

Экспериментальная проверка этих предсказаний вернее всего даст ожидаемый результат. Расхождение означало бы, что на пути сквозь земной шар нейтринный поток почему-то изменяется. Возможный в принципе процесс этого типа, называемый нейтринные осцилляции, рассмотрен Б. Понтекорво. Если «длина осцилляции» порядка или меньше диаметра земного шара, то часть мюонных нейтрино на пути превратится в электронные нейтрино и тогда число «нейтринных» событий в телескопе будет меньше ожидаемого. Понадобится несколько лет работы телескопа, чтобы набрать необходимое число «нейтринных» событий и ответить на вопрос, проявляется ли гипотетический процесс осцилляций нейтрино на пути порядка $10\ 000$ км. Большое время набора статистики для этого, а также ряда других ядернофизических экспериментов не должно нас особенно смущать, так как в астрофизических целях телескоп должен

■ *Аппаратный зал нейтринной обсерватории*

непрерывно функционировать еще более долгое время.

Из астрофизических задач рассмотрим сначала возможность регистрации нейтрино высоких энергий от внеземных источников. Обнаружение диффузного, изотропного нейтринного излучения из космического пространства на нашем инструменте невозможно, поскольку мала его интенсивность и велик фон, который создают нейтрино космических лучей, образуемые в атмосфере Земли. Для обнаружения точечных источников этот фон, однако, несущественен. Достаточно зарегистрировать четыре-пять событий, которые вызваны частицами, пришедшими из одной точки (в пределах разрешения телескопа) небесной сферы, чтобы достоверно установить существование источника. Благодаря вращению Земли в поле зрения телескопа попадают источники не только всей южной части небесной сферы, но и значительной части северной.

Остается вопрос: можно ли предполагать существование локальных источников нейтрино достаточной мощности? Если говорить о стационарно действующих источниках, то это крайне маловероятно. В последнее время, однако, обсуждается гипотеза, что такой астрофизический объект, как сверхновая звезда, в течение нескольких месяцев после вспышки может излучать интенсивный поток нейтрино высоких энергий. Гипотеза основана на предположении, что рождение космических лучей идет особенно интенсивно на начальной стадии эволюции сверхновой. Это может, например, осуществляться путем генерации космических лучей образовавшимся пульсаром, скорость вращения которого в начальный период особенно велика. Второе существенное обстоятельство состоит в том, что оболочка сверхновой в течение нескольких месяцев не успевает уйти далеко и плотность вещества в ней такова, что генерируемые космические лучи полностью поглощаются, теряя свою энергию на образование пионов и каонов, которые при распаде образуют нейтрино. Хотя достоверной оценки числа

испущенных в этом процессе нейтрино сделать нельзя, вполне вероятно, что при вспышке сверхновой в пределах нашей Галактики нейтринный поток может быть обнаружен. Весьма важно то, что при этом, хотя и грубо, с точностью $1-2^\circ$, будут известны координаты источника. Это может помочь интерпретации такого явления, как нейтринная вспышка от гравитационного коллапса звезды, поскольку наиболее вероятно, что оба явления генетически связаны и вспышка сверхновой происходит в результате коллапса центральной части звезды. Экспериментальное обнаружение процесса гравитационного коллапса возможно в настоящее время только путем регистрации нейтринной вспышки.

Поскольку энергии всех типов нейтрино, испускаемых за время вспышки (около 20 секунд) малы (порядка 10^7 эВ), то метод их регистрации кардинально отличается от того, который применен для мюонных нейтрино высоких энергий. Используется реакция взаимодействия электронного антинейтрино с водородом, который содержится в сцинтилляторе. Пробег получающихся в результате реакции позитронов примерно 10 см, и поэтому в данном случае «нейтринный» сигнал в сцинтилляционном телескопе выглядит как маленький импульс только в одном из 3200 детекторов. Распознать сигнал нейтринной вспышки можно, если за время вспышки будет зарегистрировано несколько десятков импульсов в различных детекторах.

Большая общая масса сцинтиллятора в телескопе делает его достаточно чувствительным для регистрации нейтринной вспышки от коллапсирующей звезды в пределах нашей Галактики. Весьма важно, чтобы это уникальное событие было обнаружено несколькими независимыми установками. Для этой цели в ряде стран сооружаются специальные детекторы нейтринных вспышек. Такой 100-тонный детектор создан Институтом ядерных исследований АН СССР в соляной шахте города Артемовска. Сцинтилляционный телескоп также должен включиться в



службу наблюдения за нейтринными вспышками. Ожидаемая частота этих событий весьма мала — порядка одного в 10 лет. Тем не менее важность проблемы настолько велика, что приходится настроиться на весьма длительные наблюдения в надежде рано или поздно получить информацию о гравитационном коллапсе и, возможно, новые данные о генерации космических лучей при вспышке сверхновой.

В заключение несколько слов о возможностях сцинтилляционного телескопа в изучении анизотропии космических лучей. В отличие от нейтрино, которые являются редкими гостями, число регистрируемых мюонов довольно велико — порядка 500 млн. в год. Это позволяет в результате нескольких лет наблюдений измерить амплитуду звездно-суточной вариации на уровне точности 0,01%. Важно, что речь идет о первичных частицах со столь большой энергией (более 10^{12} эВ), при которой частицы уже мало отклоняются, двигаясь в магнитных полях Солнечной системы и Земли. Таким образом при этих энергиях можно изучать анизотропию космических лучей в межзвездном пространстве, которая связана как с движением Солнечной системы относительно межзвездного магнитного поля, так и с угловым распределением частиц космических лучей в этом поле.

Подземный сцинтилляционный телескоп рассчитан на многолетнюю эксплуатацию. Ряд экспериментов уже проводится, но необходимо еще добиться того, чтобы измерения по всем программам могли осуществляться непрерывно и одновременно.



В. Н. ГАВРИН

Проблема солнечных нейтрино

Всего десять лет назад эксперимент по изучению внутреннего строения Солнца с помощью галлиевого детектора нейтрино был мечтой экспериментаторов. Создание такого детектора казалось роскошью, доступной лишь физикам будущего. Большинство физиков считало, что основные положения теории термоядерных процессов в Солнце можно подтвердить более простым и менее дорогим способом, чем использование элемента, мировая добыча которого только начинает развиваться и едва достигла десятка тонн в год. Для создания же нейтринного детектора требуется около 40 т галлия. Но сегодня галлиевый детектор нейтрино стал насущной необходимостью.

В чем же причина такой перемены в отношении к галлиевому методу регистрации солнечных нейтрино? Дело в том, что, как показал единственный эксперимент по нейтриноскопии Солнца, поставленный доктором Р. Дэвисом в США, наши представления о процессах, которые происходят в недрах Солнца и обеспечивают его светимость, по крайней мере, неточны («Земля и Вселенная», № 4, 1974, с. 31—36.— Ред.). Термин «нейтриноскопия» возник по аналогии с термином «рентгеноскопия», так как исследование потока нейтрино, рождающихся в термоядерных процессах в центре звезды, позволяет изучать ее внутреннюю структуру.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРОТИВОРЕЧАТ ТЕОРИИ

Нейтрино — единственные известные в настоящее время частицы, об-

Результаты первых измерений потока солнечных нейтрино не согласуются с предсказаниями общепринятых моделей Солнца. Возникла необходимость прямого доказательства термоядерной природы солнечной энергии. Это можно сделать с помощью галлиевого детектора солнечных нейтрино.

ладающие чисто слабым взаимодействием. Они не имеют ни массы, ни электрического заряда. Это свойство делает взаимодействие с веществом крайне маловероятным и позволяет нейтрино пронести информацию о породивших их процессах через огромные толщи звездной материи. Но это же свойство создает колоссальные трудности при регистрации нейтринных потоков.

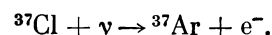
На современном уровне развития экспериментальной техники получить информацию о потоках солнечных нейтрино можно лишь с помощью радиохимических методов. Их обычно применяют, если под действием некоторого ядерного излучения происходит превращение одних ядер в другие и непосредственная регистрация такого превращения невозможна или крайне затруднена. Образующиеся атомы накапливаются в облучаемой мишени, затем извлекаются из вещества мишени и сосчитываются. Как правило, радиохимия имеет дело с извлечением сотен тысяч атомов из граммов, максимум — из килограммов вещества. Перед нейтринной астрофизикой стоит задача извлекать из многих тонн вещества десятки атомов, возникаю-

щих в результате взаимодействия с нейтрино. Но столь «обильный урожай» солнечные нейтрино могут дать лишь при взаимодействии с атомами некоторых элементов. При этом каждый избранный элемент претерпевает превращение в соседний элемент только под действием нейтрино с энергией, достаточной для этого превращения.

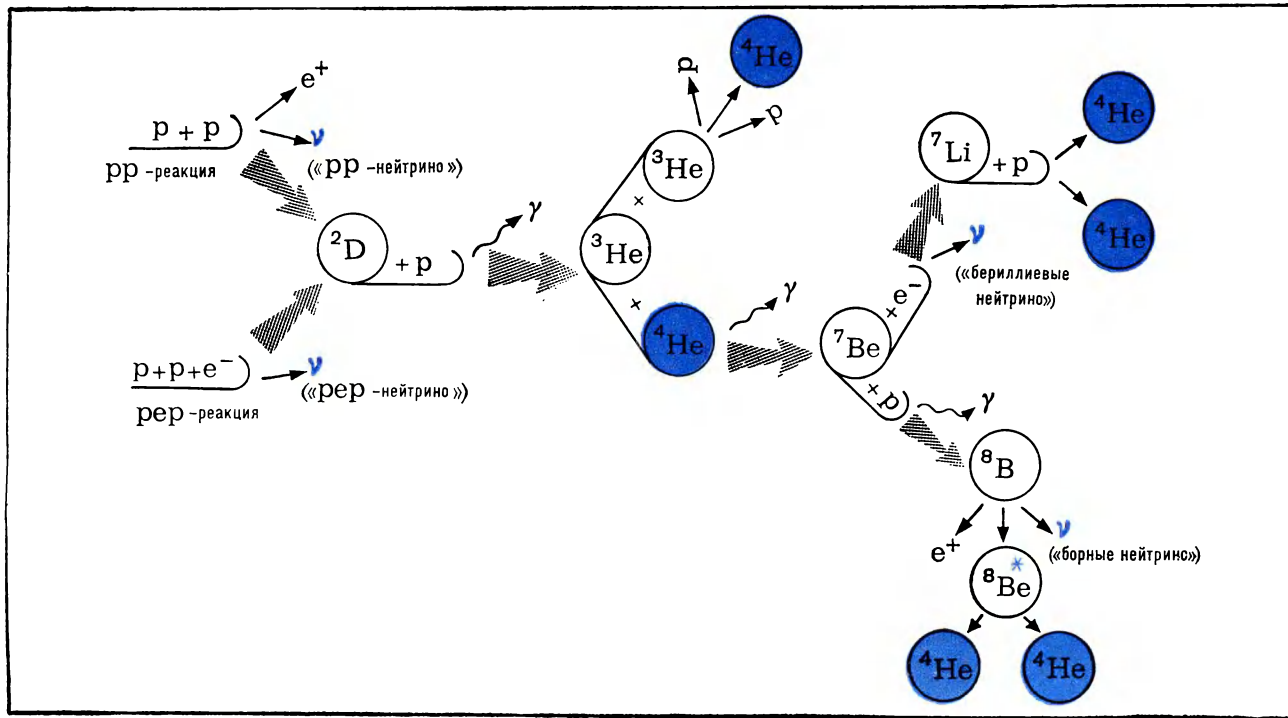
Энергии нейтрино, испускаемых Солнцем, зависят от того, в каких реакциях термоядерного синтеза они образовались. Скорости, с которыми протекают те или иные реакции в недрах Солнца, находятся в прямой зависимости от физических условий в его центре.

Наиболее выгодным в экономическом и удобном в техническом отношении до последнего времени считался хлорный детектор, в котором изотоп хлора — хлор-37 под действием наиболее энергичных солнечных нейтрино должен превращаться в аргон-37. Именно с этим детектором доктор Р. Дэвис решил радиохимическую сверхзадачу. В 1968 году он пустил установку, позволяющую извлекать единичные атомы аргона-37 из 610 т хлорсодержащего вещества («Земля и Вселенная», № 4, 1967, с. 24—33.— Ред.).

Идея и принципиальная схема этого эксперимента принадлежат академику Б. М. Понтекорво. Еще в 1946 году Б. М. Понтекорво для измерения нейтринного потока от Солнца предложил использовать реакцию обратного β -распада:



В результате этой реакции в большой массе жидкого хлорсодержаще-



го вещества происходит накопление радиоактивного аргона-37 (период полураспада 35 дней). Аргон-37 извлекается из жидкости потоком гелия, отделяется от гелия и помещается в пропорциональный счетчик, где измеряется его активность. Потребовалось более тридцати лет кропотливого и упорного труда, прежде чем Р. Дэвису и его сотрудникам удалось поставить хлор-аргоновый эксперимент с перхлорэтиленом (C_2Cl_4). Производство перхлорэтилена хорошо развито и стоимость его невелика.

Количество аргона-37, которое должно было накопиться за определенное время в хлор-аргоновой установке, строго предсказывалось в рамках стандартной модели Солнца. Эта модель основана на наблюдаемых фактах и общих, не вызывающих сомнения, положениях физики. И если бы результат эксперимента совпал с предсказанием теории, то это явилось бы блестящим подтверждением того, сколь точны современные знания в области ядерной физики и физики элементарных частиц и сколь верны представления о про-

цессах, обеспечивающих светимость звезд.

Однако этого не случилось. Скорость образования аргона-37 в детекторе оказалась существенно меньше ожидаемой: был зарегистрирован поток солнечных нейтрино 1,7 SNU вместо ожидавшегося 4,7 SNU (1 SNU — солнечная нейтринная единица, соответствующая 10^{-36} захватам нейтрино одним ядром хлора в секунду). Что это означает? Неточность наших знаний некоторых ядерных констант, используемых при расчете солнечных моделей? Максимально неблагоприятные условия в недрах Солнца для образования «нужных» нейтрино? Или это — указание на принципиально новые свойства нейтрино или даже принципиально новые процессы энерговыделения в центре Солнца? И так ли уж совершенна методика эксперимента, чтобы гарантировать надежность результата?

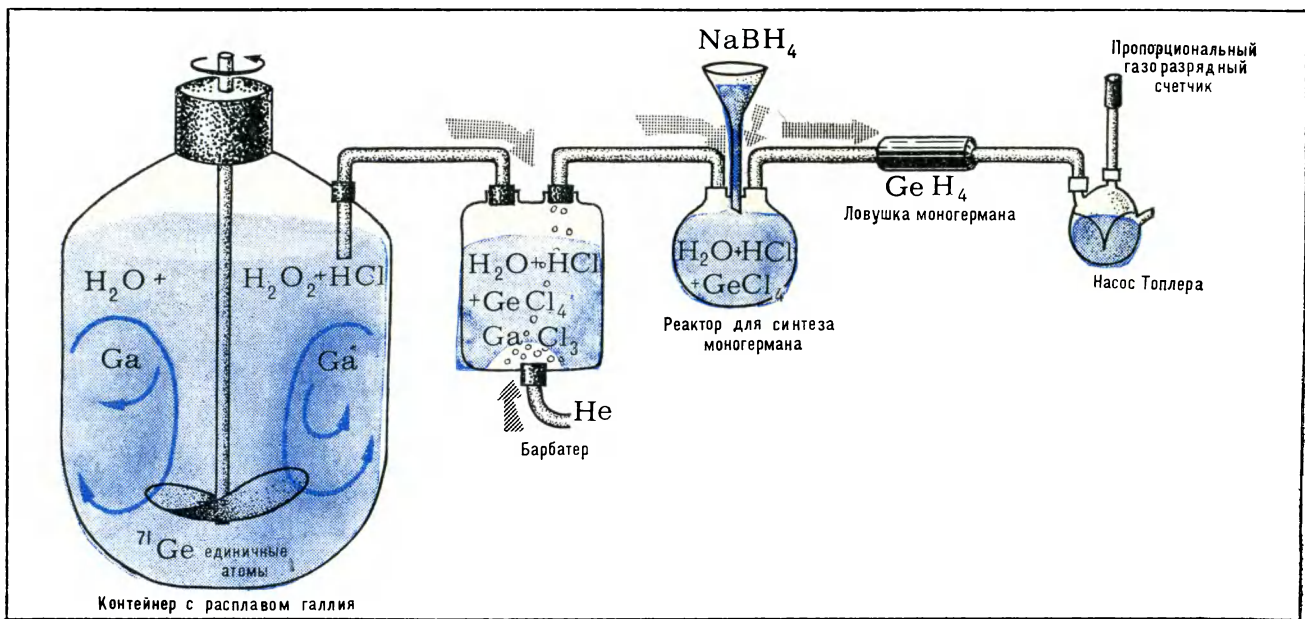
■ *Реакции водородного цикла, в ходе которого ядра водорода превращаются в ядра гелия*

НЕЙТРИНОСКОПИЯ СОЛНЦА

Исследования, проведенные за последние годы в Брукхейвенской национальной лаборатории США и в Институте ядерных исследований АН СССР, не обнаружили каких-либо погрешностей в методике хлор-аргонового эксперимента.

Рассмотрены различные возможности, способные привести к снижению потока солнечных нейтрино за счет особенностей протекания ядерных реакций при очень низких энергиях. Проведенный тщательный анализ, существенный вклад в который внес Ю. С. Копысов, показал, что в принципе такая возможность существует.

Объяснение загадки солнечных нейтрино, возможно, кроется в гипотезе Б. М. Понтекорво об осцилляциях нейтрино. Гипотеза предполагает возможность «превращения» различных видов нейтрино друг в друга. В физике известен такой прецедент с К-мезонами. Однако требуется экспериментальное подтверждение этого предположения.

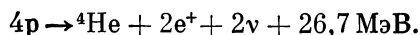


Были разработаны новые модели Солнца, способные объяснить низкий поток нейтрино, но полностью последовательными их считать нельзя.

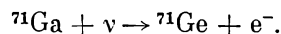
В итоге многолетней дискуссии расхождение между результатом Р. Дэвиса и предсказанием стандартной солнечной модели не было объяснено. Общее мнение: необходимо выполнить полную программу экспериментов по нейтриноскопии Солнца. Такая программа была разработана еще в 1965 году под руководством члена-корреспондента АН СССР Г. Т. Зацепина. Она включает исследование потока солнечных нейтрино тремя детекторами: на основе галлия, лития и хлора. Первоочередным должен быть эксперимент с галлиевым детектором, предложенным в 1962 году В. А. Кузминым. Только галлиевый детектор достаточно надежно может подтвердить общепринятую теорию энергетического баланса звезд, основанную на гипотезе Г. Бете о термоядерном превращении ядер водорода в ядра гелия.

Согласно этой теории, светимость звезд главной последовательности, к которой относится Солнце, в основном обусловлена реакциями во-

дородного цикла. Результат всех реакций символически может быть представлен формулой:



Энерговыведение в Солнце известно с большой степенью точности по величине солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, и почти полностью определяется скоростью, с какой пр-реакция ($p + p \rightarrow {}^2\text{H} + e^+ + \nu$) протекает в центре Солнца. Галлиевый детектор особенно чувствителен к нейтрино, возникающим именно в этой реакции. Под действием нейтрино изотоп галлия — галлий-71 переходит в германий-71:



Если энерговыведение в Солнце обеспечивается реакциями термоядерного синтеза, то скорость образования германия-71 нам точно известна и, что самое главное, она не зависит от каких-либо модельных представлений. Хлорный детектор регистрирует нейтрино, рождающиеся при распаде бора-8 (${}^8\text{B} \rightarrow {}^4\text{He} + {}^4\text{He} + e^+ + \nu$), скорость образования которого определяется тем-

пературой в центре Солнца. Эффект же в литиевом детекторе в основном обусловлен рер-реакцией ($p + p + e^- \rightarrow {}^2\text{H} + \nu$), скорость которой зависит от того, какова плотность вещества в центре Солнца.

Теоретики в последние годы пересматривали величины потоков нейтрино от всех реакций, протекающих в Солнце, и ожидаемые эффекты в различных детекторах. В настоящее время общеприняты результаты, полученные Дж. Бакалом (США) и Г. В. Домогацким (СССР): эффект на хлорном детекторе — 4,7 SNU, на литиевом детекторе — 34 SNU и на галлиевом детекторе — 95 SNU.

ГАЛЛИЕВЫЙ ДЕТЕКТОР

Принципиальная схема галлиевый детектора аналогична схеме хлорного детектора. В галлии, которого требуется примерно 40 т для получения надежного результата, под действием солнечных нейтрино происходит накопление радиоактивных атомов германия-71. Их число определяется по количеству зарегистрированных распадов (период полураспада около 11 дней).

Хотя идея эксперимента проста, ее реальное воплощение связано с большими техническими трудностями

Схема галлиевый детектора

Кандидат физико-математических наук
Г. А. АСКАРЬЯН



Акустическая регистрация нейтрино

КОСМИЧЕСКИЕ УСКОРИТЕЛИ

Во Вселенной происходят процессы, в ходе которых частицы ускоряются до энергий порядка 10^{20} эВ. Чтобы получить частицы столь высокой энергии, потребовался бы ускоритель таких грандиозных размеров, который построить на Земле практически невозможно.

Космические частицы высокой энергии, взаимодействуя с ядрами межгалактического и межзвездного газа, а также с фотонами реликтового излучения, которое заполняет всю Вселенную, порождают нейтрино вы-

В глубинах океана предполагается разместить «нейтринные телескопы», которые будут улавливать космические нейтрино высокой энергии.

соких энергий. Эта частица крайне слабо взаимодействует с веществом, причем сечение взаимодействия нейтрино с нуклоном возрастает с увеличением его энергии. Например, при энергиях 10^{14} эВ вероятность взаимодействия нейтрино, пролетающего сквозь земной шар, возможно, соизмерима с единицей, но для ней-

трино меньших энергий земной шар практически прозрачен. Прозрачен для нейтрино и Вселенная. Мы способны зарегистрировать сейчас нейтрино, которые родились в эпоху формирования галактик и образования звезд. Нейтрино несут без искажений информацию об отдаленных космологических эпохах и процессах, которые сопровождаются генерацией космических лучей высокой энергии. Именно поэтому нейтрино представляют громадный интерес для ядерной физики и астрофизики.

В нашей стране изучением нейтрино занимались такие выдающиеся

ми, преодолеть которые удалось буквально в последнее время. В ходе кропотливых поисков был найден метод выделения единичных атомов германия непосредственно из металлического галлия. Это существенно упрощает задачу создания детектора. Удачным оказалось то обстоятельство, что температура плавления галлия ненамного превышает комнатную — около 30°C . Из жидкого галлия германий эффективно вымывают некоторые кислоты и щелочи, смешанные в определенной концентрации с перекисью водорода. Очень важно, что эта смесь слабо взаимодействует с самим галлием.

Упрощенная схема галлиевого детектора такова. В контейнере расплав металлического галлия смешивается с перекисью водорода и кислотой (например, соляной). Атомы германия переходят в раствор в виде соединения GeCl_4 — четыреххлористого германия. Последний извлекается из раствора потоком гелия и

поступает в реактор, где синтезируется моногерман (GeH_4). Это газообразное соединение после очистки от примесей перекачивается насосом Топлера в пропорциональный счетчик.

Очевидно, что прежде чем приступить к созданию 40-тонного галлиевого детектора, необходимо провести отработку всей методики с детекторами меньших размеров. Макет, содержащий 20 кг галлия, был пущен в 1977 году в Брукхейвенской национальной лаборатории США. В настоящее время ведется работа с макетом в несколько сот килограммов галлия в Институте ядерных исследований АН СССР.

Помимо методических трудностей, проведение галлиевого эксперимента существенно осложнено тем, что мировая добыча галлия невелика. Хотя процентное содержание галлия в земле близко к среднему процентному содержанию других элементов, он относится к редким элементам

из-за того, что практически равномерно «размазан» по земной коре. Лишь в очень немногих породах содержание галлия превышает $0,01\%$. Тем не менее в ближайшее время эксперимент по регистрации солнечных нейтрино галлиевым детектором, по-видимому, будет поставлен. В ходе эксперимента галлий не расходуется и не меняет своих свойств, и можно надеяться, что физикам на время эксперимента будет предоставлено необходимое количество этого металла.

Поскольку космическое нейтринное излучение связано с процессами выделения энергии в колоссальных масштабах, можно предположить, что в дальнейших нейтринных экспериментах будут сделаны открытия фундаментального значения. Не исключено, однако, что нас ожидают и новые загадки. Ведь экспериментальное изучение процессов, происходящих в недрах звезд, только начинается.

«НЕЙТРИННЫЙ ГЛАЗ»

Сечение взаимодействия нейтрино с веществом возрастает с увеличением их энергии (сечение пропорционально энергии, по крайней мере, для частиц с энергией до 10^{12} эВ). Однако величина сечения крайне мала и мало энергичных нейтрино, причем по мере роста энергии количество нейтрино становится все меньше. Поэтому зарегистрировать космические нейтрино высокой энергии очень трудно, и чтобы иметь достаточное количество актов регистрации, нужны детекторы большой массы.

Использовать океан для регистрации нейтрино предложил М. А. Марков в 1961 году. Океанская вода служит детектором нейтрино и в проекте ДЮМАНД (Deep Underwater Muon and Neutrino Defection — глубоководная регистрация мюонов и нейтрино). Масса детектора 10^9 т воды, объем $1 \times 1 \times 1$ км³.

Пролетая сквозь воду, нейтрино высокой энергии иногда сталкивается с ядром атома и передает значительную часть своей энергии образующимся вторичным частицам. Эти частицы, в свою очередь сталкиваясь с ядрами других атомов среды, вызывают ливень заряженных частиц. Толщина ливневого потока всего несколько сантиметров, а длина — до 10 м. Заряженные частицы, двигаясь со скоростью, весьма близкой к скорости света в вакууме, но большей, чем скорость света в воде, создают черенковское излучение. Это излучение — направленное: оно испускается только вперед и под определенным углом к траектории заряженных частиц. В воде этот угол составляет около 40° . Поскольку частицы летят в основном по оси ливня, черенковское излучение распространяется вдоль поверхности конуса с углом раствора примерно 40° по отношению к оси ливня.

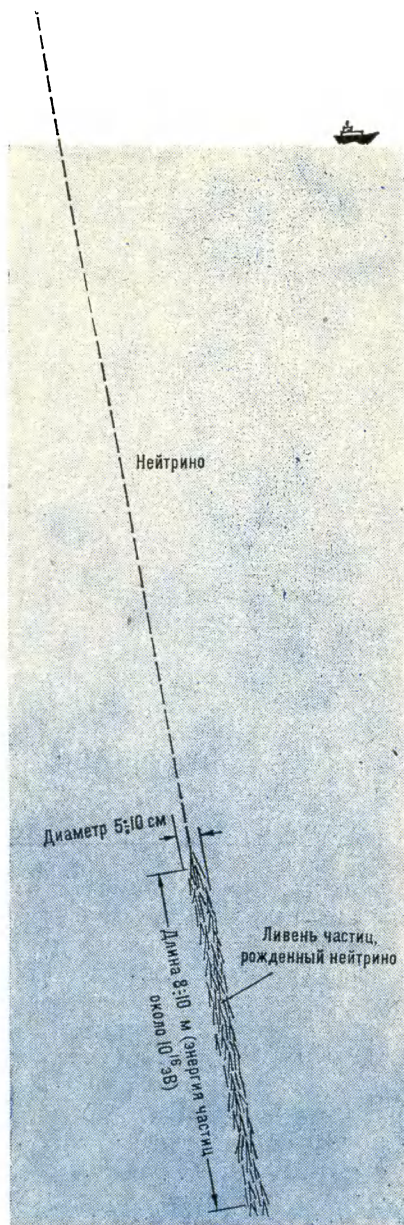
Это излучение должны зарегистрировать фотоэлектронные умножители, которые предполагается установить на глубине около 5 км так, чтобы они образовали пространственную решетку. Амплитуда сигнала, принятого фотоумножителями, позво-

лит оценить энергию ливня, а значит, и энергию нейтрино, которое породило ливень. Зная, как расположены фотоумножители, зарегистрировавшие импульс света, можно определить направление оси ливня, то есть направление прихода нейтрино.

Хотя на 5-километровой глубине царит мрак и фотоумножители достаточно чувствительны для приема слабых вспышек света, мутность морской воды даже на таких больших глубинах вызывает сильное поглощение света на расстоянии 10—20 м. Поэтому фотоумножители нельзя устанавливать на расстоянии более 20—30 м. Число приемников, необходимых для регистрации нейтрино, пропорционально объему детектора. Следовательно, детектор объемом 1 км³ должны обслуживать сотни тысяч фотоумножителей. И это не простые фотоумножители, а фотоумножители с большим светосбором, каждый из них должен быть помещен в прозрачный кожух, выдерживающий давление около 500 атм (таково давление на 5-километровой глубине). Фантастически высокая стоимость реализации проекта ДЮМАНД в больших масштабах привела к тому, что ученые начали искать более экономичные, но столь же эффективные способы регистрации нейтрино.

ЗВУК ОТ НЕЙТРИНО

Идея регистрации частиц по акустическому импульсу была опубликована еще в 1957 году автором статьи. Профессор Б. А. Долгошеин предложил применить этот метод для глубоководной регистрации ливней от нейтрино. Б. А. Долгошеин обратил внимание на то, что в глубинах океана уровень шумов гораздо ниже, чем у поверхности, и это обстоятельство весьма способствует эффективности регистрации редких событий. Автор статьи и Б. А. Долгошеин рассчитали величину звукового сигнала от ливня, вызванного нейтрино. Они показали, что звук ливня, рожденного нейтрино с энергией 10^{16} эВ, можно услышать на расстоянии сотен метров. Таким образом, если в проекте ДЮМАНД



ученые, как академик М. А. Марков и академик Б. М. Понтекорво. Были разработаны программы исследования нейтрино и созданы специализированные лаборатории под руководством члена-корреспондента АН СССР Г. Т. Зацепина и члена-корреспондента АН СССР А. Е. Чудакова.

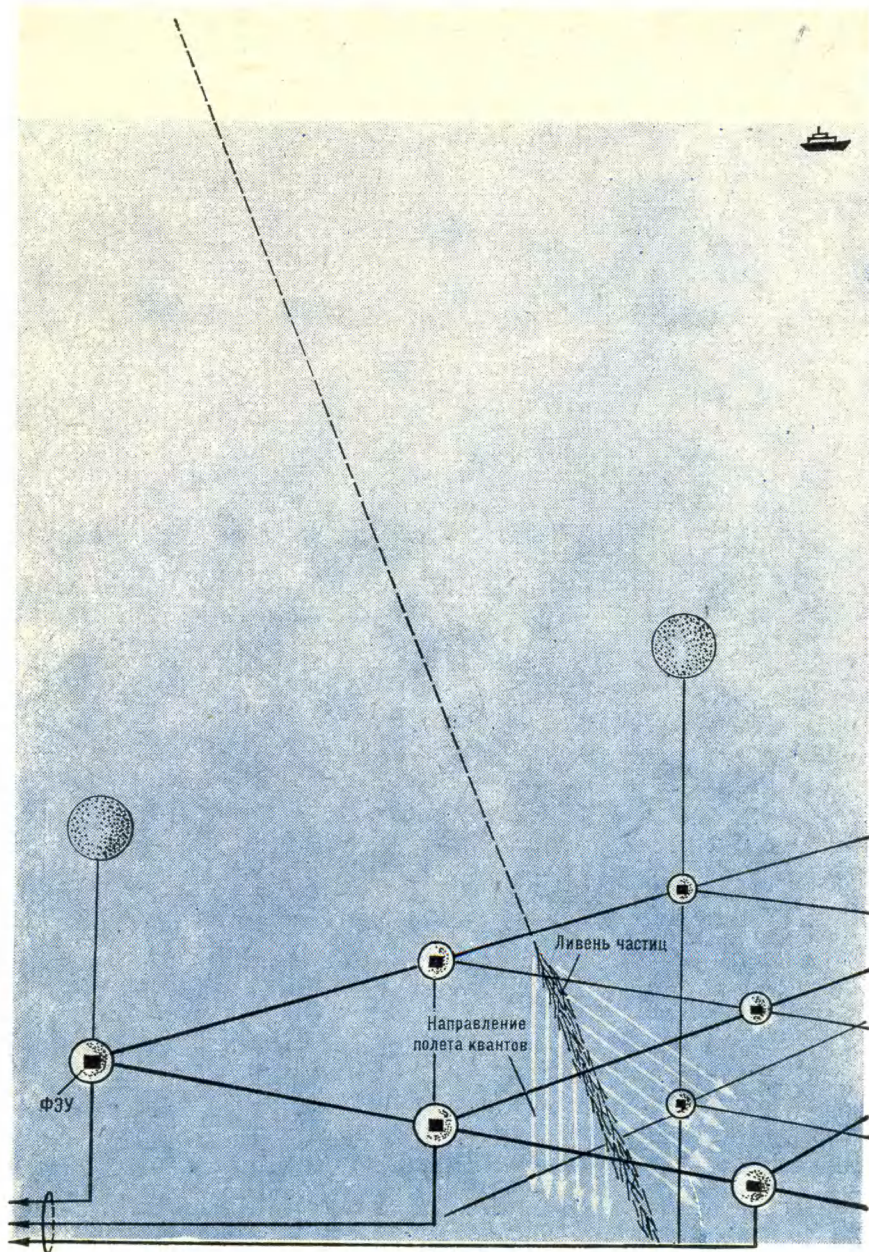
■ *Рождение ливня частиц при пролете нейтрино в толще воды*

фотоумножители заменить дешевыми приемниками — ультразвуковыми пьезодатчиками, то можно будет прослушивать гораздо большие объемы воды. Эффективность проекта увеличивалась в сотни раз, а затраты на его осуществление уменьшались до реально допустимых.

Американские ученые Л. Сулак и его коллеги поставили эксперимент по регистрации в воде звука от пучка заряженных частиц. Пучок частиц с ускорителя попадал в большую цистерну, наполненную водой. Звук от пучка частиц оказался столь громок, что напоминал звук при откупоривании бутылки шампанского. Было подтверждено, что величина звукового импульса от заряженных частиц достаточно велика, чтобы можно было использовать акустический эффект для регистрации нейтрино. Акустические исследования включены в программу ДЮМАНД.

Как возникает звуковой импульс при рождении в воде ливня заряженных частиц? Энергия, выделяемая частицами, приводит к локальному нагреву узкого канала вдоль оси ливня, а также к образованию микроскопических пузырьков. Оба процесса вызывают резкое расширение жидкости, то есть рождается звуковой импульс. Звук очень высокой частоты — гиперзвук (частота 10^8 — 10^9 Гц) поглощается в непосредственной близости от треков частиц; звук более низкой частоты (10^4 — 10^5 Гц) может уходить на расстояния в сотни метров. Его-то и используют для регистрации нейтрино.

Скорость заряженных частиц достигает $3 \cdot 10^{10}$ см/с, в то время как скорость звука в воде составляет всего $1,5 \cdot 10^5$ см/с, то есть скорость частиц в 200 000 раз превышает скорость звука в воде. Поэтому частицы выделяют энергию практически мгновенно. Цилиндрическая звуковая волна распространяется перпендикулярно оси ливня. Приемник, находящийся в нескольких сотнях метров от ливня частиц, окажется в ближней волновой зоне и зарегистрирует звуковой импульс. Следует отметить, что на низких частотах излучение звука может быть когерентным, то есть узкий канал, где произошло выделе-

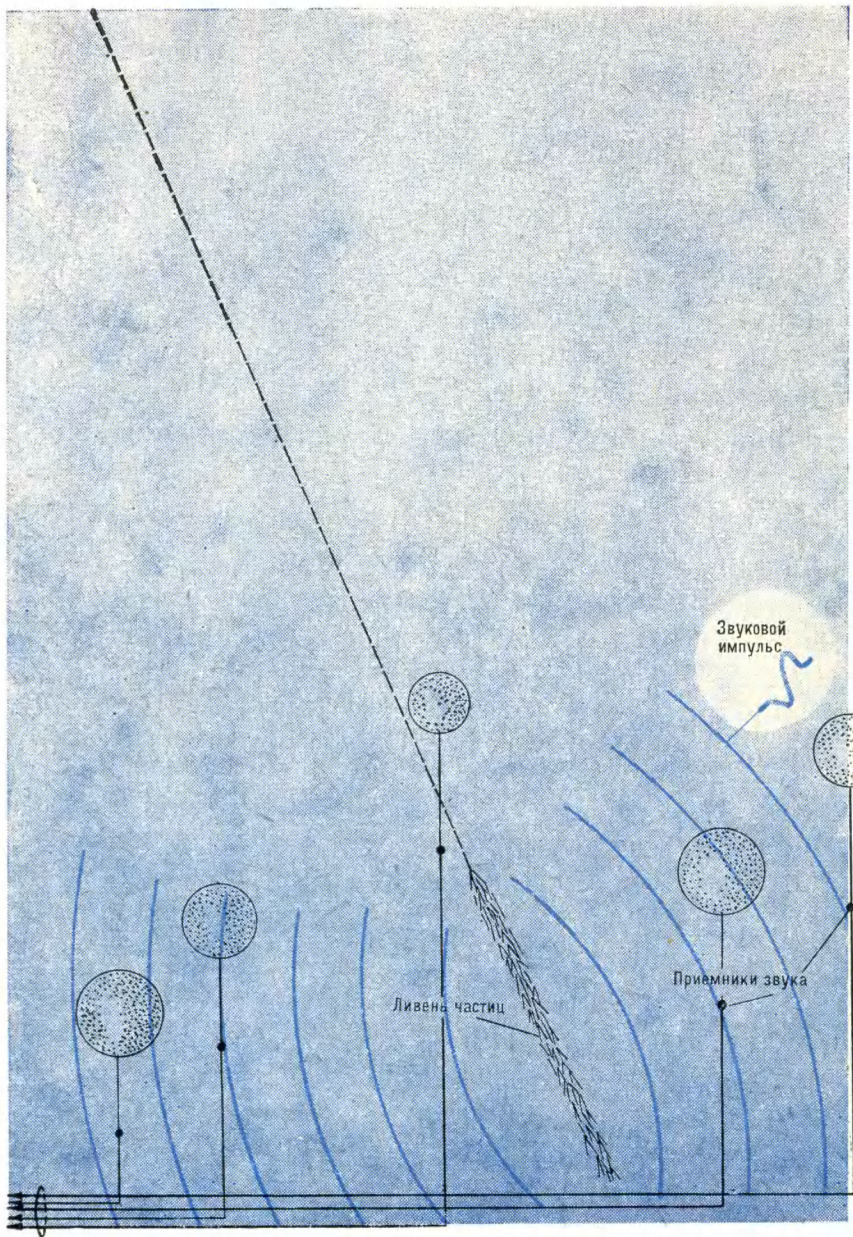


ние энергии, можно рассматривать как акустическую антенну.

Для регистрации нейтрино с энергией больше 10^{16} эВ предлагается создать установку в форме параллелепипеда, у которого площадь основания 10×10 км² и высота 1 км. Мас-

■ *Регистрация черенковского излучения от ливня заряженных частиц, рожденного нейтрино*

са такого детектора нейтрино 10^{11} т воды. Все его пространство должно равномерно заполнять 100 000 пьезодатчиков. Пьезодатчик — это пьезо-керамическая либо кварцевая пластина или шарик с электрическими контактами. Приходящий звуковой импульс сдвигает пластину, появляется электрический сигнал, который по кабелю передается на ЭВМ. Величина сигнала пропорциональна энергии, выделившейся в воде. Сле-



довательно, по величине сигнала можно судить об энергии нейтрино. Анализируя на ЭВМ амплитуды поступившего звука на разные датчики, можно определить направление прихода нейтрино.

Расчеты, выполненные на ЭВМ автором статьи, Б. А. Долгошеинным,

Регистрация звука от ливня заряженных частиц, возникающего от нейтрино в воде

А. Н. Калиновским и Н. В. Моховым, позволили не только уточнить характеристики звукового импульса, но и показать, что звуковой импульс, идущий от начала ливня, не такой, как импульс, распространяющийся от его конца. Таким образом, по звуковому сигналу можно судить о направлении движения нейтрино: идет ли оно сверху или снизу. Сравнивая потоки нейтрино, приходящие сверху и снизу, можно определить сечение

взаимодействия нейтрино с земным шаром, то есть использовать земной шар как мишень для частиц. Аналогичные оценки можно провести, сравнивая горизонтальный поток нейтрино с вертикальным. Изучение взаимодействия нейтрино высокой энергии с веществом весьма интересно, поскольку при таких энергиях возможны резонансы, связанные с рождением новых частиц. Это предположение высказали советский физик В. С. Березинский и ряд зарубежных ученых.

Отметим еще один акустический эффект, который наблюдается, когда заряженные частицы проходят сквозь среду. На существование этого эффекта автор статьи также указал в 1957 году. Гиперзвуковое поле вблизи треков частиц может быть причиной первичного лучевого радиобиологического действия ионизирующей радиации на микроорганизмы и клетки. Согласно оценкам, на расстоянии одного микрона от треков частиц амплитуда гиперзвукового поля достаточна для деструктивного воздействия на микробы, клетки, вирусы. Область и интенсивность такого воздействия можно уменьшить или увеличить, изменяя давление, насыщение жидкости газами и подбирая соответствующую среду. Эти факторы влияют на эффективность генерации звука и его поглощение.

В настоящее время хорошо развиты методы приема слабых звуковых импульсов системой, состоящей из множества акустических датчиков, обработка этих импульсов на ЭВМ с целью отделения шумов от полезного сигнала и выяснения характеристик полезного сигнала. Это вселяет уверенность в то, что темпы реализации акустической программы ДЮМАНД будут весьма высокими и скоро специалисты по ядерной физике и астрофизике получат интересные сведения о процессах в глубинах Вселенной.



12 декабря 1978 года академику Олегу Георгиевичу Газенко исполнилось 60 лет. О. Г. Газенко — один из основоположников советской космической биологии и медицины, один из руководителей подготовки и проведения серии биологических опытов на искусственных спутниках Земли, доказавших возможность полета человека в космос. Он непосредственно участвовал в подготовке к полету Ю. А. Гагарина и других космонавтов. Основные научные труды академика О. Г. Газенко посвящены общим проблемам космической биологии и медицины, биологическому воздействию невесомости на живые организмы, находящиеся на различных стадиях эволюционного развития, средствам повышения устойчивости к неблагоприятным факторам космического полета.

Редакционная коллегия и читатели «Земли и Вселенной» сердечно поздравляют Олега Георгиевича с юбилеем, присуждением ему Государственной премии СССР 1978 года и желают ему здоровья и новых творческих успехов.

Академик
О. Г. ГАЗЕНКО

Человек в космосе

Почти 20 лет человек летает в космос. И все это время врачи думают над тем, как лучше космонавтам приспособиться к необычным условиям, к каким биологическим последствиям может привести жизнь в космосе.

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

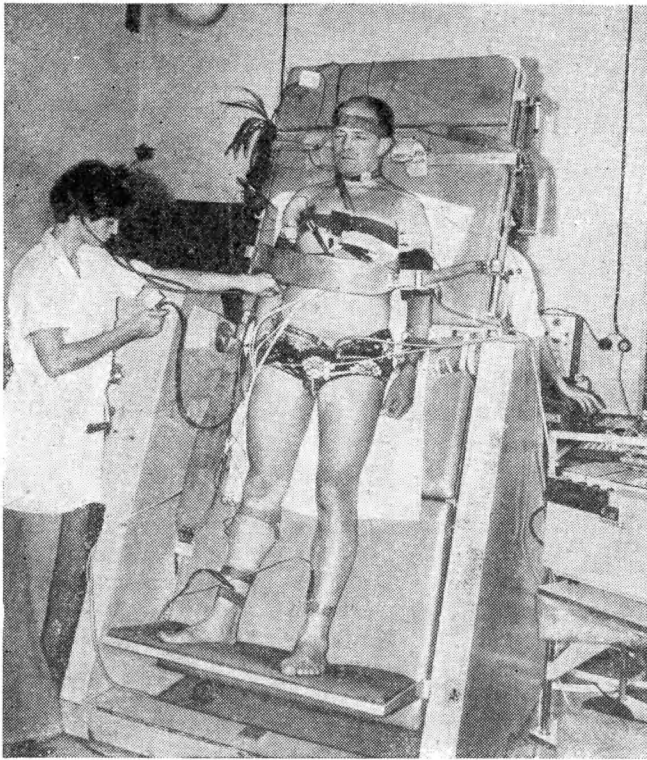
В космическом полете человека поджидает много необычного: невесомость, космическая радиация, искусственная среда обитания и др. Мнения о том, как человек перенесет эти условия, сильно менялись от весьма (может быть, даже чрезмерно) оптимистических у писателей-фантастов и пионеров астронавтики до очень сдержанных, осторожных, а иногда и явно отрицательных в период, непосредственно предшествовавший началу реальных полетов человека в космос.

Вместе с тем, медицинские и биологические знания, особенно результаты обстоятельных биологических экспериментов, выполненных в 50-х годах на ракетах и спутниках, были достаточны, чтобы решиться на космический полет.

Благодаря широкой программе до- и послеполетного обследования космонавтов и наблюдения за их состоянием в ходе полета накапливалась ценнейшая научная информация. Это позволило, с одной стороны, составить довольно полную картину реакций человека на условия полета, а с другой, — совершенствовать систему медицинского обеспечения полетов.

Наиболее существенным результатом пилотируемых полетов первого десятилетия следует считать экспериментальное доказательство возможности полета человека в космос и его активной деятельности не только на борту корабля, но и в открытом космическом пространстве. Не менее важным оказалось накопление сведений о характере и последовательности изменений различных физиологических функций в полете. Так стало очевидным, что человек может приспособиться к столь необычным условиям и его основные функциональные системы обеспечивают достаточный уровень работоспособности.

Реакции космонавтов отличаются заметной индивидуальностью. Тем не менее удалось выявить наиболее типичные — вестибулярные расстройства, изменение параметров сердечной деятельности, утомляемость, уменьшение жажды и аппетита, понижение работоспособности. Медики обнаружили, что физиологические изменения происходят не только в полете, но и после возвращения на Землю, причем они становятся более значительными с увеличением времени полета («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 30—35.—Ред.). После завершения полетов, длившихся около двух недель, у космонавтов обнаруживались рецидивы вестибулярных расстройств, снижение устойчивости к вертикальному положению, уменьшение сопротивляемости к физическим нагрузкам, нарушение координации движений, уменьшение веса тела, умеренное обезвоживание, слабость. Было признано, что увеличение продолжительности полетов возможно лишь при использовании средств,



облегчающих реадaptацию к земным условиям.

Исследование механизма сдвигов в организме человека под воздействием космических факторов, применение разработанных на основе этих исследований профилактических мер, а также детальный медицинский контроль в ходе полета и совершенствование условий обитания обеспечили возможность более длительной работы в космосе.

В течение второго десятилетия космонавтики продолжительность космических «путешествий» возросла до трех месяцев. Профилактические меры сохраняют хорошее самочувствие и работоспособность экипажа несмотря на столь длительное пребывание в космосе.

Вот что нам стало известно сегодня из опыта космических полетов: условия и факторы космического полета изменяют физиологическое состояние человеческого организма, но эти изменения носят приспособительный характер и пока нет серьезных

оснований квалифицировать их как болезненные; процесс приспособления имеет несколько стадий, и, по-видимому, установление нового, относительно стабильного функционального уровня достигается через 1—1,5 месяца с начала полета; приспособляясь к космическим условиям, организм использует резервные возможности и перестраивает свои функции.

ПРОЦЕСС АДАПТАЦИИ

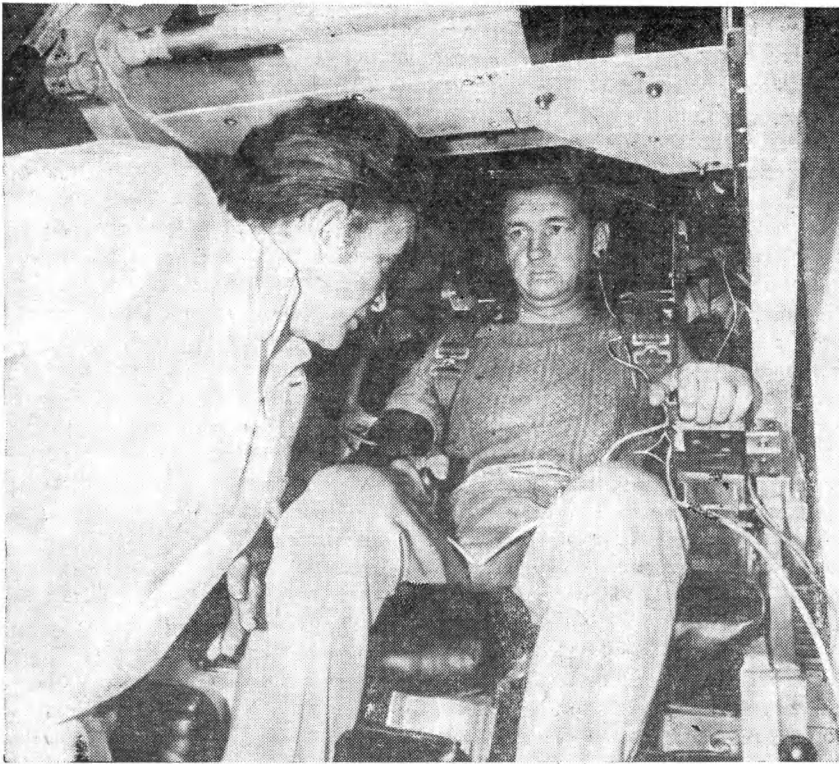
Рассматривая процесс адаптации, важно обратить внимание на то, что реакции наступают еще до начала полета. Это объясняется естественным нервно-эмоциональным напряжением — «предстартовым состоянием» космонавтов. Подобную реакцию можно наблюдать и на завершающей стадии полета — это «реакция на возвращение». Амплитуда — «размах» — реакций оказывается особенно сильной в начальной фазе полета (острый период адаптации) и сразу

после возвращения на Землю (острый период реадaptации). Более широкая, чем обычно, область колебания различных реакций в полете отражает снижение приспособляемости. То же можно наблюдать и после полета в течение нескольких дней, а иногда даже и недель.

Как же изменяются физиологические функции под действием невесомости?

Основные эффекты обусловлены тремя причинами: изменением в чувственной сфере человека, отсутствием гидростатического давления крови и отсутствием весовой нагрузки на мышцы и скелет.

■ *Комплексное медицинское обследование — залог успешного выполнения программы космического полета. Летчики-космонавты СССР Н. Н. Рукавишников, В. В. Лебедев, В. И. Севастьянов на обследовании*
Фото А. Богданова и А. Доценко



щую состояние сердца у деятельных «бездельников» — людей, ведущих напряженный, но малоподвижный образ жизни.

Изменение мышечной системы. Отсутствие веса на борту космического аппарата создает пониженную нагрузку на мышцы человека и, как результат, — развитие функциональной атрофии мышц, особенно мышц, которые формируют позу человека, а в условиях земного тяготения способствуют организации и выполнению любого произвольного движения. Происходит изменение обмена веществ в мышцах.

Изменение костной ткани. Увеличение длительности полета приводит к большей потере кальция в костной ткани, что влечет за собой изменение ее механических параметров. Скелет, как известно, содержит более 90% всего кальция в нашем организме. Возможно, что нарушение механизма его фиксации в костной ткани приводит к отрицательному кальциевому балансу и средние ежемесячные потери кальция могут составить от 0,5 до 2%. Пока не найдено надежных способов борьбы с «вымыванием» кальция, и эта проблема рассматривается как одно из возможных ограничений длительности космических полетов.

Уменьшение массы эритроцитов. Эритроциты — главный механизм транспортировки кислорода к тканям. Их средняя продолжительность жизни у человека составляет 120 дней, время обновления — $9 \cdot 10^6$ часов, а среднее содержание в 1 мм^3 крови — $5 \cdot 10^6$.

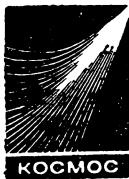
Практика показывает, что на протяжении первого месяца полета мас-

Реакции, связанные с первой причиной, очень индивидуальны. Вначале возникают иллюзии положения или перемещения космонавта в пространстве. Несколько позднее могут появиться неприятные ощущения, вызванные изменением функций вестибулярного аппарата, изменением его взаимодействия со зрением, кожей и мышечной чувствительностью. Как правило, эти сдвиги продолжаются несколько часов или дней и в ходе дальнейшего полета обычно не приносят космонавтам каких-либо серьезных неприятностей. Если эти явления были в начале полета, то они вновь могут возникнуть сразу же после возвращения на Землю.

Изменения деятельности сердечно-сосудистой системы. Типичное проявление действия невесомости — перераспределение циркулирующей крови. Космонавты ощущают усиленный приток крови к верхней части тела, тяжесть в голове. Наблюдается одутловатость лица, покраснение склер глаз.

Изменением кровообращения обусловливается выведение из организма жидкости, а затем и различных солей. Из-за этого уменьшается масса циркулирующей крови. Затем происходит изменение обмена веществ и, прежде всего, водно-солевого обмена. Как правило, исчезает чувство жажды, а выведение воды и солей несколько превышает их поступление в организм. Эти изменения, наряду с уменьшением физической нагрузки в невесомости, могут привести к детренированности сердечно-сосудистой системы и изменению деятельности сердца.

Возникающее на этом фоне по тем или иным причинам нервно-эмоциональное или физическое перенапряжение может оказать неблагоприятное влияние на состояние обмена веществ в сердечной мышце, что иногда сопровождается неприятными ощущениями в области сердца и снижает эффективность его работы при физических нагрузках. В общем, мы видим картину, очень напоминающую



са эритроцитов может уменьшиться на 20% и более. Складывается впечатление, что затем происходит восстановление их числа. Так, после полетов продолжительностью 2 и 3 месяца снижение массы эритроцитов оказывалось несколько меньшим, чем после кратковременных полетов. Важные данные были получены в 140-суточном полете В. В. Коваленка и А. С. Иванченкова. У них после полета не нашли практически никаких изменений в эритроцитах. Было только небольшое снижение их количества.

ПРОФИЛАКТИКА И КОНТРОЛЬ

Наиболее существенные эффекты длительного действия невесомости на организм — это детренированность сердечно-сосудистой системы, ортостатическая неустойчивость, функциональная атрофия мышц, отрицательный баланс кальция, слабость. Потенциальное значение других последствий пока трудно оценить.

Естественно, возникает вопрос о путях и способах устранения нежелательных и неблагоприятных сдвигов. К началу полетов на орбитальных станциях такие способы были обоснованы. Как известно, в полетах продолжительностью месяц и более космонавты применяли различные способы профилактики с использованием тренажерного оборудования. Подобные средства как бы препятствуют полному приспособлению к невесомости и сохраняют способность человека противостоять воздействию гравитационного поля Земли.

Профилактические мероприятия со-

вершенствуются на основе более глубокого изучения физиологических реакций человека в космическом полете. Можно рассчитывать, что оптимизация условий жизни и работы в космосе вместе с профилактическими средствами будут поддерживать хорошее состояние и работоспособность человека в достаточно продолжительных полетах.

Чтобы обеспечить успех полетов, медицина должна учитывать их специфику — цель, продолжительность и характер осуществления. Система медицинского обеспечения полета включает отбор и подготовку экипажей, оптимизацию среды обитания, медицинский контроль за состоянием здоровья и оказание при необходимости лечебной помощи, профилактические мероприятия, направленные на сохранение здоровья и работоспособности космонавтов («Земля и Вселенная», № 2, 1978, с. 11—15.—Ред.). Нет сомнений в том, что основные элементы этой системы сохраняют свое значение и в будущем, однако, их нужно совершенствовать и модернизировать.

Для решения вопросов, связанных с оказанием помощи экипажам на орбите, большое значение имели испытания совместимых стыковочных устройств по программе «Союз» — «Аполлон», а также использование двойного стыковочного узла на станции «Салют-6». Если дальнейшее освоение человеком космоса будет связано с серьезными физиологическими трудностями, вызванными действием невесомости, для радикального решения этой проблемы можно установить центрифуги, создающие искусственную силу тяжести. Первые экспериментальные исследования таких центрифуг на биоспутниках дали вполне обнадеживающие результаты.

ВОЗМОЖНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ЖИЗНИ В КОСМОСЕ

В пилотируемых полетах центральное место по праву занимает человек. Дальнейшие исследования и накопление медицинской и биологической информации должны привести нас не только к более продуманной оценке его роли в космосе, но и бо-

лее полному пониманию возможных осложнений и трудностей во время длительных космических полетов. Это означает непрерывное повышение безопасности полетов в ходе освоения человеком космоса.

В настоящее время нет никаких оснований считать, что в космических полетах у космонавтов возникают какие-либо заболевания, связанные с полетом. Анализ характера заболеваний космонавтов на Земле не обнаружил отличий от типичных заболеваний, например, летчиков реактивной и вертолетной авиации. Что же касается отдаленных последствий и наследственных изменений, то по этому поводу могут быть высказаны лишь более или менее правдоподобные гипотезы.

Человек в результате естественного отбора на протяжении сотен тысяч лет, по-видимому, стал обладателем наилучших в условиях Земли генов. В конечном счете это обеспечило ему не только процветание как биологического вида, но и уникальные шансы для социального прогресса. Тем не менее биологическая изменчивость человека как в прошлом, так и в будущем связана с изменением его генетических характеристик. Главный источник наследственных изменений — комбинации, возникающие от скрещивания особей, относящихся к различным генетическим группам. Это то, что создает разнообразие людей и индивидуальность каждого из нас.

Для эволюции человека как биологического вида имеют значение мутации. Они служат исходным материалом для эволюции, формируемой естественным отбором. Появление новых мутаций, а следовательно, и вероятность наследственных изменений могут произойти под действием ионизирующего излучения, химических агентов, повышения температуры и некоторых других факторов. Что касается невесомости, то пока не удалось обнаружить бесспорных свидетельств ее мутагенного действия. По-видимому, в основном космической радиации мы должны принимать в расчет при оценке возможных генетических последствий космических полетов.



ПОЛЯРИЗАЦИОННОЕ «ПРОСВЕЧИВАНИЕ» СОЛНЕЧНОЙ КОРОНЫ

Предположим, что мы наблюдаем радиисточник, излучение которого линейно поляризовано. Важнейшей характеристикой такого излучения будет направление плоскости поляризации. Если между источником и наблюдателем находится замагниченная плазма, плоскость поляризации повернется. Этот эффект называется фарадеевским вращением, поскольку его открыл М. Фарадей, изучавший прохождение поляризованного света через стекло в присутствии магнитного поля. Поворот плоскости поляризации зависит, в частности, от напряженности продольного магнитного поля. Поэтому, наблюдая эффект Фарадея, можно получить некоторую информацию о магнитных полях, встречающихся на пути следования радиоволн.

В Специальной астрофизической обсерватории АН СССР под руководством Ю. Н. Парийского была предпринята попытка исследовать магнитное поле в солнечной короне, просвечивая ее поляризованным излучением Крабовидной туманности. Наблюдения проводились в июле 1977 года в период слабой активно-

сти Солнца. Использовался радиотелескоп РАТАН-600, принимающий излучение на длине волны 4 см.

Советские радиоастрономы обнаружили вращение плоскости поляризации электрического вектора на угол в несколько градусов. Величина этого угла изменялась в разных участках солнечной короны. На основании полученных данных был сделан вывод о том, что магнитное поле вблизи Солнца имеет секторную структуру с противоположной полярностью поля в соседних секторах. Такая структура магнитного поля обнаружена в межпланетном пространстве во время полетов космических аппаратов. Наблюдения, выполненные Ю. Н. Парийским и его сотрудниками, подтверждают секторную структуру магнитного поля и в короне Солнца.

«Письма в Астрономический журнал», 4, 4, 1978.

ОТКУДА РОДОМ МЕТЕОРИТ ТВИН СИТИ?

Согласно общепринятым представлениям, метеориты — это обломки астероидов, перемещающихся между орбитами Марса и Юпитера. Большая часть обломков, которые образуются при столкновениях астероидов друг с другом, навсегда остается там же, где двигались их родительские тела. И лишь немногие меняют свои орбиты (под действием планетных возмущений) настолько, что глубоко проникают внутрь орбиты Марса, и, приближаясь к земной орбите, имеют шансы встретиться с нашей планетой и выпасть в виде метеоритов.

Один из метеоритов, названный по имени города на юге США, вблизи которого он упал, Твин Сити, най-

ден более 20 лет назад, в 1955 году. Это — небольшой железный метеорит размером 19×11×6 см и массой около 5 кг. Он состоит из почти чистого сплава железа и никеля, на долю последнего приходится 30%.

Состав метеорита не вызвал удивления. Особенность Твин Сити — в его структуре. Обычно в метеоритах, богатых никелем, присутствует мартенсит — одна из модификаций железа и его сплавов, известная в металлургии. Мартенсит образуется при охлаждении сплава до температур, которые зависят от содержания никеля. В метеорите Твин Сити мартенсит должен был появиться, если бы температура метеорита снизилась примерно до -20°C . Температура в поясе астероидов, как показывают расчеты, намного ниже, около -100°C . Между тем мартенсит в Твин Сити не обнаружен. Почему?

Американский исследователь Р. Кнокс предположил, что Твин Сити — обломок одной из планетезималей, которые когда-то в период рождения планет кружились вокруг Солнца внутри орбиты Земли. Из этих планетезималей выросли Меркурий и Венера, но некоторые из них могли случайно сохраниться и оставаться неизвестными вследствие своих малых размеров. Если верно предположение Р. Кнокса, то отсутствие мартенсита в метеорите Твин Сити легко объясняется: вещество планетезимали и ее осколка, согретое солнечными лучами, никогда не охлаждалось до температур образования мартенсита. Поскольку метеорит упал на юге США, где климат мягкий, он и на Земле не охладился до температуры, при которой сплав никелистого железа превратился бы в мартенсит.

«Meteoritics», 12, 4, 1977.

Способы защиты человека от не-весомости и космической радиации, которые нам известны сегодня или появятся в будущем, по-видимому, могут исключить какое-либо дополнительное воздействие этих факторов на эволюцию человека. В этом случае эволюция будет протекать в космосе так же, как и на Земле.

Вполне вероятно, что независимо от продолжительности полетов отдельные люди не внесут ощутимый вклад в биологическую эволюцию человека. Напротив, жизнь в космосе людей, составляющих достаточно мно-

гочисленную популяцию, может, вообще говоря, повлечь за собой биологическую эволюцию, в основе которой будут лежать мутации. Однако в силу непредсказуемого характера этих мутаций такие изменения будут иметь совершенно случайный, а не какой-то определенный «космический» характер. Мы находимся в начальной фазе освоения человеком космоса, и наши выводы и предсказания должны быть очень осторожными. Вместе с тем, совершенно очевидно, что огромные возможности социального и научно-тех-

нического прогресса не должны привести человека в противоречие с его более консервативной биологической природой. Как в прошлом, так и в настоящем это ставило и ставит перед нами трудноразрешимые проблемы. Но мы можем надеяться на то, что гармоничный, хорошо взвешенный и продуманный учет этих двух сторон природы человека наилучшим образом будет способствовать его благополучию и счастью на Земле и в космосе.

Кандидат физико-математических наук
В. В. ШЕВЧЕНКО



Луна: космические и наземные исследования

2 января 1959 года запуском советской автоматической станции «Луна-1» ознаменовалось начало космической эры в лунных исследованиях. За истекшее 20-летие по пути к Луне, открытому первым посланцем человечества, прошли десятки автоматических станций и пилотируемые корабли. Космические аппараты добыли информацию, во много раз превышающую по объему все то, чем располагали ученые к моменту запуска первых лунников. Эти сведения уточнили и детализировали известное, открыли новое и поставили неожиданные вопросы перед исследователями («Земля и Вселенная», № 3, 1975, с. 13—20.—Ред.).

НАУКИ О ЛУНЕ

Наглядным свидетельством чрезвычайного возросшего объема информации о Луне стало разделение лунных исследований на несколько направлений. Подобно наукам о Земле, возник целый комплекс лунных наук. Если ранее астроном, занимавшийся изучением естественного спутника Земли, был универсальным специалистом и легко переходил от одной лунной проблемы к другой, то современный уровень знаний потребовал привлечения значительного числа узких специалистов в различных областях науки. Первыми на помощь астрономам пришли геологи, геофизики и геохимики. Опыт и знания, накопленные этими земными науками, обеспечили возможность детального анализа обширной информации о структуре гравитационного поля Луны и магнетизме лунных пород, времени кристаллизации со-

Прошло два десятилетия с начала космических исследований Луны. Космическая техника не только помогла уточнить и расширить представления о природе нашего естественного спутника, но и способствовала новому развитию традиционных астрономических направлений в изучении Луны.

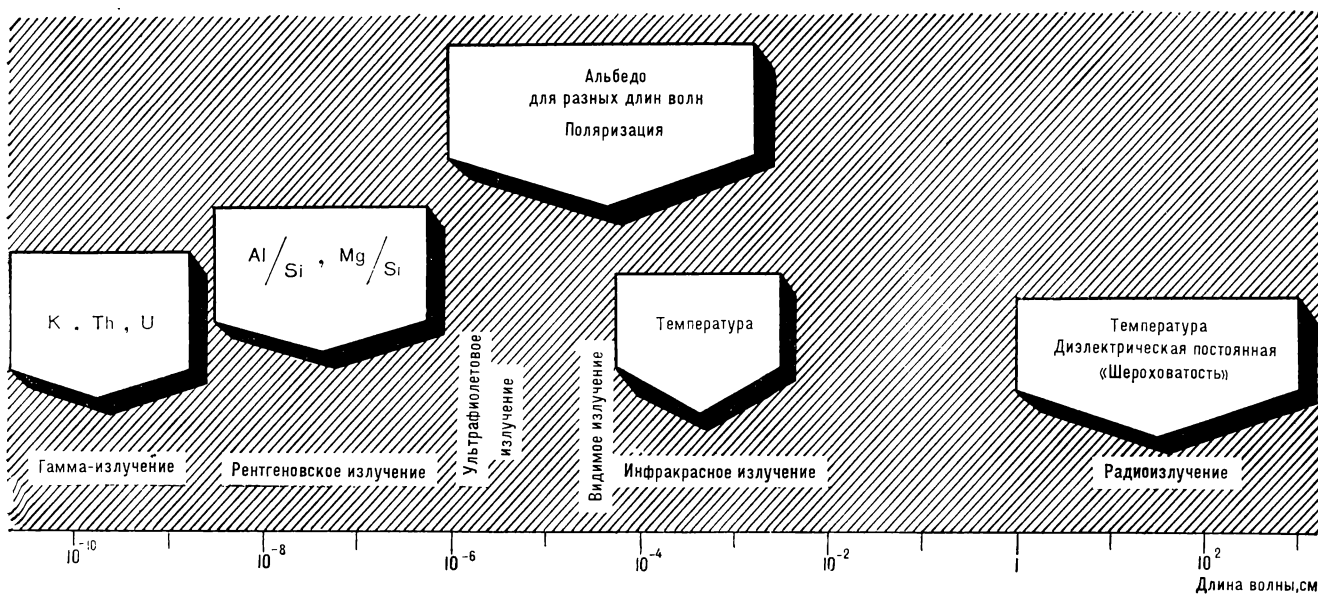
бренных осколочных образцов и форме частиц, образующих мелкую фракцию лунного грунта, об элементном и минералогическом составе лунного материала.

Иногда еще возникают терминологические споры: следует ли вводить в обиход такое слово, как «селенология», или правильнее считать, что существует только геология, которая в одинаковой степени распространяется на все планеты? А между тем выясняется одна существенная тенденция: прямые параллели между Землей и Луной без учета специфики этих тел Солнечной системы проводить нельзя. Слепое перенесение понятий и методов геонаук на Луну, как правило, успеха не имеет. Следовательно, Луна в силу своей «оригинальности» заслуживает собственного комплекса наук, для которых геонаука — фундамент, а не готовая к применению схема.

Какое же место среди лунных наук на современном этапе их развития занимает астрономическое направление? Не перестал ли естественный спутник Земли быть астрономическим объектом после того, как нога человека ступила на его поверх-

ность? Не получилось ли так, что процесс дифференциации наук привел к чисто механическому разделению существовавших ранее функций астрономии между узкими специалистами геонаук?

Внимательный анализ развития лунных исследований в последние годы и прогнозы на будущее позволяют сказать определенно: и по методам, и предмету исследований астрономическое направление сохраняет свое немаловажное значение в системе лунных наук. Проблемы вращения и движения Луны, исследование Луны как одного из тел Солнечной системы, никогда не утратят своей актуальности, независимо от степени изученности или даже освоения естественного спутника Земли, и не перестанут быть проблемами сугубо астрономическими. Изучение лунной поверхности не может протекать без участия астрономических дистанционных методов сбора информации. Геологов, геоморфологов, грунтоведов и геохимиков, занимающихся лунными исследованиями, интересуют физико-механические, структурные, минералогические и другие особенности лунного покровного вещества, определить которые в явном виде позволяют лишь прямые методы исследований. Но даже при самых бурных темпах развития космических методов было бы расточительно и неразумно посылать автоматический аппарат или экспедицию для изучения каждой пяди лунной поверхности. В то же время нельзя составить правильное суждение о природе Луны, располагая сведениями о характеристиках отдельных разрозненных районов. Вот здесь и приходят на



помощь дистанционные методы.

В собственном и отраженном излучениях Луны разных длин волн заключена информация об особенностях лунного покровного вещества. В области гамма- и рентгеновских лучей определяется содержание некоторых химических элементов в лунных породах, а следовательно, и тип самих пород. В визуальном и смежных с ним участках ультрафиолетового и инфракрасного излучений можно получить предварительную информацию о минералогическом составе пород. Измеряя собственное излучение Луны в инфракрасной области спектра, оценивают температуру поверхностного слоя и по динамике изменения температур в течение лунных суток или во время затмения делают выводы о структуре поверхностного слоя. Температуру на некоторой глубине под поверхностью и величину диэлектрической постоянной грунта дает анализ радиоизлучения. Радиолокационные исследования в различных длинах волн приводят

к оценке «шероховатости» лунной поверхности.

Правда, для полной достоверности сведений, полученных дистанционными методами, следует провести калибровку по районам, в которых известны не только следствия, но и первопричины наблюдаемых свойств. Вот такими районами и могут быть детально исследованные «изнутри» области на Луне. Итак, наиболее целесообразный путь лунных исследований, очевидно, заключается в разумном сочетании прямых методов для ключевых, эталонных мест на поверхности нашего естественного спутника и астрономических, дистанционных методов, позволяющих охватить значительные территории.

Есть еще один немаловажный аспект астрономического направления в лунных науках. После того, как отдельное узкое направление со своей точки зрения создает некоторую модель небесного тела, возникает необходимость в синтезированной единой, общей модели. Конечно, нельзя отказать в праве каждому специалисту сопоставлять свои выводы с выводами, сделанными в смежных областях науки, и пытаться их обобщить. Но представление о Луне, как о целом, о Луне, как о части Солнечной системы, вместе с другими планетами и

спутниками составляющей пусть совсем малую часть Вселенной, интересует прежде всего и больше всего астрономов. Поэтому на них ложится ответственность за создание обобщающей модели Луны.

Остановимся на некоторых традиционных проблемах изучения Луны. Решение этих проблем потребовало в свое время немалых усилий от астрономов. Космические исследования позволили применить новые методы, благодаря которым были получены более подробные и надежные данные.

МАССА ЛУНЫ

Масса Луны и отношение масс Земли и Луны имеют важное значение в системе астрономических постоянных. В классических способах определения отношения массы Луны к массе Земли используются лунные неравенства в видимом положении Солнца и планет. Поскольку величина лунной массы не бесконечно мала по сравнению с земной, оба тела перемещаются вокруг общего центра масс — барицентра, что и приводит к параллактическим смещениям наблюдаемого положения Солнца и планет. Основу этого метода можно использовать, располагая измерениями расстояний до ближайших

■ *Участки спектра, в которых возможны дистанционные исследования покровного вещества Луны*

планет, вариации которых будут со-
ддерживать и величину, определяемую
отклонением центра масс Земли от
барицентра. Например, по радиоло-
кационным измерениям расстояний
до планет было получено отношение
массы Земли к массе Луны, рав-
ное 81,3020.

Запуски космических аппаратов к
Луне и планетам дали принципиально
новый, независимый способ опреде-
ления массы Луны в единицах массы
Земли. В процессе траекторных из-
мерений на основе эффекта Допле-
ра получают скорость движения ап-
парата относительно Земли. А для
того, чтобы вычислить положение ап-
парата в пространстве, необходимо
учесть собственную скорость движе-
ния Земли, в том числе и скорость
движения земного центра относитель-
но барицентра. Выделение этого по-
следнего компонента в результате
совместной обработки траекторных
и астрономических данных позволяет
оценить относительную массу Луны.
Подобные определения проводились
неоднократно во время полетов ап-
паратов, уходивших в дальний космос
(«Венера», «Пионер», «Маринер»), и
к Луне («Рейнджер», «Сервейер»,
«Лунар Орбитер»).

По возмущениям траекторий кос-
мических аппаратов, движущихся в
сфере притяжения Луны, можно
найти величину произведения по-
стоянной тяготения ($G=6,672 \cdot 10^{-23}$
 $\text{км}^3/\text{с}^2 \cdot \text{г}$) на лунную массу, а
затем вычислить и массу Луны.

Были получены следующие отно-
шения массы Земли (M_E) к массе Лу-
ны (M_L) и величины произведения
постоянной тяготения на массу Луны:

$$M_E/M_L \quad GM_L \quad (\text{км}^3/\text{с}^2)$$

«Венера»	81,3018	4902,72
«Пионер»	81,3014	4902,75
«Маринер»	81,3008	—
«Рейнджер»	81,3034	4902,63
«Сервейер»	81,3034	4902,64
«Лунар Орбитер»	81,3030	4902,73

Как видим, средние величины отно-
шения масс Земли и Луны, выведен-
ные независимо из наблюдений за
движением разных аппаратов, весь-
ма близки, что показывает надеж-
ность полученного значения. В ка-
честве эфемеридной величины Меж-
дународным астрономическим сою-

зом принято значение 81,3008 для
системы астрономических постоян-
ных (1976 г.). Эта величина соответ-
ствует среднему значению большой
полуоси эллипса барицентрической
орбиты центра масс Земли, равной
4670 км, то есть барицентр распо-
ложен внутри земного шара. При мас-
се Земли $5,974 \cdot 10^{27}$ г масса Луны
составляет $7,345 \cdot 10^{25}$ г.

ЛУННЫЕ НЕДРА

Современные сведения о внутрен-
нем строении Луны получены в ре-
зультате исследований гравитацион-
ного поля, сейсмичности и теплового
потока из недр.

Общее представление о неравно-
мерности распределения масс в теле
лунного шара дали наблюдения за
эволюцией орбиты первого искусст-
венного спутника Луны — автоматиче-
ской станции «Луна-10». Поверхности
равных потенциалов, моделирующие
гравитационное поле Луны, отлича-
лись от сферы («Земля и Вселен-
ная», № 5, 1973, с. 34—39.—Ред.).
Более детальные сведения, получен-
ные во время облета Луны космиче-
скими аппаратами серии «Лунар Ор-
битер», привели к обнаружению под-
поверхностных избыточных масс —
масконов («Земля и Вселенная», № 3,
1970, с. 22—28.—Ред.). Селенографи-
ческое положение масконов совпадает
с круговыми морями, имеющими,
вероятно, ударную природу. Одной
из возможных причин возникновения
масконов считается проникновение
более плотного вещества недр в по-
верхностные слои лунного шара. Тог-
да темные породы морей могут ока-
заться поверхностным аналогом ма-
териала, создающего избыток масс
в глубине под круглыми морями. По-
строить вертикальный разрез Луны и
уточнить возможное происхождение
масконов позволили сейсмические
исследования.

Около 3000 лунотрясений регист-
рировали в год сейсмометры, остав-
ленные на Луне экспедициями «Апол-
лонов» («Земля и Вселенная», № 4,
1978, с. 40—41.—Ред.). По земным
меркам энергия лунотрясений весь-
ма мала. Полная величина энергии,
освобождающейся во время луно-



трясений, составляет лишь десяти-
миллиардную часть всей энергии
землетрясений на нашей планете.
Очаги лунотрясений находятся на
глубине 600—800 км. Анализ распро-
странения в теле Луны сейсмических
волн, приходящих из глубины или
возникающих от ударов метеоритов,
помог понять строение лунных недр.
Самый верхний слой — кора имеет
среднюю мощность около 60 км на
видимой стороне и около 100 км —
на обратной стороне Луны. Этим ве-
роятнее всего можно объяснить рас-
положение морей в пределах лишь
обращенного к Земле полушария.
Под корой залегает мантия, плотность
которой близка к средней плотности
Луны. Вещество мантии простирает-
ся, по-видимому, до глубин 800—
1000 км.

Центральная область лунного шара,
возможно, частично расплавленная.
Температура лунного ядра оценива-
ется примерно в 1500 °С. Вблизи гра-
ницы мантии и центральной области
находятся очаги лунотрясений.

Тепловой поток из недр Луны из-
мерялся во время экспедиций «Апол-
лона-15 и -17». Величина потока со-
ставляет около $1/3$ теплового потока,
поступающего из недр Земли.

АТМОСФЕРА, КОТОРОЙ НЕТ

Поскольку масса Луны мала, газо-
вая оболочка вокруг нее должна
быть сильно разреженной, практиче-
ски отсутствующей. К такому же вы-
воду приводят оптические и радиоас-
трономические наблюдения с Земли.

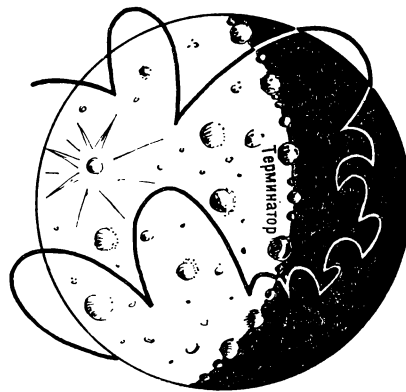
Исследования лунной атмосферы с
околорунной орбиты и непосредст-
венно на поверхности конкретизиру-

вали наши представления о газовой оболочке Луны. Оказалось, что основные ее компоненты — водород, гелий, неон и аргон. Наибольшая плотность лунной атмосферы наблюдается в ночное время и соответствует (в пересчете на плотность у поверхности) суммарной концентрации ионов газов около $2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. В дневное время лунных суток концентрация газов падает до 10^4 см^{-3} в пересчете на плотность у поверхности. Эта величина составляет всего лишь 10^{-13} концентрации молекул газов в земной атмосфере, но все же на три-четыре порядка больше концентрации частиц в солнечном ветре на расстоянии Земли от Солнца. Особенно интересны суточные вариации концентрации основных компонентов лунной атмосферы.

	День	Ночь
Водород	$6 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^4$
Гелий	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^4$
Неон-20	$4 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^4$
Аргон-40	$8 \cdot 10^3$ (зах.)	10^2
	$4 \cdot 10^4$ (восх.)	

Здесь представлены данные по молекулярному водороду, поскольку атомарного водорода в лунной атмосфере гораздо меньше. Кроме аргона-40 были отмечены также ионы аргона-36, максимальная концентрация которых достигает $3 \cdot 10^3 \text{ см}^{-3}$, а суточные вариации имеют такой же характер, как и у аргона-40. Ионы «тяжелого» газа аргона в наибольшем количестве появляются перед восходом Солнца. Второй «всплеск» их концентрации наблюдается в момент захода Солнца. В течение ночи содержание аргона резко падает.

Если подсчитать длину свободного пробега атомов и молекул в лунной атмосфере, то окажется, что ночью эта величина почти в 10 раз, а днем более чем в 100 раз превышает лунный радиус. Следовательно, взаимные столкновения частиц не влияют на их траекторию в атмосфере и можно рассматривать идеальный случай движения частицы в гравитационном поле Луны, начальная скорость которого задается тепловым движением. Если скорость теплового движения (на Луне определяется температурой нагрева поверхности) не превышает критическую — $2,38 \text{ км/с}$,



но больше первой космической для Луны — $1,68 \text{ км/с}$, то частица движется по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой находится центр Луны.

Расчеты показывают, что днем атомы водорода свободно диссипируют в окружающее пространство. Орбиты, по которым движутся ионы гелия, неона и аргона, таковы, что частицы возвращаются на лунную поверхность и снова начинают цикл движения. На ночной стороне, где температура лунной поверхности низкая, частицы газов «разгоняются» слабо и даже атомы водорода перемещаются по траекториям, возвращающим их назад, к поверхности. А расстояние от начальной точки движения до точки, в которой частица опять встречается с поверхностью, для других газов сокращается в несколько раз по сравнению с «дневным». Таким образом, залететь с дневной стороны на ночную частице газа в несколько раз проще, чем пересечь терминатор в обратном направлении. Этим качественно и определяется более высокая ночная концентрация ионов в лунной атмосфере. Особенности суточных вариаций содержания аргона объясняются рамках этой же схемы. В условиях низких ночных температур «тяжелый» газ становится совсем

■ *Движение гипотетической молекулы газа в атмосфере на дневной и ночной стороне Луны*

«неподвижным» и адсорбируется породами поверхностного слоя Луны. В момент восхода Солнца к увеличенной концентрации ионов за счет их миграции через терминатор с дневной стороны присоединяется еще волна частиц, освободившихся в результате нагрева поверхности.

Наиболее вероятный источник газов лунной атмосферы, которую правильнее называть экзосферой, — солнечный ветер и дегазация самой Луны.

СТРОЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

Один из признаков, по которому выявляются планетарные структуры на поверхности лунного шара, — отражательная способность (альbedo) покровного вещества. Исследованием этой характеристики Луны занимались несколько поколений астрономов. Привлечение космических съемок позволило усовершенствовать методику определения альbedo и расширить область измерений на Луне. В настоящее время распределение альbedo по лунной поверхности с разрешением $50\text{—}70 \text{ км}$ известно для 80% территории.

Наиболее темный поверхностный материал занимает области морей. Границащие с морями участки материка и отдельные материковые области в западном полушарии (на обратной стороне Луны) сложены породами, примерно в 1,5 раза более светлыми, чем вещество морей. Породы, которые покрывают большую часть материков Луны, как на видимой, так и на обратной стороне, почти в 2 раза светлее морских. Еще более светлое материковое вещество распространено в отдельных областях восточного полушария и частично на южном материке в пределах видимого полушария.

Изучение характера отражения света различными лунными породами показывает, что их альbedo, по-видимому, в значительной степени определяется химическим составом.

Прямыми методами непосредственно на поверхности Луны и с доставкой образцов на Землю исследовано 18 участков, расположенных в пределах обращенного к Земле

полушария. Для 15 из них известен (с различной подробностью) химический состав покровного вещества.

Сведения о химическом составе 30% поверхности Луны (включая области видимого и обратного полушарий) получены с помощью орбитальной съемки в рентгеновском диапазоне длин волн. По разрешению на местности эти данные сопоставимы с результатами определения в глобальном масштабе альbedo поверхности Луны. Сравнение альbedo и относительного содержания в породах алюминия и магния показало, что выделенные по отражательной способности виды покровного вещества в среднем соответствуют четырем основным типам лунных пород — морским базальтам, норитам, анортозитовым габбро и габбровым анортозитам («Земля и Вселенная», № 3, 1970, с. 3—11.— Ред.).

За пределами исследованного диапазона альbedo оказалась отражательная способность самых светлых пород — анортозитов. Но эти породы занимают лишь небольшую часть поверхности (около 6%). Распространение других пород (по данным измерения альbedo) приведено в таблице.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД НА ЛУНЕ И ИХ АЛЬБЕДО

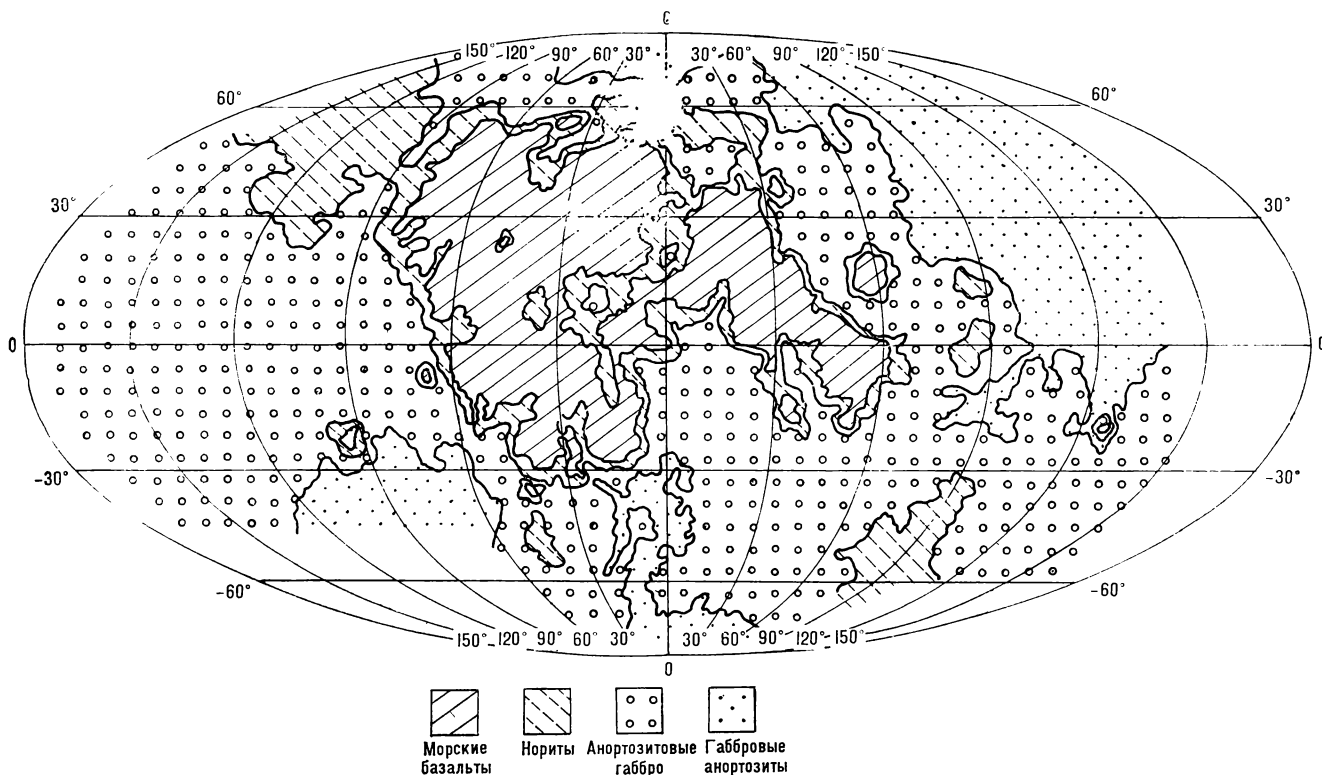
Породы	Альbedo, %	Общая площадь, %
Морские базальты	менее 8	16
Нориты	8—10	11
Анортозитовые габбро	10—16	54
Габбровые анортозиты	более 16	19



Определения абсолютного возраста образцов отдельных типов лунных пород позволяют установить приблизительную шкалу времени формиро-

вания глобальных регионов Луны. Наиболее старые породы, обнаруженные на Луне, имеют возраст кристаллизации несколько больший 4,4 млрд. лет. Полагают, что первичная лунная кора образовалась около 4,43 млрд. лет назад. Возраст многих образцов материкового вещества (включая и породы типа норитов) колеблется в пределах 3,9—4,0 млрд. лет. Морские базальты «моложе» — от 3,2 до 3,7 млрд. лет. Вероятно,

■ Снимок района Моря Восточного, подвергнутый фотометрической обработке. Выделены области с различной отражательной способностью, отождествляемые с различными потоками лавы, заполнившей море



около 3 млрд. лет тому назад интенсивные эндогенные процессы на Луне прекратились и дальнейшее формирование поверхности шло под влиянием внешних факторов — выпадения метеоритного вещества. Определение времени пребывания на поверхности (экспозиционный возраст) выбросов из некоторых относительно молодых кратеров, имеющих четкие лучевые системы, позволяет установить шкалу последующей истории Луны. Например, если считать, что норитовые стекла, обнаруженные в районе посадки «Аполлона-12», принадлежат веществу светлых лучей кратера Коперник, как полагают исследователи этих образцов, то возраст одного из наиболее крупных лучевых кратеров должен составлять около миллиарда лет. Время образования исследованных кратеров малых размеров колеблется от нескольких миллионов до нескольких десятков миллионов лет.

Приняв за признак распространенности пород альbedo, можно построить предварительную физиографиче-

скую схему всей лунной поверхности. Основная особенность такой схемы — плавный переход (в масштабах лунного шара в целом) от районов залегания молодых пород к районам распространения более старых. Морские базальты находятся в окружении норитов, не соприкасаясь непосредственно с анортозитовыми габбро. Нориты также располагаются «внутри» анортозитовых габбро, отделенные поясом этих пород от габбровых анортозитов. Подмечена еще одна особенность: темные породы лежат на более низких высотных уровнях. Создается впечатление, что в глобальных масштабах лунного шара мы встречаемся с многослойным последовательным наложением пород, образовавшихся в разное время.

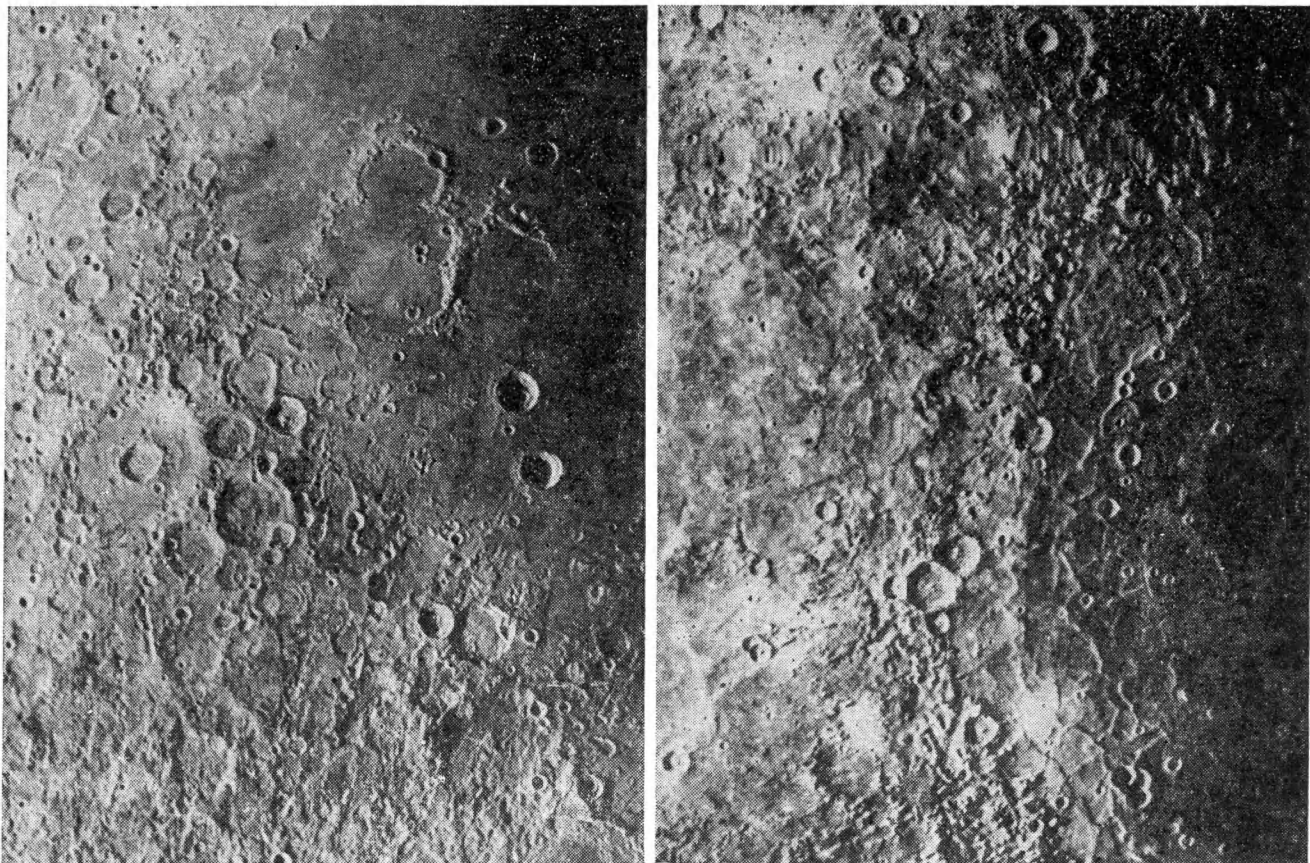
При детальном обследовании, конечно, целостность приведенной мо-

■ *Схема распространенности лунных пород (учитывалась связь отражательной способности с химическим составом лунного вещества)*

дели нарушается. На поверхности могут соседствовать рядом участки самых разных сочетаний лунных пород. Но в этом случае следует искать иную причину. Подобное смешение вещества происходит в результате его разбрасывания при ударно-взрывных процессах, вызванных падением метеоритных тел.

ЛУНА И ДРУГИЕ ТЕЛА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

За два десятилетия полетов к другим телам Солнечной системы космические аппараты передали дополнительную информацию о планетах и спутниках, поверхность и строение которых имеют сходство с естественным спутником Земли. Это обстоятельство стимулирует направление исследований Луны сравнительно с другими спутниками планет. К ним прежде всего можно отнести галилеевы спутники Юпитера, спутник Сатурна — Титан и спутник Нептуна — Тритон, масса которых мало отличается от лунной. По некоторым харак-



теристикам Луну можно сопоставлять с Меркурием и Марсом. Хотя масса Меркурия в 4,5 раза превышает лунную и критическая скорость для Меркурия почти в 2 раза больше, близость планеты к Солнцу обуславливает более высокую дневную температуру и, следовательно, большие скорости теплового движения молекул газа. Поэтому на Меркурии, как и на Луне, практически отсутствует атмосфера, в результате чего на поверхности планеты преобладают ударные, кратерные формы рельефа. Ландшафты Меркурия и Луны удивительно схожи.

Критическая скорость для одного из спутников Юпитера — Ио почти совпадает с лунной. Однако из-за низкой дневной температуры поверхности Ио (около 130 К) газы за счет теплового движения диссипируют весьма медленно. Поэтому Ио окру-

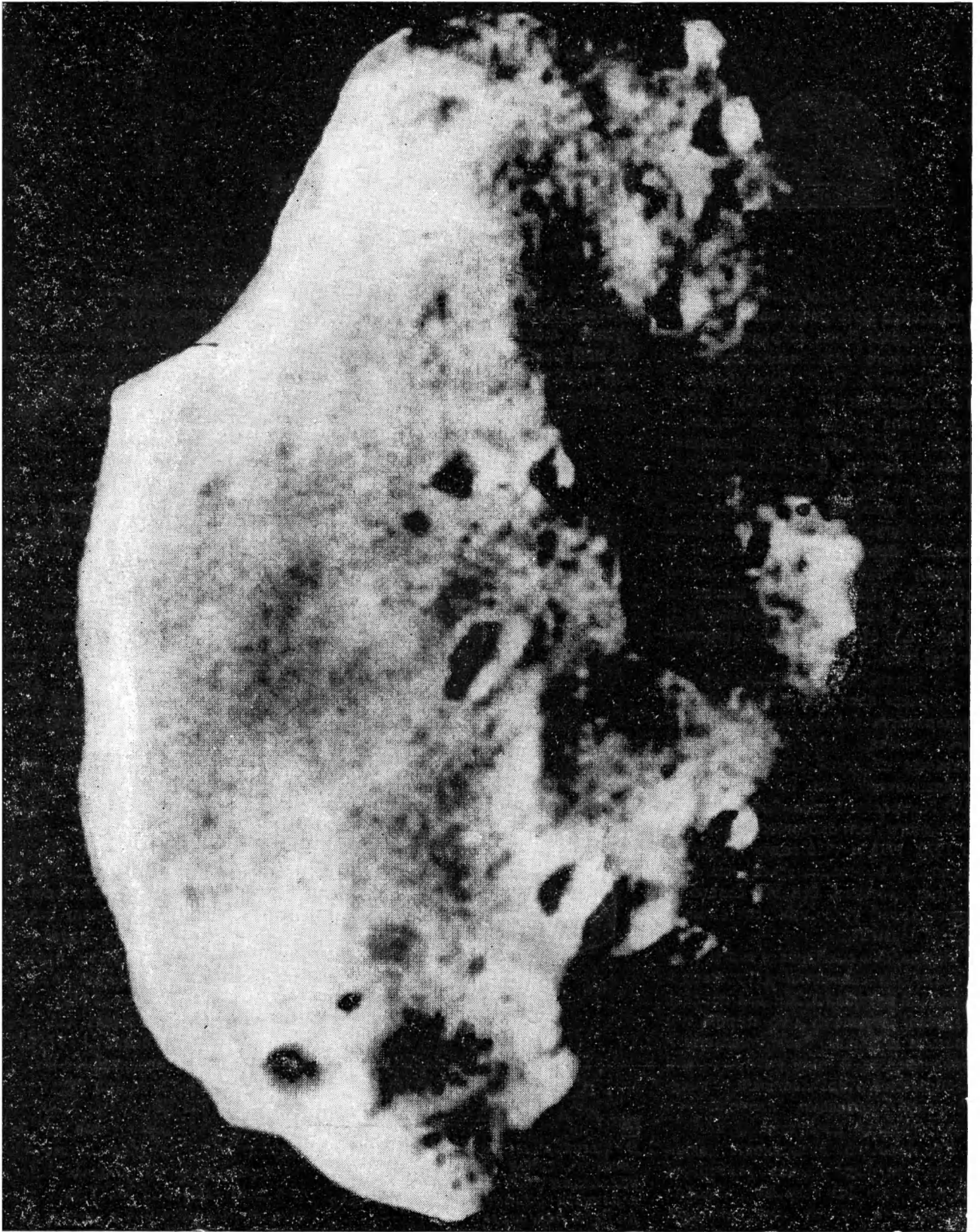
жена атмосферой, плотность которой, как полагают, всего лишь в 10^4 раз меньше плотности земной атмосферы.

Существует предположение, что высокая средняя плотность вещества планет земного типа может объясняться наличием металлического ядра — конечного продукта процесса дифференциации. Примером спутника с более высокой средней плотностью, чем Луна, может служить Тритон. Небольшое различие плотности поверхностных кристаллических пород и средней плотности Луны согласуется с предположением о том, что лунные недра не достигли металлической фазы. Возможно, по внутреннему строению к Луне близки Ио и Европа, средняя плотность которых почти совпадает с лунной. В то же время сравнение средней плотности Луны и других галилеевых

спутников Юпитера — Ганимеда и Каллисто — показывает резкое отличие внутреннего строения этих спутников от лунного типа, так как их средняя плотность в 2 раза меньше лунной.

Накопленный за два десятилетия космических исследований Луны научный материал еще не до конца обработан и проанализирован. Дальнейшие исследования могут еще преподнести нам неожиданные результаты.

■ *Снимки участков поверхности Луны (слева), Меркурия (справа) и спутника Марса — Фобоса (см. на следующей странице), полученные космическими аппаратами с близкого расстояния*





Кандидат физико-математических наук
Ж. Ф. РОДИОНОВА

Новая карта Луны

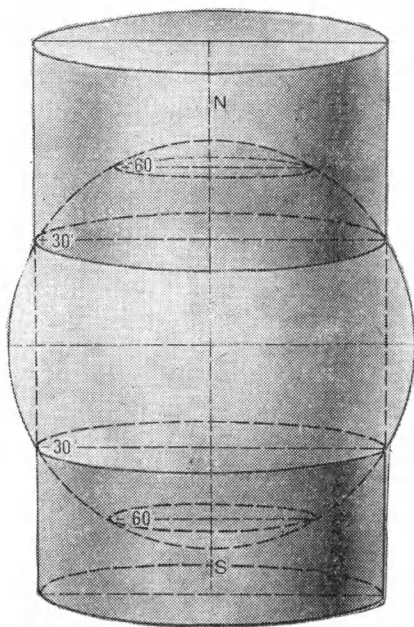
В 1965 году, когда было завершено глобальное фотографирование обратной стороны Луны, сотрудники Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга и Топогеодезической службы СССР приступили к составлению первой в мире полной карты Луны. Возглавил работу доктор физико-математических наук Юрий Наумович Липский. К этому времени под руководством Ю. Н. Липского уже были созданы «Атлас обратной стороны Луны» и лунный глобус. Первое издание «Полной карты Луны» вышло в 1967 году («Земля и Вселенная», № 1, 1968, с. 63—66.—Ред.), второе — в 1969 году.

За девять лет, прошедших с тех пор, были получены снимки лунной поверхности с большим разрешением, уточнены координаты деталей рельефа обратной стороны Луны и либрационных зон. На XIV, XV и XVI Генеральных ассамблеях Международного астрономического союза в 1970, 1973 и 1976 годах пересматривались и утверждались названия лунных кратеров. Все это советские картографы учли при составлении новой карты Луны.

Проекция и компоновка карты, разработанные совместно с Топогеодезической службой СССР для первого издания, сохранены и во втором, и в третьем изданиях. Экваториальные и прилегающие к ним районы Луны изображены в произвольной цилиндрической проекции, полярные — в равноугольной азимутальной.

Как известно, поверхность эллипсоида или шара нельзя развернуть на плоскости без разрывов, подобно поверхности конуса или цилиндра.

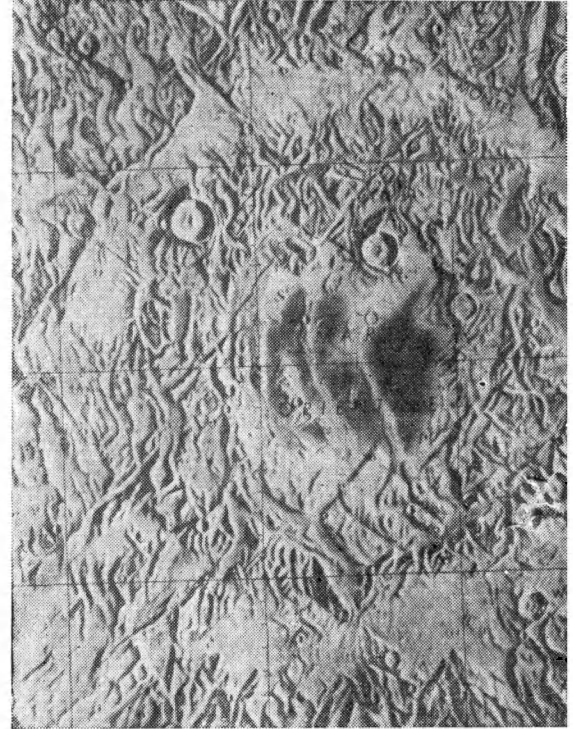
В 1979 году выходит в свет третье издание «Полной карты Луны» масштаба 1 : 5 000 000. На ней изображено 99,6% лунной поверхности. Белое пятно осталось лишь вблизи Южного полюса Луны.



■ *В цилиндрической проекции приэкваториальная область между параллелями $\pm 60^\circ$ изображается на поверхности цилиндра, секущего шар по двум параллелям $\pm 30^\circ$*

Чтобы изобразить поверхность эллипсоида на плоскости, прибегают к картографическим проекциям, которые устанавливают аналитическую зависимость между географическими (или иными) координатами точек эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости. Проекция бывает равноугольные, равновеликие и произвольные. **Равноугольные проекции** передают величину углов без искажений, но искажают длины линий и площади. В **равновеликих проекциях** сохраняются площади, однако нарушается подобие фигур. **Произвольные проекции** — промежуточные между равноугольными и равновеликими. Можно так подобрать проекцию, чтобы искажения углов и площадей были минимальными. Если вспомогательной поверхностью для проектирования меридианов и параллелей выбрать боковую поверхность цилиндра, то такие проекции будут называться цилиндрическими.

86% поверхности Луны (между параллелями $\pm 60^\circ$) изображено в **произвольной цилиндрической проекции**, причем цилиндр пересекает поверхность лунной сферы по параллелям $\pm 30^\circ$. На этих стандартных параллелях сохраняется главный масштаб 1 : 5 000 000 (в 1 см — 50 км) карты. На граничных параллелях $\pm 60^\circ$ масштаб составляет около 1 : 3 000 000, то есть длины увеличиваются на 60%. Масштаб вдоль экватора равен примерно 1 : 6 000 000 (длины укорочены на 20%). Искажения углов не превышают $\pm 5^\circ$ в пределах широт $\pm 50^\circ$. На параллелях $\pm 60^\circ$ угловые искажения достигают $\pm 13^\circ 44'$. Таким образом, форма кратеров в южном и се-



теров). Особое внимание при составлении карты обращали на очертания кратеров. Самые молодые из них выглядят на снимках очень четкими, с резко очерченными гребнями, и хорошо заметны на поверхности. Такими они показаны и на карте. Старые же кратеры нередко имеют размытые очертания. Они часто бывают усыпаны более молодыми мелкими кратерами. Валы старых кратеров в среднем немного ниже, и глубина их меньше, чем таких же по размерам, но более молодых кратеров. На карту нанесены все лунные кратеры, диаметр которых пре-



Море Восточное, расположенное на границе видимого и обратного полушарий Луны. Слева — его изображение на старой (вверху) и новой советских картах, справа — на американской карте. На новой советской карте четко выделены многие детали структуры Моря Восточного

ратной стороны Луны, изданных в США, не изображены лучевые системы, Море Мирное и другие участки с различным альбедо, и в то же время довольно часто темное дно кратеров на картах в действительности оказывается светлым. Правильное отображение альбедо лунной поверхности обогащает карту, поскольку оно дает предварительное указание типа пород, которые распространены в том или другом районе.

Для «Полной карты Луны» использованы новые списки наименований, утвержденные Международным астрономическим союзом. Особую сложность представляла транскрипция наименований. Сотрудники Государственного астрономического института имени П. К. Штернберга, библиографического отдела Московского государственного университета и Большой советской энциклопедии составили каталог собственных назва-

ний деталей лунного рельефа на русском и латинском языках. Эти наименования нанесены на карту.

Третье издание «Полной карты Луны» предназначено для широкого круга специалистов и любителей астрономии. Проекция карты позволяет наносить на нее траектории искусственных спутников Луны и космических кораблей. По карте можно выполнять необходимые измерения с точностью, определяемой масштабом.

Новая карта выходит в свет после смерти ее научного руководителя Ю. Н. Липского (1909—1978). Однако большая часть работы проделана при его участии. Он успел просмотреть и подписать в печать издательские оригиналы. «Полная карта Луны» — своеобразный памятник Юрию Наумовичу Липскому — будет служить долгие годы многим исследователям Луны.

восходит 5 км, а в морских районах — и более мелкие; отображены индивидуальные особенности свыше 5000 кратеров диаметром более 25 км.

Следует отметить, что, в отличие от американских карт Луны масштаб 1 : 5 000 000, на нашей карте можно выделить районы с разной отражательной способностью (альбедо) поверхностного слоя. На картах об-



КАК ОБРАЗОВАЛСЯ КРАТЕР ДЖОРДАНО БРУНО?

В хрониках Гервасия Кентерберийского записано, что вечером 18 июня 1178 года (по Юлианскому календарю) несколько уважаемых граждан видели, как от узкого серпа молодой Луны отщепился верхний рог и из щели вырвался пылающий факел. Почти 800 лет спустя, в 1976 году, Дж. Гартунг («Meteoritics», 11, 1976) высказал предположение, что отщепление конца серпа было связано с образованием кратера Джордано Бруно, расположенного на невидимом с Земли полушарии Луны (его

координаты: 103° в. д. и 36° с. ш.). Этот молодой 20-километровый кратер обладает едва ли не самой развитой на Луне системой лучей. Один из них пересекает место посадки автоматической станции «Луна-24» в 1200 км от кратера.

По мнению Гартунга, при падении метеоритного тела, создавшего кратер, произошел выброс вещества, сгустки которого отбрасывали тень на освещенный серп Луны, как бы «расщепляя» его.

Недавно французские исследователи О. Калам и И. Мульхолланд («Science», 199, 331, 1978) провели количественные оценки, подтверждающие правомерность гипотезы Гартунга. Они показали, что траектории выбросов должны были проходить на значительной высоте над поверхностью Луны. При наблюдениях с Земли их максимальное угловое расстояние от лунной поверхности могло в 10 раз превышать ширину освещенного серпа (угловой поперечник серпа на экваторе составлял 52"). Если сгустки вещества были достаточно плотными, зрелище могло быть поистине изумительным.

Французские исследователи оценили также угловой момент, который должен был передан Луне во время образования 20-километрового

метеоритного кратера. Так как Луна не обладает сферической симметрией, удар метеорита должен был вызвать свободные либрации — периодические колебания Луны относительно положений, определяемого гравитационными силами. В этом движении принято выделять три компонента: свободную либрацию по долготе (период около трех лет), прецессию оси вращения в пространстве (период 27,3 суток) и свободную прецессию оси фигуры относительно оси вращения (период 75 лет). Угловой момент, переданный Луне при образовании кратера Джордано Бруно, заключен в пределах $1,1 \cdot 10^{19} - 2,2 \cdot 10^{20} \text{ г} \cdot \text{км}^2/\text{с}$. Ему отвечают амплитуды компонентов свободной либрации: 0,2"–4,6", меньше 0,14" и меньше 0,2", соответственно.

По лазерным измерениям расстояний до отражателей на поверхности Луны, проведенным за последние три года, Калам и Мульхолланду удалось определить свободную либрацию по долготе. Ее амплитуда оказалась равной 1,8", что согласуется с приведенными выше оценками.

Калам и Мульхолланд не утверждают, что их расчеты доказывают правильность гипотезы Гартунга. Однако, как следует из этих расчетов, образование большого кратера



можно не только наблюдать визу-
ально, с его появлением связаны ди-
намические эффекты, которые сей-
час могут быть измерены.

Кандидат физико-математических наук
Г. А. ЛЕЙКИН

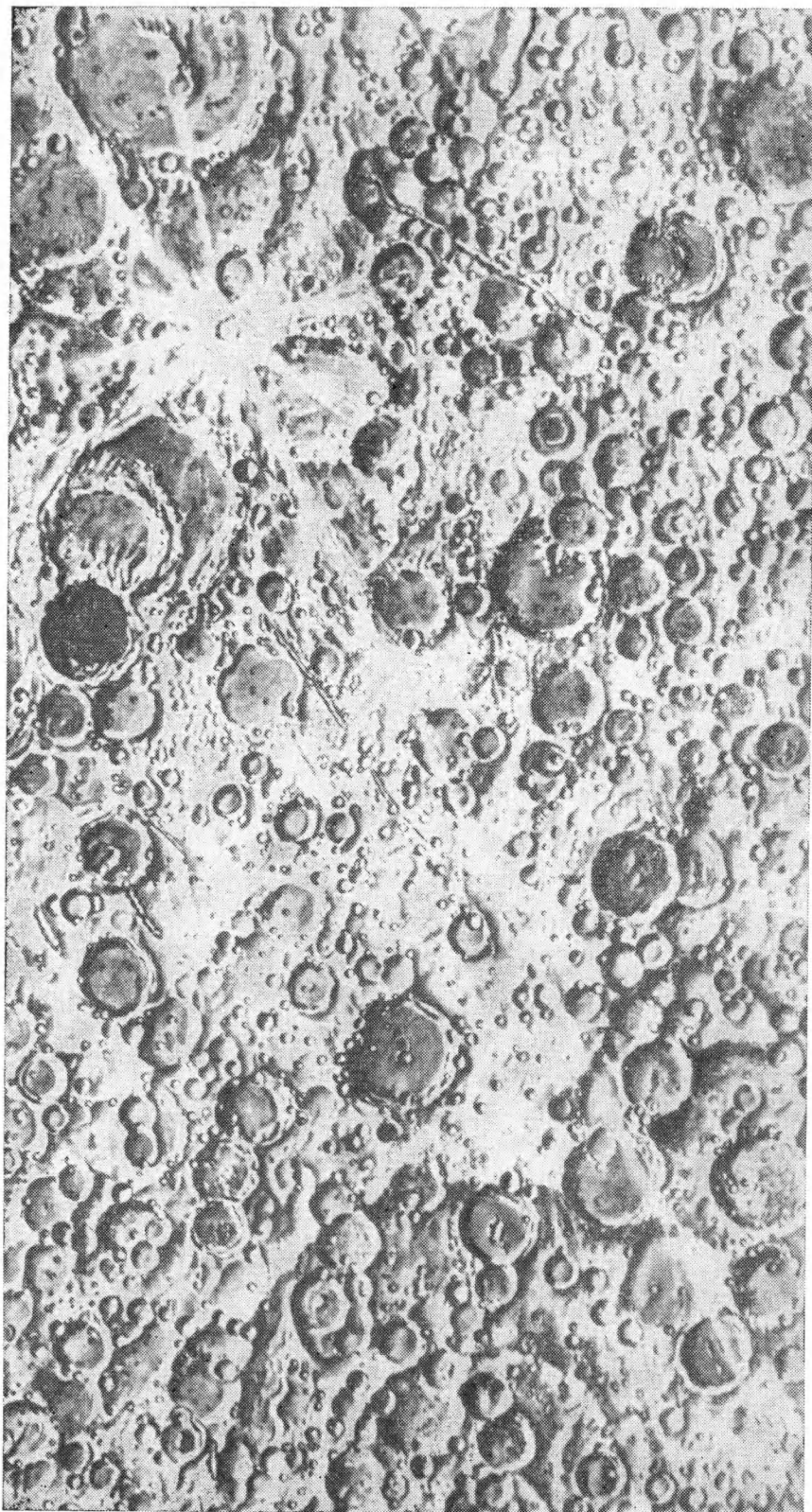


«Земля и Вселенная» поздравляет «Звездное небо»

Осенью 1978 года исполнилось 20 лет научно-популярному журналу Радиоастрофизической обсерватории АН ЛатвССР «Zvaigžņotā debess» («Звездное небо»). Журнал выходит 4 раза в год, выпуски называются, соответственно, «Зима», «Весна», «Лето» и «Осень».

За истекшие 20 лет в астрономии сделаны многие фундаментальные открытия. Были обнаружены квазары, реликтовое излучение и пульсары. Зародились новые отрасли астрономии — такие, как ультрафиолетовая, инфракрасная, рентгеновская и гамма-астрономия. Их достижения не только уточнили, но порой полностью изменили многие наши представления о космических объектах и Вселенной в целом. Широкое развитие как у нас, так и за рубежом получили исследования по релятивистской астрофизике, позволившие по-новому взглянуть на процессы

■
*Кратер Джордано Бруно с обширной
лучевой системой. Фрагмент советской
«Полной карты Луны» масштаба
1 : 5 000 000*



возникновения и эволюции звезд, галактик, Метагалактики. Все эти успехи современной астрономии нашли отражение в обзорных статьях и заметках, опубликованных в журнале «Звездное небо».

Много внимания журнал уделяет пропаганде работ латышских астрономов. В нем подробно рассказывается о съездах, конференциях и совещаниях, в которых участвуют латышские астрономы.

Один из разделов журнала посвящен изучению космического пространства. Запуски искусственных спутников Земли и автоматических межпланетных станций, полеты космонавтов, результаты научных исследований планет космическими аппаратами — обо всем этом можно прочитать на страницах «Звездного неба».

Однако современные достижения астрономии были бы невозможны без того фундамента, который заложили предыдущие поколения исследователей. Поэтому журнал часто публикует статьи по истории астрономии и, особенно, истории астрономических исследований в Латвии. Увидели свет многие оригинальные исторические исследования, а также материалы об ученых, работавших в Латвии, и о латышских пропагандистах астрономических знаний.

В последние годы на страницах «Звездного неба» открылся специальный раздел «Астрономия в школе», где систематически освещаются вопросы школьного курса астрономии. Публикуются в основном статьи методического характера, а также заметки, рассказывающие о школьных олимпиадах и о том, как получить астрономическое образование.

Каждый номер журнала завершается подробным обзором звездного неба и тех явлений, которые можно наблюдать в соответствующий период. Авторы и редакционная коллегия «Звездного неба» работают на общественных началах.

На Всесоюзных конкурсах на лучшие произведения научно-популярной литературы в 1971 и 1974 годах журнал «Звездное небо» был удостоен дипломов.

«Земля и Вселенная» поздравляет журнал «Звездное небо» с 20-летним юбилеем и желает редколлегии, авторам и всему коллективу Радиоастрофизической обсерватории АН ЛатвССР дальнейших успехов в нелегкой, но очень нужной и полезной работе — пропаганде научных знаний.



Указом Президиума Верховного Совета РСФСР за заслуги в области космической геофизики и астрофизики и в подготовке научных кадров присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки РСФСР доктору физико-математических наук, профессору **Алле Генриховне Масевич** — заместителю председателя Астрономического совета Академии наук СССР.

Редколлегия и читатели журнала «Земля и Вселенная» сердечно поздравляют Аллу Генриховну, желают ей доброго здоровья и больших творческих успехов.





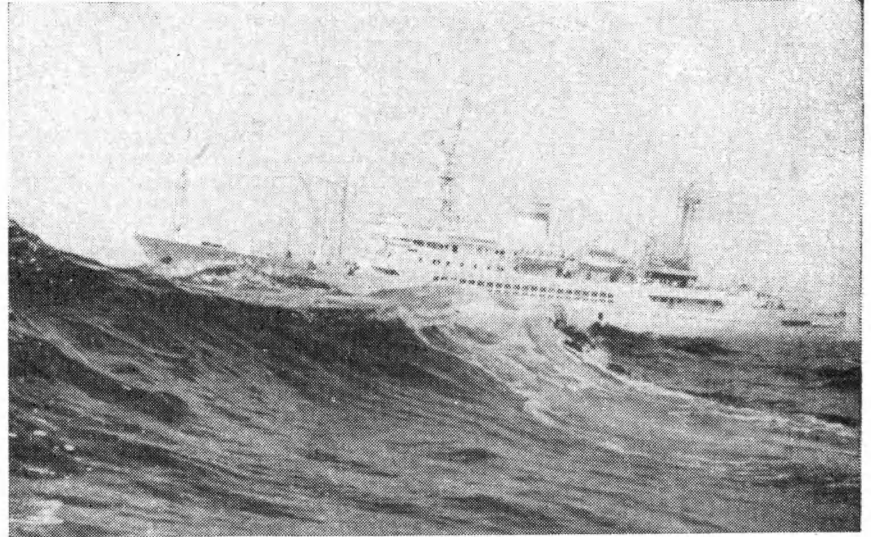
Кандидат географических наук
А. Д. ЯМПОЛЬСКИЙ

Течения в океане

Совместные усилия ученых, исследующих океанические течения, принесли интересные результаты. Теперь известно, что течения — это сложная совокупность разномасштабных вихрей в океане.

ОКЕАН — «КУХНЯ ПОГОДЫ»

Океанические течения — это пульс океана. От них зависит эффективность работы морского флота, объем выловленной рыбы и, самое главное, погода и климат целых континентов. Если роль течений в эффективности морских перевозок более или менее понятна (по течению корабли идут быстрее), то влияние их на погоду и климат далеко не так просто и очевидно. Конечно, благодаря теплоту Северо-Атлантического течения средняя температура января в Осло на 25—30° выше, чем в Магадане, хотя оба эти города расположены примерно на одной и той же широте. Теплые течения — такие, как Гольфстрим или Куроисио, — знаменитый русский климатолог А. И. Воейков назвал «трубами водяного отопления земного шара». Циркулируют в этих «трубах» колоссальные массы воды (только один Гольфстрим переносит ее в десятки раз больше, чем все реки Земли). Вместе с водой переносится и тепло. Достаточно сказать, что тепла, высвободившегося при охлаждении 100-метрового слоя воды всего на одну десятую градуса, может хватить на то, чтобы воздух в этом районе нагрелся на 5—7°.



Однако «погоду делают» не только теплые течения. Океан, испаряясь, отдает тепло атмосфере. На испарение одного грамма воды при 20 °С затрачивается 586 калорий. Но когда образовавшийся водяной пар конденсируется в атмосфере, превращаясь в облака и туманы, он отдает эти калории воздуху. Таким образом, изменение температуры воды в том же Гольфстриме на одну-две десятых градуса может повысить температуру воздуха в прибрежных (да и не только прибрежных) районах Европы более чем на 10 °С («Земля и Вселенная», № 5, 1965, с. 53—56.— Ред.).

Чтобы правильно предсказывать погоду и изменения климата, необходимо, в частности, иметь хорошую математическую модель океанической циркуляции. Математическая мо-

дель океанической циркуляции необходима для решения как теоретических, так и очень важных практических проблем, ибо «нет ничего практичнее, чем хорошая теория».

ТЕЧЕНИЯ — «РЕКИ» В ОКЕАНЕ

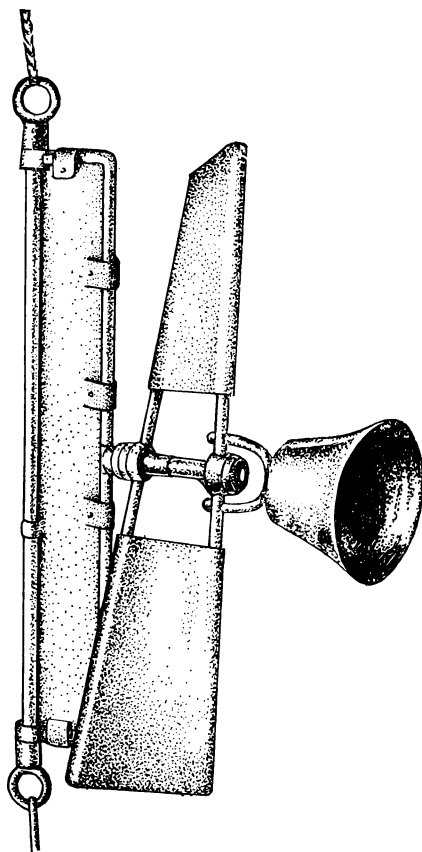
Первые рукописи, где приводятся сведения о течениях в Средиземном и Черном морях, принадлежат древним грекам. По-видимому, с тех пор стали считать, что течения в морях и океанах подобны рекам. Не поколебали это представление и многочисленные находки на побережье — бутылки с вложенными в них записками, стволы деревьев, останки кораблей. Кстати, первую бутылку с запиской, в которой указывались дата и координаты места, где она была выброшена, а также содержа-

лась просьба сообщить время и место ее находки, опустил за борт в 1763 году француз Лагеньер. В следующем веке был установлен своеобразный рекорд дальности и длительности: бутылка с запиской, выпущенная в 1830 году у мыса Горн, была найдена в 1887 году на юго-западном берегу Ирландии. Таким образом, удалось установить начало и конец ее пути. Но какие зигзаги и петли попутно «выписывала» бутылка, узнать было невозможно...

Наблюдения за течениями и ветром были необходимы для судоходства. Вести корабль точно по заданному направлению и знать его местоположение можно лишь тогда, когда известны снос под влиянием течения и ветровой дрейф. Поэтому способы наблюдений океанических течений родились из практики кораблевождения и долго развивались вместе с ней. Первыми «приборами» служили свободно плавающие предметы и, в первую очередь, сами корабли.

Шло время, и были построены специальные приборы. Большой вклад в развитие этого направления океанологии внес в конце прошлого века адмирал С. О. Макаров. Он, в частности, создал прибор для измерения скорости течений. Это был устанавливаемый против течения двухлопастный винт, который спускали с корабля на тросе. На оси винта укреплялся колокол, при каждом обороте винта он звонил. По числу ударов колокола можно было судить о скорости течения.

Когда накопилось много сведений о различных характеристиках течений, возникла любопытная ситуация.



Оказалось, что нанесенные на карту данные измерений очень редко согласовывались с «реками», изображенными по данным «бутылочной почты». Более того, повторные измерения, выполненные в одном и том же месте, но в разное время, часто также не согласовывались.

ТЕЧЕНИЯ — СОВОКУПНОСТЬ ОКЕАНСКИХ ВИХРЕЙ

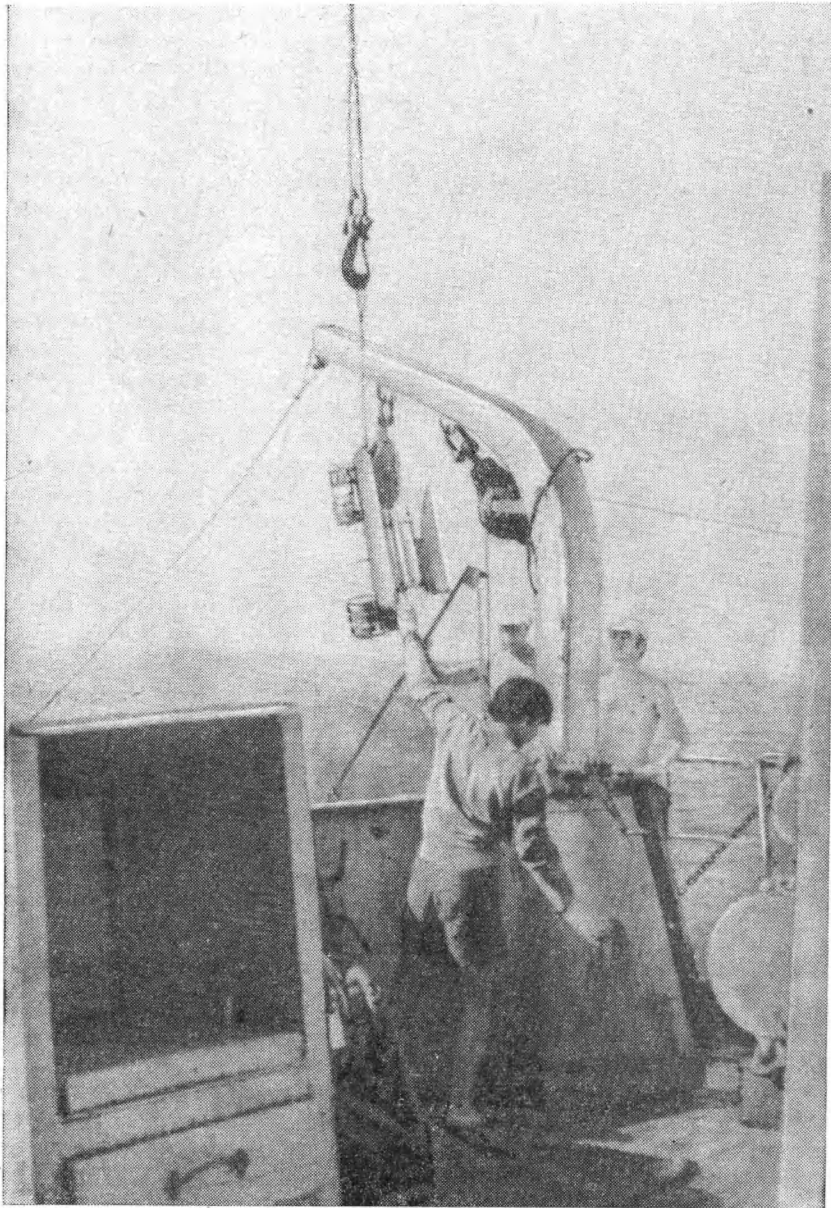
Чтобы разрешить это противоречие, пришлось отказаться от представления о «реках» в океане. Как всякая ломка старых понятий, процесс этот был нелегким и болезненным. (До сих пор на страницах специальных научных журналов, не говоря уже о популярных, иногда встре-

чаются «добрые старые реки» в океане.) И, как следствие этого процесса, возник принципиально новый подход к измерениям течений — появился метод полигонов. Его основателем был выдающийся советский океанолог профессор В. Б. Штокман (в 1935 году он проводил измерения на первом полигоне в Каспийском море). Преимущество метода состоит в том, что на полигоне течения измеряются сразу в нескольких пунктах и длительное время.

В 1970 году в тропической части Северной Атлантики советские океанологи (в большинстве ученики профессора В. Б. Штокмана) приступили к длительным измерениям на большом полигоне. Здесь, вдали от берегов, в открытом океане вдоль линий, образующих крест, поставили 17 автономных буйковых станций. Каждая несла по 10 автоматических самописцев, которые регистрировали течения. Измерения проводили шесть месяцев, а характеристики течений регистрировали каждые полчаса («Земля и Вселенная», № 3, 1971, с. 6—16.—Ред.). Когда обработали результаты наблюдений, то оказалось, что через полигон за это время прошло несколько вихрей с горизонтальными размерами в десятки и сотни километров. Средняя скорость, с которой перемещаются такие вихри, как единое целое, всего несколько сантиметров в секунду. Но зато внутри вихрей скорость воды может достигать 25 см/с. Удалось установить, что существуют вихри с циклоническим (против часовой стрелки) и антициклоническим вращением воды. Заключенная в них энергия может в сотни раз превышать кинетическую энергию течений более крупных масштабов.

Создается впечатление, что океанические течения представляют собой совокупность вихрей различных размеров с некоторым общим направлением перемещения. А если это так, нет ничего удивительного, что измерения, сделанные в одном и том же пункте в разное время, как правило, не согласуются с общей картиной циркуляции вод. Дело в том, что течение можно выразить суммой различных движений. Чтобы лучше

■
Флюктометр С. О. Макарова



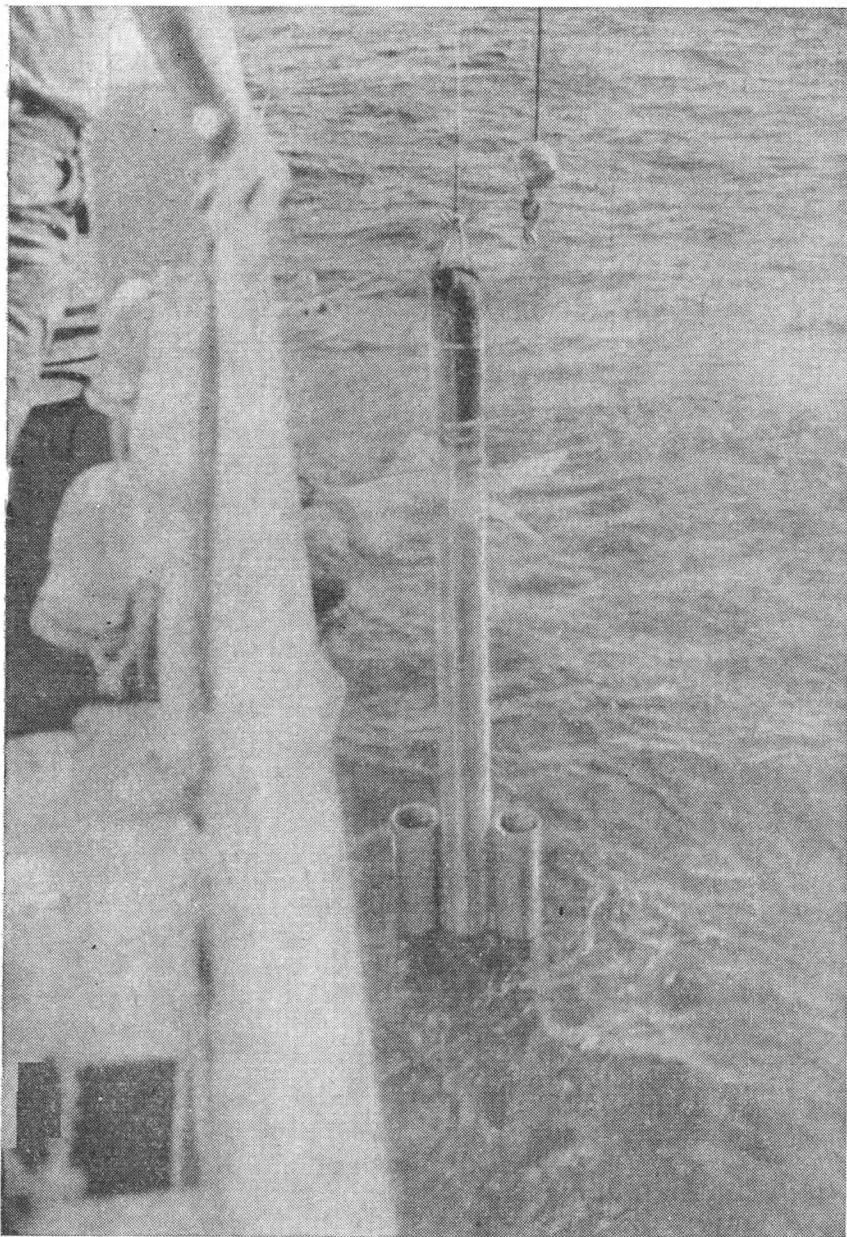
понять это, представим, что бутылка с запиской находится в циклоническом вихре. Тогда, во-первых, она участвует во вращательном движении вод, двигаясь вокруг центральной части вихря против часовой стрелки. Во-вторых, бутылка перемещается вместе с самим вихрем. По-видимому, поступательное движение самого вихря и переносит бутылку к «месту

■ *Самописец для регистрации течений. Он предназначен для длительных измерений на автономной буйковой станции. Сотни таких самописцев работали на советском полигоне в Атлантическом океане в 1970 году*



назначения». Однако, благодаря петлям и зигзагам, которые она «выписывает», существенно увеличивается ее время в пути и, следовательно, заметно уменьшается «полезная» скорость бутылки. Использовать эти данные для построения математических моделей нельзя — наиболее подходит здесь уже упомянутый метод полигонов. Именно для этого он и был создан.

■ *Завершающий этап установки автономной буйковой станции. Пенопластовый буй имеет плавучесть свыше двух тонн. Стальной трос с подвешенными на нем самописцами и тяжелым якорем на дне удерживает буй. Так выполняются длительные измерения течений в одном пункте*



Когда ученые подробно проанализировали данные морских экспериментов, проведенных еще до «Полигона-70», оказалось, что синоптические вихри действительно существуют, только раньше им не придавали должного значения.

В дальнейшем поставили несколько экспериментов в открытом океане с целью исследовать природу и осо-

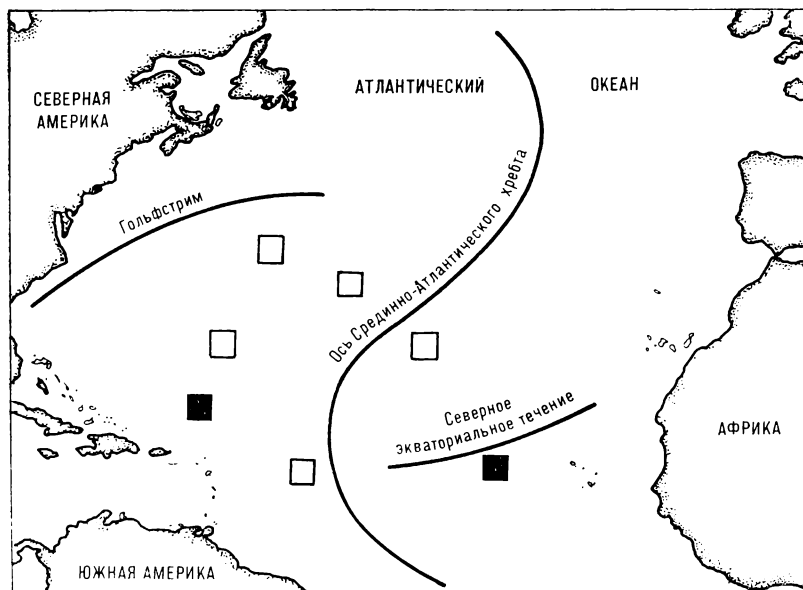
■ *Поплавки нейтральной плавучести представляют собой внушительные сооружения. Если поплавок выходит из района наблюдений, то по сигналу с корабля он всплывает на поверхность океана*

бенности этих вихрей. Среди них был и американский проект МОДЕ (срединно-океанический динамический эксперимент), к которому приступили в 1972 году. Вместе с «Полигоном-70» он положил начало совместным советско-американским исследованиям по программе ПОЛИМОДЕ. Постановка полигонных экспериментов — дело очень трудоемкое и дорогостоящее. Обычно в таких работах бывает занято несколько судов и сотни ученых и моряков. Например, в обеспечении работ «Полигона-70» принимало участие шесть советских исследовательских судов и около тысячи человек.

ПРОЕКТ ПОЛИМОДЕ

Один из важнейших разделов советско-американского соглашения о научном сотрудничестве посвящен исследованиям Мирового океана, в частности, изучению синоптических вихрей. Исследования эти проводились по проекту ПОЛИМОДЕ («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 65—67.— Ред.). Проект предусматривает экспериментальные и теоретические исследования. Тщательно разработанная программа была составлена так, чтобы с минимальными затратами времени и средств получить наиболее полные результаты, которые помогут лучше понять природу синоптических вихрей и оценить их роль в системе океанической циркуляции.

В задачу экспериментальной части программы ПОЛИМОДЕ входило, в частности, изучение скорости течений и плотности воды на небольшой сравнительно площади. Для этого в северо-западной части Атлантического океана был намечен круг радиусом в несколько сот километров и центром вблизи точки с координатами 29° с. ш. и 70° з. д. Когда на совместном заседании Объединенного советско-американского оргкомитета был утвержден этот район работ, кто-то из присутствующих заметил, что работать придется почти в самом центре «зловещего Бермудского треугольника». И хотя шуток было немало, ни у кого не возникла мысль переместить район исследований в другое место.



В выбранном круге северо-западной Атлантики работали 9 автономной буйковых станций, с несколькими измерителями течений на каждой. Систематически измерялась также температура и соленость воды. Эти данные позволяют судить о распределении плотности воды. В работах участвовали советские и американские научно-исследовательские суда. Цикл работ был рассчитан на год. Такие длительные измерения в океане дают возможность изучить характерные особенности отдельных вихрей, проходящих через выбранный район.

Измерения скорости течений и плотности воды помогают установить лишь локальные характеристики отдельных вихрей. Поэтому и соответствующая часть экспериментальной программы ПОЛИМОДЕ была названа **локально-динамическим экспериментом**. Результаты этих измерений не дают от-

■ *Расположение советских и американских полигонов, на которых развернуто исследование по программе ПОЛИМОДЕ. Черные квадраты — районы, где советские океанологи проводят долговременные измерения. Белые квадраты — районы кратковременных исследований, проводимых американскими учеными*

вета на вопрос, как географически распределяются вихри. Несколько лет назад была предложена гипотеза об их «плотной упаковке» в океане. Согласно этой гипотезе, весь океан почти сплошь заполнен вихрями. А как же обстоит дело в действительности? Чтобы ответить на подобные вопросы, в рамках ПОЛИМОДЕ был предусмотрен **статистико-географический эксперимент**. Эту часть программы выполняли буйковые станции, размещенные «кустами» в различных районах Атлантического океана. Каждый «куст» — это несколько автономных буйковых станций с измерителями течений. Расстояние между станциями внутри «куста» выбирается с таким расчетом, чтобы можно было оценить характеристики отдельных вихрей, например, их внутреннюю структуру. За время длительных измерений «кусты» буйковых станций поставляют большой объем информации, а статистическая обработка данных позволяет получить представление о географическом распределении синоптических вихрей и о характеристиках вихревого поля в океане.

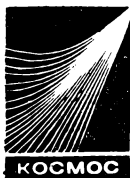
Важная часть экспериментальной программы ПОЛИМОДЕ — исследование течений «поплавками нейтраль-

ной плавучести». Поплавки эти представляют собой довольно внушительные сооружения и рассчитаны на длительное время работы. Уравновешенные на определенной глубине в водной толще, они перемещаются вместе с массами воды и периодически излучают ультразвуковые импульсы, по которым береговые и корабельные приемные станции определяют местоположение поплавков, а следовательно, и характеристики течений на различной глубине. Анализ траекторий таких поплавков (обычно их выпускают сразу несколько) дает очень ценную информацию как в рамках локально-динамического эксперимента, так и для статистико-географических исследований: Поплавковые измерения не обходятся и без курьезов. Однажды поплавок указал на течение, которое с фантастической скоростью пересекло океан в направлении к большому порту. Потом выяснилось, что поплавок выловили рыбаки и отбуксировали на берег.

Теоретическая часть проекта ПОЛИМОДЕ включала анализ системы основных уравнений, описывающих поле синоптических вихрей в океане. Главная цель — построить адекватную математическую модель этого интересного явления. Но для создания такой модели необходимо иметь четкое представление о физическом механизме, вызывающем синоптические вихри, и об их эволюции. В настоящее время существует несколько гипотез, объясняющих, в частности, зарождение вихрей, но ни одна из них пока не превратилась в теорию.

Совместные советско-американские исследования по программе ПОЛИМОДЕ закончились в сентябре 1978 года.*

* Статья о завершении программы ПОЛИМОДЕ будет опубликована в одном из ближайших номеров (Ред.).



Доктор физико-математических наук
Л. М. МУХИН

Эволюция или деятельность «внеземных цивилизаций»?

Прошло около 50 лет с того времени, когда академик А. И. Опарин и несколько позднее английский биолог Дж. Холдейн предложили принципиально новый подход к решению проблемы происхождения жизни на Земле («Земля и Вселенная», № 2, 1967, с. 27—31.— Ред.).

А. И. Опарин и Дж. Холдейн выдвинули гипотезу о постепенной эволюции простых органических соединений, которые образовались на примитивной Земле из газов, составляющих атмосферу, под воздействием различных источников энергии. (Примитивная Земля—это Земля без жизни—такой она была примерно 4 млрд. лет тому назад. То же самое можно сказать и о примитивном океане.) Именно эти соединения послужили основой для возникновения более сложных соединений и организмов. Одно из главных достоинств этой гипотезы—возможность ее экспериментальной проверки.

Теория Опарина—Холдейна стимулировала проведение большого числа экспериментов, иллюстрирующих возможные пути эволюции органических соединений в условиях примитивной Земли. Вплоть до настоящего времени теоретические положения А. И. Опарина и Дж. Холдейна продолжают получать надежные экспериментальные подтверждения. Особый интерес представляют результаты астрономических методов наблюдений, которые свидетельствуют о наличии в космосе предшественников сложных органических молекул.

В решении проблемы происхождения жизни на Земле наиболее существенны два направления. Во-пер-

Как возникла жизнь на Земле? В результате неповторимой «счастливой случайности» или это было закономерное событие?

вых, разработка непротиворечащих планетной космогонии, химии и биологии моделей получения органических соединений искусственным, небиологическим путем и, во-вторых, исследование возникновения и эволюции генетического аппарата.

ГДЕ СИНТЕЗИРОВАЛИСЬ ОРГАНИЧЕСКИЕ МОЛЕКУЛЫ?

Сейчас принято считать, что мономеры—предшественники сложных органических молекул—синтезировались в атмосфере примитивной Земли в основном под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца. Так ли это? Не будет ли ультрафиолетовое излучение их разрушать? Оценим вероятность процесса разрушения органических молекул в атмосфере примитивной Земли с учетом турбулентности атмосферы.

Если предположить, что концентрация озона на примитивной Земле составляла приблизительно 0,01 современной, то поток ультрафиолетового излучения с длиной волны около 3000 Å на поверхности Земли был равен 10^{15} фотонов \cdot см² \cdot с⁻¹, а поток с длиной волны около 1700 Å— $5 \cdot 10^{14}$ фотонов \cdot см² \cdot с⁻¹. Энергия ультрафиолетовой радиации с такими длинами волн—7,3 и 4,13 эВ, соответственно. Однако из органической химии известно, что энергия

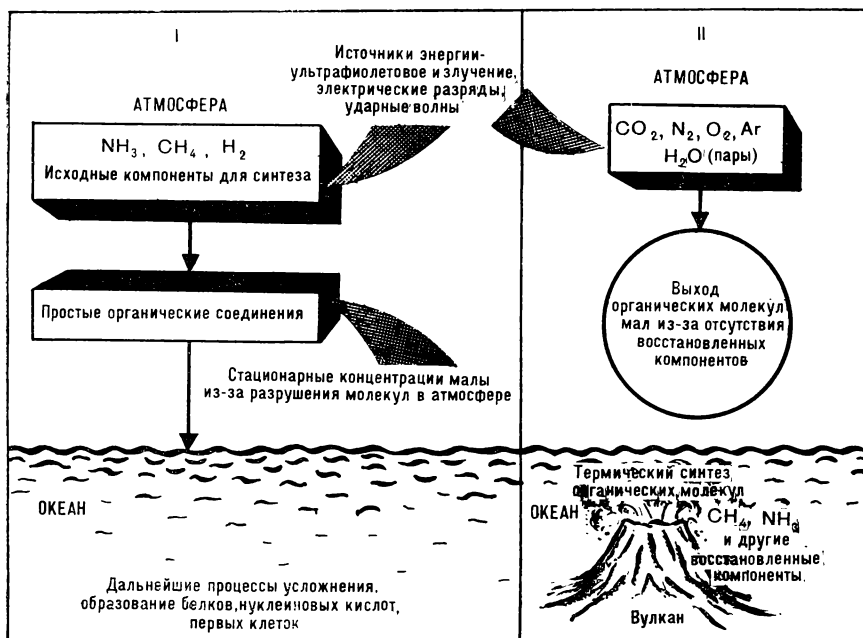
наиболее важных химических связей составляет от 8,4 до 3,6 эВ. Следовательно, ультрафиолетовая радиация Солнца будет разрушать синтезированные органические молекулы. Возьмем, например, достаточно простое органическое соединение—формальдегид. Время жизни этой молекулы в атмосфере (до ее разрушения квантом ультрафиолетового излучения) примерно 10^4 с.

Из слоя атмосферы незначительной толщины (примерно 300 м) образовавшиеся молекулы смогут без разрушения достигать поверхности воды.

Перенос молекулы из более высоких слоев атмосферы в океан из-за турбулентности в атмосфере происходит за $2 \cdot 10^7$ с, так что молекула будет разрушаться прежде, чем достигнет поверхности океана. Из-за сильного перемешивания в верхнем слое океана молекулы будут разрушаться и в океане, но этот процесс менее интенсивен, чем разрушение в атмосфере.

Процесс фотодиссоциации (диссоциация—распад молекул на составные части) понижает концентрацию органических соединений в примитивном океане еще на три порядка. Очевидно, такие разбавленные растворы не могли играть сколько-нибудь серьезной роли в процессах добиологической химии.

Если проанализировать состав газов, выделявшихся при нагревании из древних пород Земли, метеоритов, лунного вещества, то станет ясно, что основные компоненты—это пары воды, углекислый газ, водород, азот и окись углерода. В отсутствие заметных концентраций метана, ам-



миака и водорода синтеза органических молекул в смеси, отвечающей составу первичной атмосферы (H_2O , CO_2 , N_2 , Ar, CO), затруднены в сравнении с синтезами в смесях, содержащих восстановленные компоненты (CH_4 , NH_3 , H_2).

Эти аргументы заставляют нас обратиться к рассмотрению вулканических процессов на примитивной Земле. По всей видимости, только существенно неравновесные процессы в некоторых участках могли обеспечить эволюцию органических соединений в условиях примитивной Земли. Каковы же основные характеристики вулканических районов, в которых условия для синтеза и последующей эволюции органических молекул были наиболее благоприятны?

Палеогеологические исследования принесли сведения о том, что в районе Канадского щита существуют следы вулканической деятельности уже в раннем докембрии (около 2,5 млрд. лет тому назад). Можно считать, что

вулканизм — постоянно действующий геологический фактор, и не исключено, что на ранних стадиях развития Земли вулканическая активность была значительно выше, чем сегодня. Время жизни активных вулканов и гидротермальных систем от 1000 до 100 тыс. лет.

Вулкан не только источник энергии, но и поставщик компонентов, необходимых для синтеза органических молекул, причем в зоне извержения локальная концентрация таких соединений, как метан, водород и аммиак, может быть на много порядков выше, чем в среднем для всей атмосферы. Тепловая энергия в зоне извержения также существенно выше, чем, например, энергия ультрафиолетового излучения Солнца, распределенная по всей поверхности Земли. В зонах подводного вулканизма и гидротерм в силу значительных градиентов температуры и давления создаются условия, благоприятные для «закалки» (сохранения) синтезированных органических молекул. Многочисленные природные катализаторы и сорбенты могут способствовать накоплению и дальнейшей эволюции органических соединений. В то же время процессами

фотохимического разрушения в зонах подводных извержений можно пренебречь.

Если сравнить процессы подводного и наземного вулканизма, то легко заметить явные преимущества подводного извержения для синтеза органических молекул. При подводном извержении истечение газовой струи происходит в более плотную среду (на достаточных глубинах), поэтому дальностью струи у подводного вулкана приблизительно в 100 раз ниже. Это означает, что вблизи жерла вулкана концентрации исходных продуктов для синтеза будут значительно выше под водой, чем на Земле.

Ориентировочно оценим эффективность вулканов как источников органического вещества. Если при извержении выбрасывается около миллиарда кубических метров газа (90% воды и 10% других реакционноспособных компонентов), то в результате одного извержения может образоваться около миллиона килограммов органических соединений. Принимая, что гидротермальная система (время жизни 10 тыс. лет) производит 100 кг водяного пара в секунду или 1 кг в секунду других реакционноспособных газов, будем считать, что подобная система за время своей жизни произведет до 10 млн. кг органических соединений. Экстраполируя эти значения на время существования Земли — 10^9 лет, получаем, что только за счет вулканической деятельности на поверхности примитивной Земли могло образоваться 10^{15} — 10^{16} кг органического вещества, что всего в 100—1000 раз меньше массы современной биосферы.

■
Две модели атмосферы ранней Земли

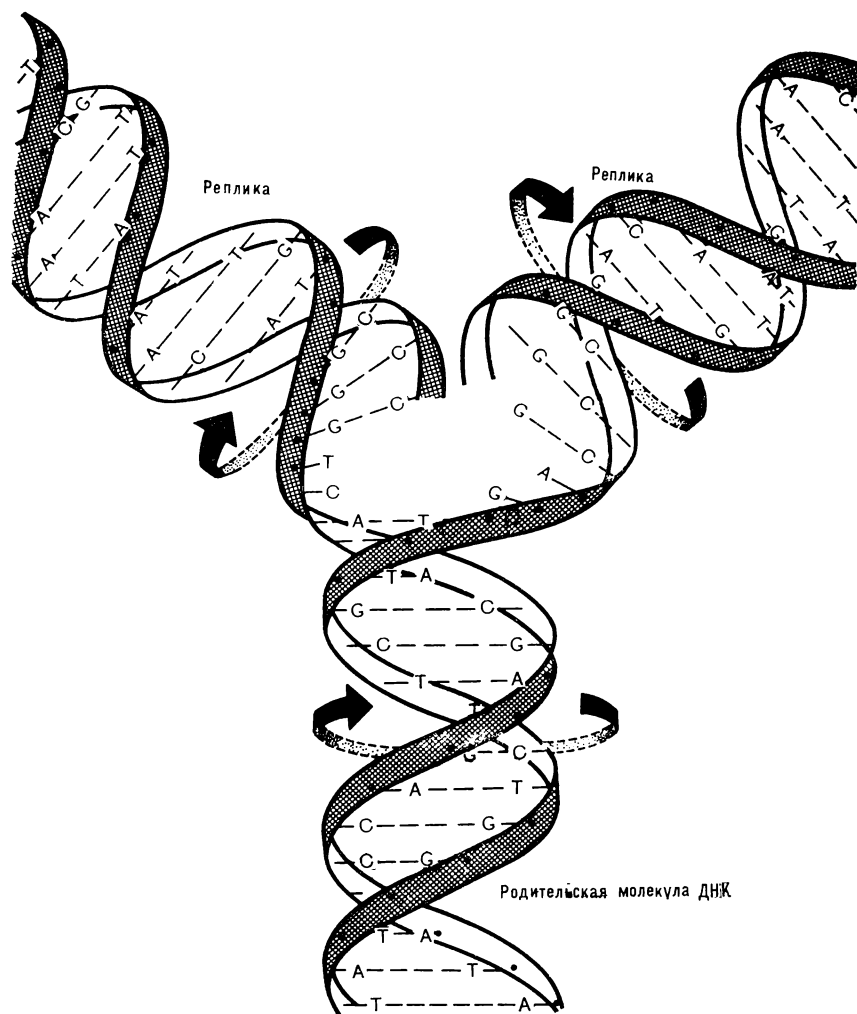
Конечно, эти оценки носят иллюстративный характер. Тем не менее они могут быть приняты в качестве нижнего предела, поскольку анализ палеовулканических данных свидетельствует о значительно большей насыщенности древних пород газами, чем молодых. Кроме того, некоторые исследователи склоняются к той точке зрения, что основная масса атмосферы образовалась за непродолжительный отрезок времени ($5 \cdot 10^8$ лет) и, следовательно, нынешние темпы дегазации мантии Земли значительно ниже, чем миллиарды лет тому назад.

Интересна экспериментальная проверка предложенной гипотезы о роли вулканических процессов в синтезе органических молекул в условиях примитивной Земли. Открытие в горячей лаве вулкана Алаид цианистого водорода — ключевого промежуточного продукта в синтезе биологически важных молекул, а также других органических соединений в районах проявления вулканизма — свидетельствует в пользу этой гипотезы.

Таким образом, вопрос о возможности накопления на примитивной Земле достаточного количества исходных органических молекул не кажется сегодня непреодолимым. Более серьезные трудности возникают при переходе к проблеме динамического развития живых систем.

ДИНАМИКА ЖИВЫХ СИСТЕМ

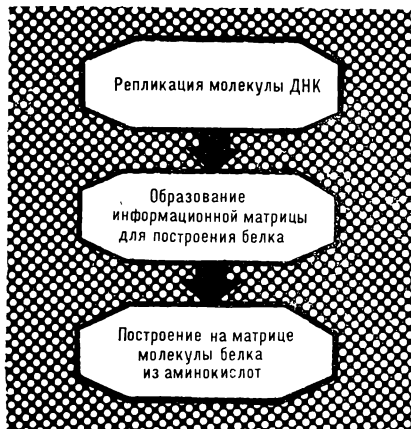
Согласно теории Опарина — Холдейна, жизнь возникла в результате постепенного усложнения и отбора органических соединений, приобретения ими в процессе естественного эволюционного накопления новых функций. Этот постулат — выражение принципа непрерывности, согласно которому каждую ступень эволюции можно рассматривать как прямое следствие предыдущей. Руководствуясь этим принципом, нетрудно продемонстрировать возможность последовательного образования достаточно сложных молекул — предшественниц современных белков — полипептидов из более простых соединений.



Однако возникают существенные трудности при решении проблемы генетического кода. Во всех живых организмах, начиная с бактерий и кончая человеком, закодирована информация о построении белковых молекул. Эта информация хранится в молекулах дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Известно, что белок, входящий в состав бактерии, дерева, животного, кодируется в молекулах ДНК совершенно одинаково. В этом заключается **универсальность генетического кода**, означающая, что в течение приблизительно трех миллиардов лет генетический код не претерпел никаких изменений.

Фантастически сложный процесс синтеза белка, происходящий в любом живом организме, есть результат длительной эволюции. Однако код универсален, механизмы-предшественники утеряны, и невозможность построения эволюционной схемы раз-

■ *Схема образования двух дочерних молекул ДНК из родительской молекулы. Штриховые линии, соединяющие латинские буквы, — химические связи между азотистыми основаниями*



вития генетического кода составляет сегодня главную проблему всей биологии.

Хорошо известно, что аминокислоты — основные строительные блоки, из которых состоит белок. Точно так же нуклеиновые кислоты — носители генетической информации — состоят из более простых субъединиц. Основа их — азотистые основания. При синтезе белка в живых организмах каждой комбинации из трех азотистых оснований (триплет) соответствует определенная аминокислота. Однако во всех экспериментах по химическому синтезу органических молекул выход азотистых оснований всегда меньше выхода аминокислот; условия для синтеза каждого из оснований отличаются от условий син-

■
Схема матричного синтеза белка. Матрица — молекула рибонуклеиновой кислоты

теза любого другого. Кроме того, в определенных условиях эксперимента всегда возникает семейство аминокислот, основания же образуются в одиночку. Заметим, что в то время, как поликонденсация (образование полимера) аминокислот — это сравнительно простой процесс, аналогичные эксперименты с производными азотистых оснований гораздо сложнее. Это одна из наиболее серьезных трудностей в проблеме происхождения жизни.

Наиболее характерный признак живого — размножение, молекулярной основой которого служит репликация молекул ДНК, то есть образование копий (реплик) этих молекул в материнской клетке.

Современные процессы репликации, синтеза генетического материала и синтеза белка происходят в растворах, концентрация органических соединений в которых весьма высока. Трудно ожидать, что где-нибудь на примитивной Земле могли существовать области, в которых достигались бы аналогичные концентрации. По всей видимости, процессы репликации генетического материала и синтеза белка могли происходить более или менее не случайно лишь в концентрированных растворах. Только при достижении некоей критической концентрации, аналогичной «критической массе» в ядерной физике, могли протекать процессы воспроизведения молекул и организмов.

По нашему мнению, уникальное свойство живых систем — воспроизведение — возникло позже, чем прото-клетка, и ему предшествовала длительная эволюция. Эта упрощенная схема не отвечает, конечно, на вопросы о том, как осуществляется контроль воспроизведения ДНК в клетке, как возник механизм контроля, каким образом осуществляется удивительная надежность при образовании копий?

«ВНЕЗЕМНОЕ» ПРОИСХОЖДЕНИЕ «ЗЕМНОЙ» ЖИЗНИ?

Наибольшая трудность в разрешении проблемы происхождения жизни заключается в создании замкнутой системы, органически включающей

все управляющие и исполнительные механизмы процессов воспроизведения. Видимо, поэтому сейчас и возникают идеи о «внеземном» происхождении «земной» жизни.

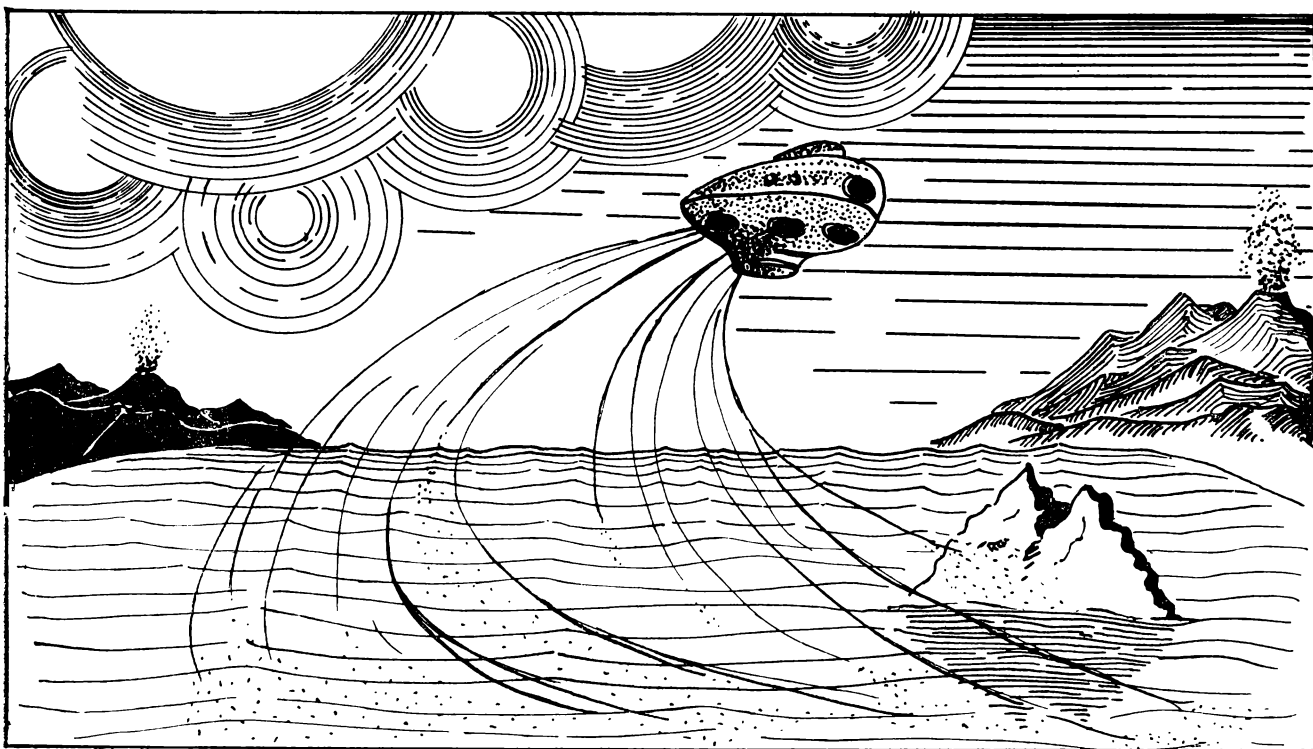
Так, сравнительно недавно, Ф. Крик и Л. Оргел предложили модель направленной панспермии, которая объясняет происхождение жизни на Земле целенаправленной деятельностью цивилизаций, возраст которых больше возраста Солнца.

Эта идея не решает проблемы возникновения жизни в целом. Точка зрения Крика и Оргела основана на том, что могли существовать планеты иного типа, чем Земля, где зарождение жизни было гораздо более вероятным. На этих планетах могли присутствовать минералы, отсутствующие на Земле, чья каталитическая активность особенно важна для возникновения живых систем. И что особенно важно, такие планеты могли существовать задолго до образования Земли.

Действительно, время существования Галактики оценивается в $13 \cdot 10^9$ лет, а спустя $2 \cdot 10^9$ лет после образования Галактики могли появиться звезды, которые содержали не только легкие, но и тяжелые элементы. Таким образом, за $6,5 \cdot 10^8$ лет до появления нашей Солнечной системы могли возникнуть планетные системы. Поскольку время, в течение которого на Земле появилась технологически развитая цивилизация, около $4 \cdot 10^9$ лет, то до образования Земли как планеты в Галактике могли существовать высокоразвитые технологические цивилизации.

На основании этих астрофизических данных авторы предполагают, что жизнь на Земле возникла в результате заражения нашей планеты микроорганизмами, специально посланными высокоразвитой цивилизацией для осеменения планет, потенциально пригодных для жизни. Исходя из возможностей нашей цивилизации, нетрудно убедиться, что создание такого космического корабля — вполне реальная задача.

В защиту своей позиции Крик и Оргел выдвигают следующие аргументы. Химический состав живых систем должен, хотя бы в некоторой



степени, отражать условия их возникновения и развития. Поэтому наличие в земных формах жизни редких элементов может свидетельствовать об их внезапном происхождении. Авторы считают, что молибден является свидетелем внеземного происхождения нашей земной жизни. Процентное содержания хрома, никеля и молибдена составляют на Земле 0,2, 3,16 и 0,02%, соответственно. В то время как первые два элемента не играют в биохимии практически никакой роли, молибден принимает участие во многих биохимических реакциях. Если бы удалось показать, что элементы, представленные в земных организмах, коррелируют с обилием элементов в «молибденовых» звездах, это послужило бы серьезным доказательством в пользу выдвигаемой гипотезы. Однако этот аргумент не выдерживает критики пото-

му, что нужно рассматривать не процентное содержание элементов, а степень их концентрации в живых системах, сравнивая ее с концентрациями в земной коре или морской воде. Тогда оказывается, что молибден не занимает никакого особого положения в земных организмах в сравнении, например, с фосфором.

Гораздо более серьезный аргумент в пользу гипотезы направленной панспермии — проблемы универсальности генетического кода. Поскольку в настоящее время не существует полной теории, объясняющей возникновение кода и его универсальность, гипотеза направленной панспермии, постулирующая происхождение всех форм земной жизни от одного внеземного микроорганизма, наиболее легко и естественно «расправляется» с этой загадкой.

В последнее время появились работы, в которых демонстрируются новые подходы к проблеме эволюции генетического аппарата. Однако в них вопрос о возникновении кодо-

вого соответствия также остается открытым. Проблема возникновения и эволюции генетического кода содержит еще много неизвестных и далека от окончательного решения. Проблема живого и на сегодняшний день сводится к вопросу, поставленному в свое время Э. Шредингером: «Как можно объяснить с помощью физики и химии события, происходящие в пространстве и во времени в пределах живого организма?»



Памяти Самуила Ароновича Каплана

11 июня 1978 года трагически погиб выдающийся советский астрофизик Самуил Аронович Каплан, имя которого неразрывно связано с успешным развитием теоретической астрофизики с 50-х годов и до наших дней. С. А. Каплан скончался в расцвете творческих сил, полный замыслов и идей. Эта смерть болью отозвалась в сердцах его учеников и друзей. Вряд ли найдется хотя бы один активно работающий астроном во всем мире, который не почитит его память глубокой благодарностью и признательностью. Самуил Аронович прожил трудовую жизнь ученого и солдата, защищавшего от фашистов Ленинград, который он любил и где начал научную деятельность под руководством А. И. Лебединского.

С. А. Каплан родился 10 октября 1921 года в городке Рославле (вблизи Смоленска). После окончания школы его призвали в Красную Армию. С первого и до последнего дня войны С. А. Каплан был в войсках Ленинградского фронта. В конце войны он экстерном сдал экзамены и получил диплом об окончании Ленинградского педагогического института имени А. И. Герцена, а затем поступил в аспирантуру Ленинградского государственного университета. Защитив кандидатскую диссертацию в 1948 году, С. А. Каплан переехал во Львов. До 1961 года он заведовал отделом астрофизики Львовской обсерватории и был профессором кафедры теоретической физики Львовского университета. В этот период своей деятельности С. А. Каплан стал теоретиком первой величины в нашей стране. Во Львове он оттачивал свое лекторское искус-



Самуил Аронович Каплан (1921—1978)

ство, читая все курсы современной астрономии — от общей астрономии до общей теории относительности. Во Львове же обрабатывал и свой прекрасный научно-литературный слог. Авторство Самуила Ароновича можно установить, прочтя две-три начальные фразы статьи. Стиль С. А. Каплана делал его статьи понятными узким специалистам и интересными широким кругам астрономов.

В 1961 году С. А. Каплан, уже защитивший докторскую диссертацию на тему «Методы газодинамики межзвездной среды» (1957 г.), был приглашен в Горьковский научно-исследовательский радиофизический институт, где он работал до конца своей жизни. С 1963 года Самуил Аронович читал специальные астрофизические курсы для студентов-физиков и руководил аспирантами в Горьковском университете. Но главным в его жизни оставалась, как и ранее, напряженная работа мысли над актуальными проблемами астрофизики. Наследие С. А. Каплана велико: более 150 статей, шесть монографий, получивших широкую известность во всем мире (три из них переведены на английский язык).

Исключительная ясность мышления, прекрасное владение математическим аппаратом современной физики и умение излагать полученные результаты доступно, без нарушения строгости, привлекали к нему многих астрономов и физиков. Более 25 лет С. А. Каплан был другом и соавтором крупнейшего советского астрофизика С. Б. Пикельнера (1921—1975). Способность С. Б. Пикельнера по разрозненным фактам воссоздавать целостную физическую картину явления и его блестящая интуиция ученого прекрасно сочетались с талантом Самуила Ароновича давать четкую математическую модель явления. В 1963 году они совместно написали монографию «Межзвездная среда», бесспорно лучшую и наиболее оригинальную в известной серии советских книг «Проблемы теоретической астрофизики». Можно смело утверждать, что нет ни одного советского астрофизика, который не имел бы эту книгу на своем рабочем столе. Незадолго до кончины

С. А. Каплан заново написал ее, завершив труд, начатый вместе с С. Б. Пикельнером. Новая монография «Физика межзвездной среды» будет лучшим памятником этим талантливым ученым.

С. А. Каплан длительное время плодотворно работал с известными советскими физиками и астрофизиками К. П. Станюковичем, В. Н. Цытовичем, Э. А. Дибеем, опубликовав совместно с ними монографии: «Введение в космическую газодинамику» (1958 г.), «Плазменная астрофизика» (1972 г.), «Размерности и подобие астрофизических величин» (1976 г.).

Самуил Аронович интересовался самыми разнообразными вопросами современной астрономии. Одна из его первых работ посвящена проблеме устойчивости движения пробной массы вблизи гравитационного радиуса. В дальнейшем С. А. Каплан много и успешно занимался внутренним строением белых карликов. Он впервые нашел эволюционный предел плотности, произвел расчет охлаждения белых карликов. Эти работы и по сей день считаются классическими. Последние 15 лет С. А. Каплан уделял основное внимание физике плазмы. Он выполнил расчеты физических процессов, приводящих к генерации когерентного радиоизлучения и потоков ускоренных частиц. Эти расчеты легли в основу цикла работ по ускорению частиц в солнечных вспышках, по теории пульсаров и активных ядер галактик.

Вместе с В. Н. Цытовичем С. А. Каплан, первым среди астрофизиков, начал исследовать нелинейные процессы в плазме. Данью его ленинградским коллегам во главе с В. В. Соболевым стал цикл работ, посвященных теории переноса излучения в нестационарных средах. В этой области астрофизики С. А. Каплан сочетал математическую строгость с доведением результатов расчетов «до числа», что позволяло сравнивать их с данными наблюдений. С. А. Каплан был авторитетным специалистом в теории переноса излучения.

Самуил Аронович проявлял живой интерес ко всем новым наблюдениям. Благодаря ему получили надлежащую интерпретацию выполненные

на космических аппаратах исследования низкочастотного радиоизлучения Солнца и спектров электронов солнечных космических лучей. Значительный вклад внес С. А. Каплан в теорию генерации и распространения ударных волн в межзвездной, межпланетной средах и в солнечной короне.

Большой лекторский опыт помог Самуилу Ароновичу написать ряд научно-популярных книг и брошюр, весьма разнообразных по тематике, — от «Как увидеть, услышать и сфотографировать ИСЗ» до «Элементарной радиоастрономии». Пожалуй, лучшая среди них — «Физика звезд», выдержавшая три издания. Вряд ли на эту тему в советской астрономической литературе есть столь безукоризненно написанная книга. Заслуживает похвалы и недавно опубликованная им брошюра «Межзвездная среда и происхождение звезд» (1977 г.).

С. А. Каплан всегда был желанным гостем во всех обсерваториях и университетах нашей страны. Многие астрономы, подготовлявшие к публикации монографии, обзоры, оригинальные статьи, советовались с ним, и каждый получал доброжелательный и беспристрастный отзыв. Высокий уровень культуры, деликатность, живой интерес к истории, современной политике делали Самуила Ароновича желанным собеседником на многих конференциях, школах и семинарах. Он глубоко интересовался проблемой СЕТИ, был членом оргкомитетов, редактором трудов конференций и совещаний по этой проблеме.

С. А. Каплан много времени уделял научно-популярным лекциям, пропаганде достижений астрономической науки. Его аудитория: рабочие Горьковского автозавода, слушатели различных астрономических и неастрономических школ, сотрудники многих научно-исследовательских и проектных институтов нашей страны.

После смерти С. А. Каплана остались его труды, остались друзья и многочисленные ученики. Они сохраняют память о замечательном астрономе и человеке.

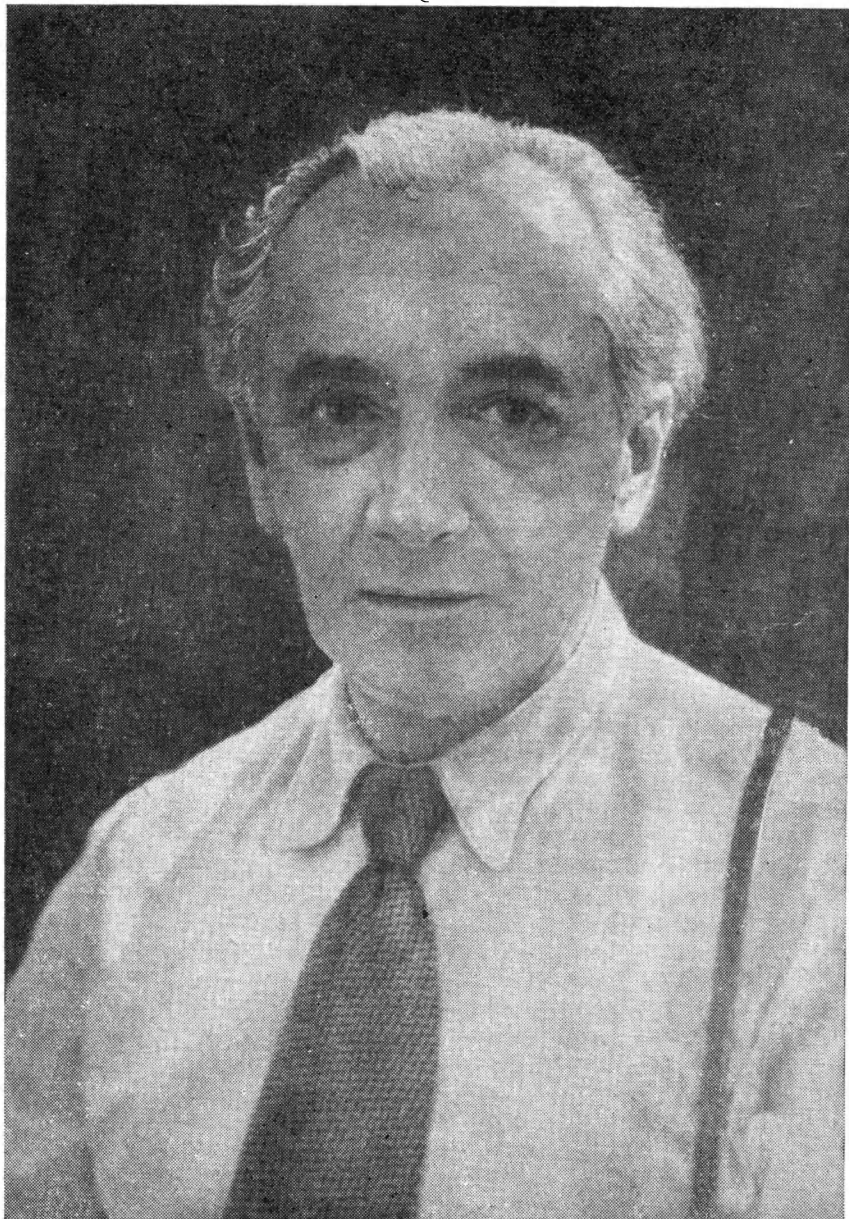
Группа товарищей

Доктор геолого-минералогических
наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ

Г. А. Гамбурцев и проблемы сейсмичности

Академик Григорий Александрович Гамбурцев скончался 28 июня 1955 года в возрасте 52 лет. В 1979 году ему исполнилось бы 76 лет. Немногие знают, что умер он, в буквальном смысле слова, при исполнении служебных обязанностей — смерть настигла его на заседании Отделения физико-математических наук Академии наук СССР, когда Гамбурцев делал доклад о работах Геофизического института, директором которого являлся.

В 50 лет ученый обычно достигает лишь первой половины поры расцвета своего творчества. На вторую ее половину нередко приходится самые интересные и значительные работы. Гамбурцеву не было дано дожить до этого периода, но и то, что он успел сделать, ставит его в ряд первоклассных ученых, оставивших в своей отрасли знания глубокий след. Гамбурцев оставил такой след в геофизике. Об этом свидетельствует даже простое перечисление крупных проблем, одни из которых он решил, другие — разрабатывал, третьи — наметил постановкой вопроса. Вот это перечисление в более или менее хронологическом порядке. В геофизике Гамбурцев начал с решения некоторых важных задач гравиметрии. Затем последовали разработка новой геофизической аппаратуры и изучение сейсмических волновых полей с целью использования этих данных в геолого-поисковом деле. Важное место заняли обоснование и разработка методов отраженных



■
*Григорий Александрович Гамбурцев
(1947 г.)*



волн, корреляционного метода преломленных волн и метода глубинного сейсмического зондирования, а также постановка геофизических исследований на службу разведке нефтяных месторождений.

Последние годы жизни Гамбурцев уделял особое внимание общим проблемам изучения сейсмичности и, в первую очередь, проблемам сейсмического районирования и прогноза землетрясений. Много сил и энергии было отдано организации научных учреждений — от таких крупных, как Геофизический институт АН СССР, через долговременные комплексные геолого-геофизические экспедиции (Арало-Каспийская, Гармская) до постоянно действующих отдельных геофизических станций.

В своем очерке я хочу остановиться лишь на вопросах сейсмического районирования и прогноза землетрясений. Так как я был участником работ по сейсмическому районированию в то время, когда (вскоре после Ашхабадского землетрясения) на них было обращено большое внимание, я хотел бы поделиться некоторыми впечатлениями о том, как понимал их и подходил к ним Григорий Александрович. Мне кажется, что это имеет общий интерес, поскольку в отношении к вопросам сейсмического районирования, ставившимся тогда по-новому, отчетливо проявились те черты творчества Гамбурцева, которые характеризуют его как ученого-автора.

Первое, что следует здесь отметить, — это широту подхода Григория Александровича к проблемам сейсмического районирования и прогноза землетрясений. В нашей стране

первыми исследователями землетрясений были, во второй половине прошлого века, геологи А. Е. Лаго-рио, Н. А. Головкинский, И. В. Мушкетов, В. Н. Вебер и некоторые другие. Лишь значительно позднее, с возникновением инструментальной сейсмологии, этими исследованиями занялись геофизики, среди которых прежде всего назовем Б. Б. Голицына. Однако первое настоящее объединение усилий тех и других, направленное на проведение специальных геологических и геофизических работ, связано с именем Г. А. Гамбурцева.

Проистекало это от общего понимания Гамбурцевым задачи изучения строения и развития земной коры, непременно как комплексного геолого-геофизического исследования. Гамбурцев писал: «Данные сейсмологии должны контролироваться и дополняться тектоническим анализом, а также глубинной геофизической разведкой (анализ гравитационных и магнитных полей, глубинное сейсмическое зондирование земной коры). Тектонические исследования, наряду с сейсмологическими, имеют основное значение при сейсмическом районировании крупных территорий...»

Не менее определенны:е соображения о существовании прогноза землетрясений и сейсмического районирования содержатся в рукописях Г. А. Гамбурцева. Благодаря любезности его вдовы П. С. Вейцман я смог познакомиться с хранящимися у нее архивными материалами периода 1952—1954 годов и привожу оттуда (с ее разрешения) несколько выдержек. В записке «Проблема прогноза землетрясений» (1954 г.) говорится о возможности «... в настоящее время приступить к решению проблемы прогноза землетрясений на новой основе, а именно, — на основе изучения физики единого глубинного процесса развития земной коры.

Предлагаемый путь решения проблемы заключается в комплексном геолого-геофизическом изучении этого процесса с целью установления критериев для прогноза землетрясений.

В результате работ предполагается: 1. Разработать комплексный гео-

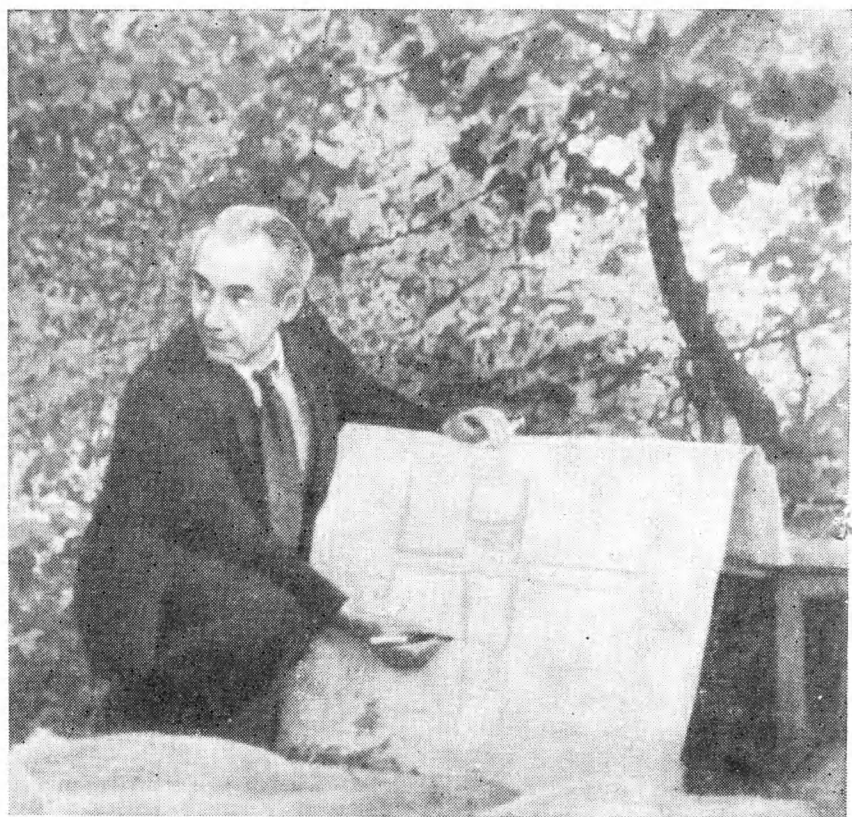
лого-геофизический метод прогноза места и силы землетрясения и создать на основе этого метода новую карту сейсмического районирования территории СССР...»

В перспективном плане исследований по проблеме «Изыскание и развитие методов прогноза землетрясений» (1952 г.) сказано, что вопросы, возникающие при изучении общих тектонических и геофизических условий сейсмической активности, «...должны решаться на основе, с одной стороны, обобщений данных по землетрясениям СССР и всего земного шара в сопоставлении их с данными региональной тектоники и геофизики и, с другой стороны, — комплексного геолого-геофизического изучения конкретной сейсмической области, характеризующей разнообразие сейсмических и тектонических условий. В такой области должен быть проведен комплекс исследований, включающий в себя: обобщение данных сейсмических станций, изучение современной сейсмичности временными станциями и станциями КМИЗ (корреляционный метод изучения землетрясений), обобщение гравиметрических данных, глубинное сейсмическое зондирование, изучение тектонического строения и развития, геоморфологические наблюдения, геоэлектрические исследования, изучение направления смещений в очагах землетрясений».

Бросается в глаза всюду подчеркиваемое Гамбурцевым теснейшее соединение геологических и геофизических методов изучения землетрясений. Это совершенно понятно (и, скажу резче, — единственно возможно) в его концепции необходимости «... изучения физики единого глубинного процесса развития земной коры». К сожалению, со смертью Гамбурцева эти принципы стали соблюдаться меньше. В последние годы в нашей стране иногда даже начали появляться прогнозы места и времени землетрясения, основанные только на геофизических материалах. В этих прогнозах не использованы геологические данные по описываемым территориям, хотя предложены прогнозы для нескольких обширных сейсмически активных областей СССР.


В этой связи показательно одно, на первый взгляд едва ли не мелкое, обстоятельство. В период организации Геофизического института в нем был создан отдел геодинамики. Эта первая и в течение многих лет, кажется, единственная в мировой практике специальная тектоническая ячейка в Геофизическом институте была создана для проведения работ по вопросам, стоящим на грани собственно геологии и собственно геофизики. Организация такого отдела оправдала себя и по существу и по высказываниям геофизиков и геологов разных стран. Не случайно, конечно, что во главе отдела геодинамики в течение всего времени его существования бессленно находится один из крупнейших современных тектонистов, член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов.

Конкретизируя воззрение Гамбурцева на природу связей геологических и сейсмических явлений, напомним, что одно время в этом вопросе господствовало мнение о важнейшей роли видимых на земной поверхности тектонических разломов. Соответственно рекомендовалось обращать на них наибольшее внимание и при проведении сейсмического районирования. Когда на смену этим представлениям в начале 50-х годов были выдвинуты идеи о необходимости познания особенностей строения всей исследуемой области, и по возможности за длительный отрезок времени, — идеи об историко-структурном анализе сейсмической зоны, Григорий Александрович быстро понял сильные стороны нового течения и активно поддержал его. Наполнив новые геологические идеи геофизиче-



ским содержанием, Гамбурцев начал расширять объем и изменять характер геофизических работ, связанных с исследованиями по сейсморайонированию. Отсюда вскоре родились крупные долговременные комплексные геолого-геофизические экспедиции, региональная сейсмическая сеть которых работала уже не несколько месяцев, а ряд лет. Такова была Арало-Каспийская экспедиция в Туркмении в 1951—1953 годах, или Гармская экспедиция в Таджикистане, созданная в 50-х годах и превратившаяся позднее фактически в самостоятельную научную организацию, которой бессленно руководит известный сейсмолог И. Л. Нерсесов.

С тех пор, как начались все эти

 Академик Г. А. Гамбурцев читает лекцию по теории сейсмических швов (1953 г.)

работы, прошло уже много лет. Конечно, за это время, по мере накопления фактического материала, в проблеме сейсмического районирования появилось новое, были усовершенствованы методы, лишь зарождавшиеся при Гамбурцеве, например, построение графиков повторяемости землетрясений. Были предложены новые методы, например, количественного определения сейсмической активности, определения сейсмической сотрясаемости и др., разрабатываемые учеником Григория Александровича — членом-корреспондентом АН СССР Ю. В. Ризниченко. Однако каркас исследования остается в целом гамбурцевским. Это — историко-структурный геологический анализ обширных территорий и детальное выяснение характера их сейсмического режима, осуществляемое станциями с высокочувствительной аппаратурой, а также разнообразные геофизические исследования, проводимые по разной методике.

В работах по сейсмическому районированию и исследованию региональной сейсмичности, которые за рубежом ученые начали позднее, чем в Советском Союзе, они в большинстве пошли по пути, проторенному Гамбурцевым, его сотоварищами и учениками. Это значит, что общее направление исследований было определено в СССР правильно. Мы знаем уже некоторые производные от этого общего направления. Такова составленная геологами и геофизиками Института физики Земли АН СССР первая сеймотектоническая карта Европы (опубликована в 1968 году). Таковы работы в составе миссий ЮНЕСКО. в 1962—1963 годах по изучению сейсмичности стран Южной Америки, Азии, Африки, Европы, в которых руководящее участие принимали советские ученые, близкие товарищи Г. А. Гамбурцева по работам в данном направлении — В. В. Белоусов и Е. В. Карус. Таковы законченные несколько лет назад работы по определению сейсмичности Балканского полуострова (осуществлявшиеся по линии ЮНЕСКО), которые прошли при активном участии геофизиков и геологов Института физики Земли, а также Института геологии и геофизики и Вычислительного центра АН МолдССР. У истоков всех этих успехов стоял человек с негромким голосом и деликатными манерами — Григорий Александрович Гамбурцев.

Очень важно отметить, что при планировании сейсмического районирования Гамбурцев ясно понимал предел возможностей исследования. Я имею в виду случаи, когда речь шла о районировании в крупном масштабе отдельных строительных площадок. Григорий Александрович решительно отвергал требования заказчиков-проектировщиков давать для этих площадок такие же — по легенде — карты сейсмического районирования, как и для всей изучаемой территории, но в 100 раз более детальном масштабе. Он подчеркивал невозможность этого прежде всего потому, что очаг будущего сильного землетрясения может быть длиной в десятки и сотни километров и находиться на глубине нескольких десят-

ков километров. Определение же положения его эпицентра требуется для участка диаметром всего 2—4 км.

Эта несопоставимость масштабов природного явления и требуемого картографического его выражения ставит пределы возможностям сейсмологического и сейсмогеологического исследований для целей сейсмического районирования, проводимого по такой же методике, как и при составлении обзорных карт. Здесь нужен уже иной подход к задаче — применение микрорайонирования, инженерно-сейсмологических методов и т. д.

Поскольку определение степени сейсмической опасности в районе строительных площадок для важных промышленных объектов — очень ответственная задача, понятна настойчивость проектировщиков, желающих получить наиболее полное представление о всей картине, но, как правило, не учитывающих пределы современных возможностей исследований по сейсмическому районированию. В этих условиях сказать, что не требуется проведения работ, которые удовлетворительно выполняются (хотя и в гораздо более мелком масштабе) в пределах данной изучаемой территории, бывает порой исключительно трудно и вызывает нескрываемое недоволение проектировщиков. При всей своей деликатности Г. А. Гамбурцев умел в подобных случаях говорить решительное «нет».

Я указывал в начале очерка, что не задавался целью систематического обзора роли Гамбурцева в развитии проблемы сейсмического районирования. Но из тех впечатлений, о которых я рассказал, фигура Григория Александровича — ученого с очень большим кругозором и широтой подхода к изучаемым явлениям встает с ясностью. Щедрость его собственных идей и мыслей в разработке интересующего вопроса в сочетании с активной поддержкой чужих взглядов и идей, в которых он чувствовал новизну и внутреннюю опразданность, — вот что определило то быстрое развитие методов сейсмического районирования, которое было достигнуто при жизни Гамбур-

цева. В результате проведенных исследований фактически родилась новая отрасль науки. И это дает уверенность в том, что сейсмическое районирование в гамбурцевском духе будет успешно развиваться.

Существенно иначе обстоит пока дело с другой серьезнейшей проблемой изучения сейсмичности — нахождением таких предвестников надвигающегося землетрясения, которые позволили бы надежно указать время, когда разрешится этот созревающий в недрах земли удар, и тем самым уменьшить его опасность для жизни людей. При разработке этой задачи, которую Григорий Александрович считал очень важной, он был сдержан на обещания, прекрасно понимая исключительную ее сложность. Мы видели, что и в этом случае он полагался на комплексный геолого-геофизический анализ, с помощью которого и можно было надеяться настолько прояснить генезис и особенности подготовки землетрясения, чтобы научиться вовремя предугадывать его.

При его жизни не был напечатан капитальный труд крупного американского геофизика Чарльза Рихтера «Элементарная сейсмология» (на английском языке опубликован в 1958 году, в русском переводе — в 1963 году). Говоря о прогнозе времени землетрясения, Рихтер снабдил этот раздел недвусмысленно осторожнейшим заголовком «Предсказание — блуждающий огонек» и написал: «В настоящее время возможности предсказания землетрясений, в обычном смысле слова, не существует, то есть никто не может с уверенностью сказать, что существенное землетрясение произойдет в данном месте в данное время. Еще неизвестно, будет ли возможно такое предсказание в будущем, ибо условия разрешения проблемы чрезвычайно сложные». И далее там же: «Есть отдаленная надежда, что, быть может, без точного предсказания даты окажется возможным обнаруживать накопление деформации в направлении возникновения сильного землетрясения в данном районе или, возможно, на данном разломе».

Таким образом, высказывания двух

времени землетрясений с его пока еще скромными успехами. Такая оценка, несомненно, полезна для дела. Думается, что осторожность Г. А. Гамбурцева в этом вопросе заслуживает не меньшего внимания, чем те четкие перспективы, которые он нарисовал по проблеме сейсморайонирования.

В заключение очерка о Гамбурцеве-ученом нельзя не сказать о нем, как о человеке. Внешность Григория Александровича во многом соответствовала особенностям его характера. В первый момент этот человек, роста несколько выше среднего, не выделялся среди других людей. Но уже вскоре бросался в глаза его выпуклый высокий лоб, тем более высокий, что Григорий Александрович зачесывал волосы назад. Запоминалось сосредоточенное и умное выражение лица, но еще больше — его глаза, и доверчивые (боясь упрека в шаблоне, я не говорю детски-доверчивые) и одновременно пылливо-внимательные. При первом же деловом разговоре, проходившем, как правило, неторопливо, спокойно, собеседника Гамбурцева подкупала широта и острота его суждений, при

отсутствии «железной» их непрерывности, что было не слишком-то обычно для крупного ученого, академика, директора одного из головных институтов Академии наук. Григорий Александрович был неизменно вежливо-предупредителен: он вставал со стула, даже если в его кабинет входил самый младший сотрудник. Перед каждым курящим, пришедшим на прием, Гамбурцев открывал коробку «Казбека», как и перед теми, о которых он не знал, курят ли они. Он делал свои замечания мягко, но убийственно точно. Сужу по себе, когда Григорий Александрович сказал мне, что выражение «целый ряд» (обстоятельств, причин, фактов и т. д.) явно неудачен, ибо не может быть половины или четверти этого «целого» ряда. И с тех пор у меня по моим рукописям недоумения с редакторами: почему я пишу просто «ряд», когда напрашивается «целый ряд», и недоумения с авторами, когда я в их рукописях исправляю выражения «целый ряд».

Всего четыре года посчастливилось мне поработать с Григорием Александровичем, но эти годы твердо запомнились.

виднейших сейсмологов середины XX века о предсказании времени землетрясения оказываются близкими. Трудно думать, что перед нами простое совпадение.

В проблеме прогноза времени землетрясения, конечно, очень хочется видеть уверенно обнадеживающие и перспективные соображения. Как можно судить по ряду статей на данную тему, нам известно уже довольно много на этот счет. Однако обоснованность этих явлений еще не такова, чтобы расценивать их в качестве строгих научных фактов. И поэтому было бы неправильным не давать должной оценки, касающейся сегодняшнего дня исследований проблемы

«ВИКИНГИ» О ГРУНТЕ МАРСА

«Викинги» продолжают изучать химический состав марсианской поверхности («Земля и Вселенная», № 2, 1978, с. 56—58). К началу апреля 1977 года выполнен анализ десяти образцов грунта: шести — с Равнины Хриса («Викинг-1») и четырех — с Равнины Утопия («Викинг-2»). Химический состав всех исследованных образцов оказался весьма сходен несмотря на то, что расстояние между районами посадки «Викингов» около 6500 км. Грунт Марса состоит в основном из силикатов (SiO_2 —45±5%) с высоким содержанием железа (Fe_2O_3 —19±3%).

Некоторые различия в составе все же замечены. Так, образец в месте посадки «Викинга-1», взятый с максимальной глубины 23—25 см, содержал меньше серы (ее в марсианском грунте примерно в 100 раз

больше, чем в земной коре) и больше кальция. Такое же соотношение серы и кальция обнаружено и в двух образцах в месте посадки «Викинга-2». Установлено, что содержание железа в образцах, находившихся на некоторой глубине под поверхностью или прикрытых скальными обломками и поэтому не подвергавшихся непосредственному воздействию космической радиации, ультрафиолетового облучения и атмосферных процессов, на 10—18% больше, чем в поверхностных слоях. Поскольку химический состав крупных частиц грунта (размером от 2 до 12 мм) практически такой же, как состав более мелких фракций (размер зерен меньше 2 мм), а их средняя плотность одинакова, можно утверждать, что крупные частицы представляют собой не обломки горных пород, а куски спекшегося верхнего слоя реголита. По-видимому, большая часть поверхности Марса по-

крыта слоем химически и минералогически однородного вещества.

Дальнейшее проведение эксперимента несколько усложнилось. Радиоизотопные генераторы, установленные на борту космических аппаратов, вызывали повышение фона гамма-излучения (на 11% за 200 суток). Фон обусловлен увеличением количества короткоживущего изотопа таллия-208 — продукта распада одного из изотопов плутония, который служит ядерным горючим для генераторов. Кроме того, с течением времени снижается радиоактивность источников, используемых для возбуждения флуоресцентного излучения грунта. Эксперимент намечено проводить до января 1979 года. К этому времени каждый из аппаратов должен исследовать по крайней мере четыре образца марсианского грунта.

«Journal of Geophysical Research», 82, 28, 1977.



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

Совещание по космической биологии и медицине



С 18 по 26 июня 1978 года в Праге в рамках программы «Интеркосмос» проходило XI совещание Постоянной рабочей группы специалистов по космической биологии и медицине. В совещании приняли участие более 160 ученых из Болгарии, Венгрии, ГДР, Монголии, Польши, Румынии, Советского Союза и Чехословакии.

Пленарное заседание открыл профессор М. Прасличка (ЧССР), избранный председателем этой рабочей группы на очередной годичный срок. Участники совещания приветствовали президиум Чехословацкой академии наук, Чехословацкая комиссия «Интеркосмос» и Министерство здра-

воохранения Чешской Социалистической Республики.

В качестве почетного гостя на открытии присутствовал первый космонавт ЧССР Владимир Ремек.

Представители сотрудничающих стран выступили с сообщениями о совместных работах по космической

физиологии, радиационной безопасности космических полетов и разработке профилактических средств фармако-химической защиты от ионизирующего излучения космического пространства.

Глава делегации СССР доктор медицинских наук Н. Н. Гуровский сделал сообщение о предварительных результатах медико-биологических исследований, выполненных космонавтами Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко во время 96-суточного полета на орбитальном научном комплексе «Салют-6» — «Союз».

Рассматривая основные итоги совместных исследований, участники со-

■ Слева: профессор М. Прасличка (ЧССР) открывает пленарное заседание; справа — в президиуме совещания: летчик-космонавт ЧССР В. Ремек, глава советской делегации Н. Н. Гуровский, профессор М. Прасличка

вещания отметили, что в августе 1977 года на советском биологическом спутнике «Космос-936» («Земля и Вселенная», № 6, 1977, с. 35.—Ред.) была осуществлена серия экспериментов по изучению структурно-функциональных изменений в организме животных в условиях невесомости и при искусственной силе тяжести, которая создавалась на борту спутника с помощью центрифуги. Эксперимент показал, что у животных, находившихся в условиях, близких к земным, физиологические изменения были выражены менее заметно. Советско-чехословацкий биофизический эксперимент «Теплообмен-1» способствовал изучению охлаждающих свойств среды в невесомости.

По программе радиобиологических исследований на спутнике «Космос-936» измерялись спектры поглощения энергии космических излучений. Специалисты СРР и СССР изучали на биологическом спутнике и

самолетах Ту-144 потоки тяжелых ионов космического излучения. На ускорителях Объединенного института ядерных исследований в Дубне ученые Венгрии и Советского Союза сравнивали различные дозиметры с помощью пульта, созданного в ВНР.

Продолжались разработка и испытание новых фармакологических защитных препаратов применительно к условиям космического полета.

Большое внимание было уделено обсуждению и согласованию проекта «Каталога проблем совместных исследований по космической биологии и медицине на 1981—1985 годы».

Проект каталога включает разработку проблем, связанных с биологическими исследованиями в космических полетах, изучением влияния факторов полета на организм человека и разработкой мер профилактики, исследованием взаимодействия организма с искусственной средой в кабинах космических аппаратов и скафандрах. В этом же ряду стоят обеспечение психологической надежности членов экипажей в длительных космических полетах, а также разработка и исследование систем жизнеобеспечения в космосе.

По проблемам радиационной безопасности космических полетов предусматриваются выработка нормативов радиационной безопасности, создание новых средств фармако-химической защиты, профилактики и терапии применительно к условиям космических полетов.

С интересом встретили присут-

ствующие выступление летчика-космонавта СССР В. Ремека, рассказавшего о своем полете в составе международного экипажа на орбитальном научном комплексе «Салют-6» — «Союз-27» — «Союз-28». В. Ремек подробно охарактеризовал условия космического полета и научную программу исследований и экспериментов, проводившихся международным экипажем. Основное внимание он уделил медико-биологическим экспериментам, подготовленным совместно советскими и чехословацкими учеными,— «Оксиметр», «Теплообмен-2», «Хлорелла-1» и эксперименту «Опрос», подготовленному советскими, польскими и чехословацкими специалистами («Земля и Вселенная», № 5, 1978, с. 17—23.—Ред.).

Во время пребывания в Праге члены советской делегации были приняты президентом Чехословацкой академии наук, председателем Чехословацкой комиссии «Интеркосмос» академиком Ярославом Кожешником. Во время беседы состоялся обмен мнениями о космических исследованиях, проводимых советскими и чехословацкими учеными, и о дальнейшем развитии сотрудничества по программе «Интеркосмос». Академик Я. Кожешник выразил сердечную благодарность Советскому Союзу, предоставившему возможность участвовать в пилотируемых космических полетах представителям Чехословакии и других социалистических стран.



ОБСУЖДАЕТСЯ ТЕХНИКА АСТРОФОТОГРАФИИ

16—18 мая 1978 года в Женеве состоялось совещание, посвященное вопросам астрофотографии. Оно было организовано Южной европейской обсерваторией совместно с Рабочей группой по фотографическим проблемам Международного астрономического союза.

В течение трех дней 65 участников

Перевод с английского А. В. Багрова.

из 19 стран обсуждали последние достижения астрономической фотографии. Обзорный доклад, осветивший историю фотографирования неба, был представлен У. Миллером (США). О новейших способах гиперсенситивизации рассказала М. Сим (Англия), доклад А. Хоага (США) был посвящен фотометрической калибровке пластинок. Участники совещания познакомились с несколькими работами по цветной фотографии, которая приобретает все большую научную ценность. Рассматривались проблемы копирова-



Академик М. А. САДОВСКИЙ

Институту физики Земли АН СССР — 50 лет



Барельеф с изображением О. Ю. Шмидта у входа в Институт физики Земли АН СССР

ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА

В 1928 году в Академии наук СССР был организован Сейсмологический институт (СИАН). В этом институте впервые начались систематические научные исследования твердой оболочки Земли. Член-корреспондент АН СССР П. М. Никифоров, назначенный директором нового института, хорошо понимал роль геофизики в перестройке и развитии народного хозяйства молодого Советского государства. Поэтому, решая фундаментальные проблемы, коллектив СИАНа трудился и над задачами, выдвигаемыми практикой. В первом пятилетнем плане научно-исследовательских работ института большое место занимали инженерно-сейсмические исследования. Изучение сейсмичности отдельных территорий Советского Союза было необходимо для осуществления строительства на этих территориях. Организовывались первые сейсмические экспедиции,

ния фотопластинок и специальная фотографическая техника (ее можно назвать волшебной), призванная выявлять на фотографиях невидимые глазу, но присутствующие на пластинке детали — недодержанные или передержанные. На совещании было рассказано о фотографических работах, ведущихся в настоящее время на крупнейших телескопах мира, и продемонстрированы прекрасные фотографии, полученные на этих инструментах, в том числе и на советском 6-метровом телескопе.

Работа совещания показала, на-

сколько велико значение фотографии в астрономии, несмотря на то, что другие приемники излучения — главным образом, электронные с высокой квантовой эффективностью — уже перекрыли некоторые ее достижения. Фотопластинка все еще остается единственным приемником, пригодным для крупномасштабного хранения информации: 10^{10} бит на пластинке 30×30 см²! Кроме того, фотографический метод наиболее дешев и прост.

Итоги совещания блестяще сформулировал доктор А. Милликен —

председатель Рабочей группы по фотографическим материалам Американского астрономического общества. Он дал рекомендации по оптимальному использованию (включая гиперсенситивизацию и калибровку) разного типа фотоэмульсий. Эта информация будет полезна астрономам, работающим в обсерваториях, и представит определенный интерес для любителей астрономии.

Председатель Рабочей группы по фотографическим проблемам МАС доктор Р. Вест (Швейцария)



создавались региональные сейсмические станции. Инструментальные сейсмологические наблюдения в совокупности с тектоническими данными позволили в 1937 году впервые в мире составить карту сейсмического районирования такой большой территории, как территория Советского Союза.

П. М. Никифоров придавал большое значение инструментальной базе геофизики и создал в СИАНе превосходную приборостроительную мастерскую, на базе которой выросло ОКБ геофизического приборостроения.

По предложению академика О. Ю. Шмидта и под его руководством в 1937 году был организован Институт теоретической геофизики (ИТГ). К работе в ИТГ привлекались крупные математики, механики, физики, геофизики, геологи, а научная программа института включала разносторонние исследования по физике твердой оболочки Земли, моря и атмосферы. Важными научными направлениями были теория и практика применения геофизических мето-

дов разведки полезных ископаемых, а также изучение электромагнитного поля Земли.

В 1946 году Сейсмологический институт и Институт теоретической геофизики слились в единый Геофизический институт (ГЕОФИАН), директором которого стал О. Ю. Шмидт, а вскоре его сменил на этом посту член-корреспондент АН СССР Г. А. Гамбургцев. Коллектив ГЕОФИАНа продолжал теоретические и экспериментальные исследования недр Земли, взаимодействия земной коры и верхней мантии, глубинных и поверхностных геологических процессов.

Катастрофическое Ашхабадское землетрясение 1948 года заставило пересмотреть систему геофизических наблюдений. При Академии наук создается Совет по сейсмологии, и его председателем становится директор Геофизического института Г. А. Гамбургцев. Начинается детальное изучение сейсмологического режима. Число сейсмических станций за короткий срок возрастает вдвое: в 1948 году их было 30, а к 1951 году стало 63. В Таджикистане, в районе Гарма, организуется Постоянная комплексная сейсмологическая экспедиция.

В конце 40-х годов в ГЕОФИАНе была сделана первая попытка исследовать возможность предсказания времени землетрясений. Программа, разработанная Г. А. Гамбургцевым и его сотрудниками, предусматривала использование комплекса геофизических методов. Однако несовершенство технических средств и недостаток статистического материала не позволили получить сколько-нибудь надежные результаты.

В 1956 году ГЕОФИАН разделился на три самостоятельных института: Институт физики атмосферы (ИФА), Институт прикладной геофизики (ИПГ) и Институт физики Земли (ИФЗ), который продолжил геофизическое изучение твердой оболочки Земли.

Важную роль в развитии геофизических методов сыграло Женевское совещание экспертов, собравшихся в 1958 году, чтобы обсудить вопросы обнаружения и идентификации ядерных взрывов в различных средах. На

совещании было решено радикально улучшить систему геофизических наблюдений, автоматизировать сами наблюдения и обработку их результатов. В ИФЗ приступили к модернизации и стандартизации геофизической аппаратуры наблюдательных станций и обсерваторий, к созданию методов решения геофизических задач с помощью ЭВМ. Все это позволило вернуться к проблеме прогноза землетрясений. Сейчас эта проблема — одна из главных в Институте физики Земли.

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Институт проводит фундаментальные исследования, охватывающие историю образования Земли и внутриземные процессы, изучение структуры Земли, исследование свойств вещества Земли и движений земной коры, комплексную проблему прогноза землетрясений, изучение геофизических полей Земли и околоземного пространства, геолого-геофизическое изучение земной коры и верхней мантии, развитие геофизических методов разведки полезных ископаемых и совершенствование средств регистрации сейсмических процессов.

Крупным вкладом в развитие естественных наук послужила разработанная в институте академиком О. Ю. Шмидтом и его школой **теория происхождения Земли и планет**, которая легла в основу многих исследований по геофизике, геологии и геохимии. В рамках этой теории получили естественное объяснение важнейшие закономерности эволюции Солнечной системы («Земля и Вселенная», № 6, 1967, с. 49—55; № 4, 1972, с. 18—23.— Ред.).

Научная деятельность всех подразделений института так или иначе связана с наиболее общей проблемой — **изучением физики недр Земли**. Оно проводится различными методами. Важнейшие среди них — сейсмические. Это — и метод глубинного сейсмического зондирования, и разрабатываемый в последнее время метод просвечивания Земли, который использует контролируемые, долговременно действующие импульсные ис-

спутниковыми данными и используются для оценки состояния ближнего космоса. Электромагнитное поле Земли помогает изучать также структуру земной коры и мантии.

Исследуя **геомагнитное поле**, ученые получают важные сведения для понимания внутреннего строения Земли, ее происхождения и развития. В институте создана советская школа палео- и археомагнетизма («Земля и Вселенная», № 3, 1966, с. 42—50.—Ред.) и разработан новый метод, основанный на изучении магнетизма горных пород. Результаты палеомагнитных исследований используются для изучения ядра Земли и ее коры («Земля и Вселенная», № 1, 1978, с. 44—47.—Ред.), археомагнитные методы дают информацию о вековых вариациях геомагнитного поля, магнетизм горных пород позволяет изучать строение и эволюцию коры и верхней мантии.

Большое внимание уделяется в институте исследованию **гравитационного поля Земли**. Величина ускорения силы тяжести — одна из важнейших физических констант, широко используемых в метрологии, астрономии, физике, геодезии, геофизике. По данным гравитационного поля можно судить о внутреннем строении Земли и ее форме («Земля и Вселенная», № 2, 1965, с. 7—13.—Ред.).

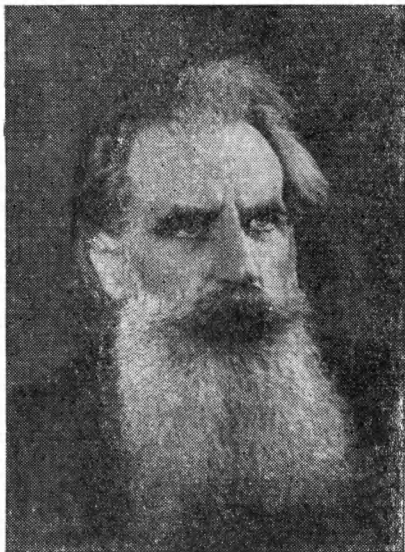
Огромный вклад в изучение внутреннего строения Земли внесли **теоретические исследования**. Сотрудники института разработали теорию уравнений состояния вещества при высоких давлении и температуре на большой глубине. С помощью методов теории твердого тела удалось установить характеристики основных физических процессов, протекающих в земных недрах.

Для получения первичных наблюдений при институте создана **сеть опорных сейсмических станций**, входящих в Единую систему сейсмических наблюдений (ЕССН), и несколько крупных геофизических обсерваторий: в Обнинске (Калужская область), Гарме (Таджикистан), Талгаре и Боровом (Казахстан), Борке (Ярославская область). Комплексная сейсмологическая экспедиция, ведущая разработку методов оперативно-

го прогноза времени землетрясения в центральном Таджикистане и на северном Тянь-Шане, связана со среднеазиатскими научными учреждениями единым планом исследований. Ближайшая задача института — организовать среднеазиатскую систему станций оперативного прогноза землетрясений.

Для успешного решения задачи предсказания землетрясений очень важно изучать процессы, которые развиваются в области сейсмических очагов. Полевые наблюдения, модельные лабораторные опыты и теоретические исследования позволили создать **модель процесса подготовки землетрясения**. На качественном уровне она объясняет все известные явления, наблюдающиеся перед землетрясением. Эта модель, известная под названием модели лавинно-неустойчивого трещинообразования (за рубежом — ИФЗ-модель) исходит из общих закономерностей разрушения структурно-неоднородных материалов и учитывает основные особенности сейсмического очага («Земля и Вселенная», № 6, 1978, с. 15—19.—Ред.).

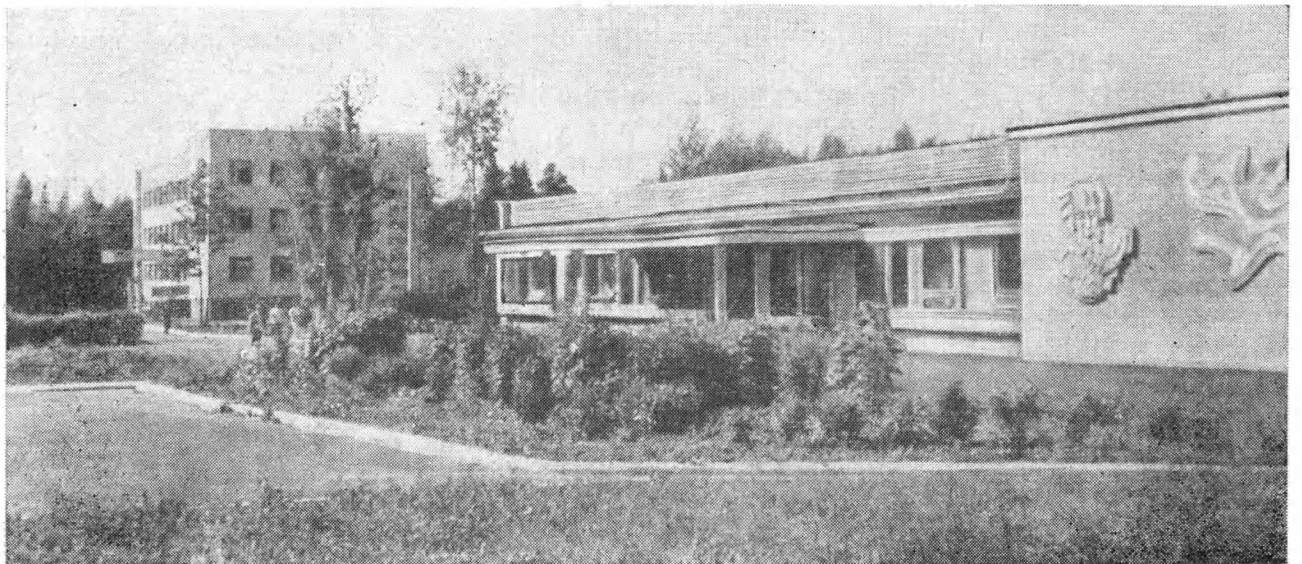
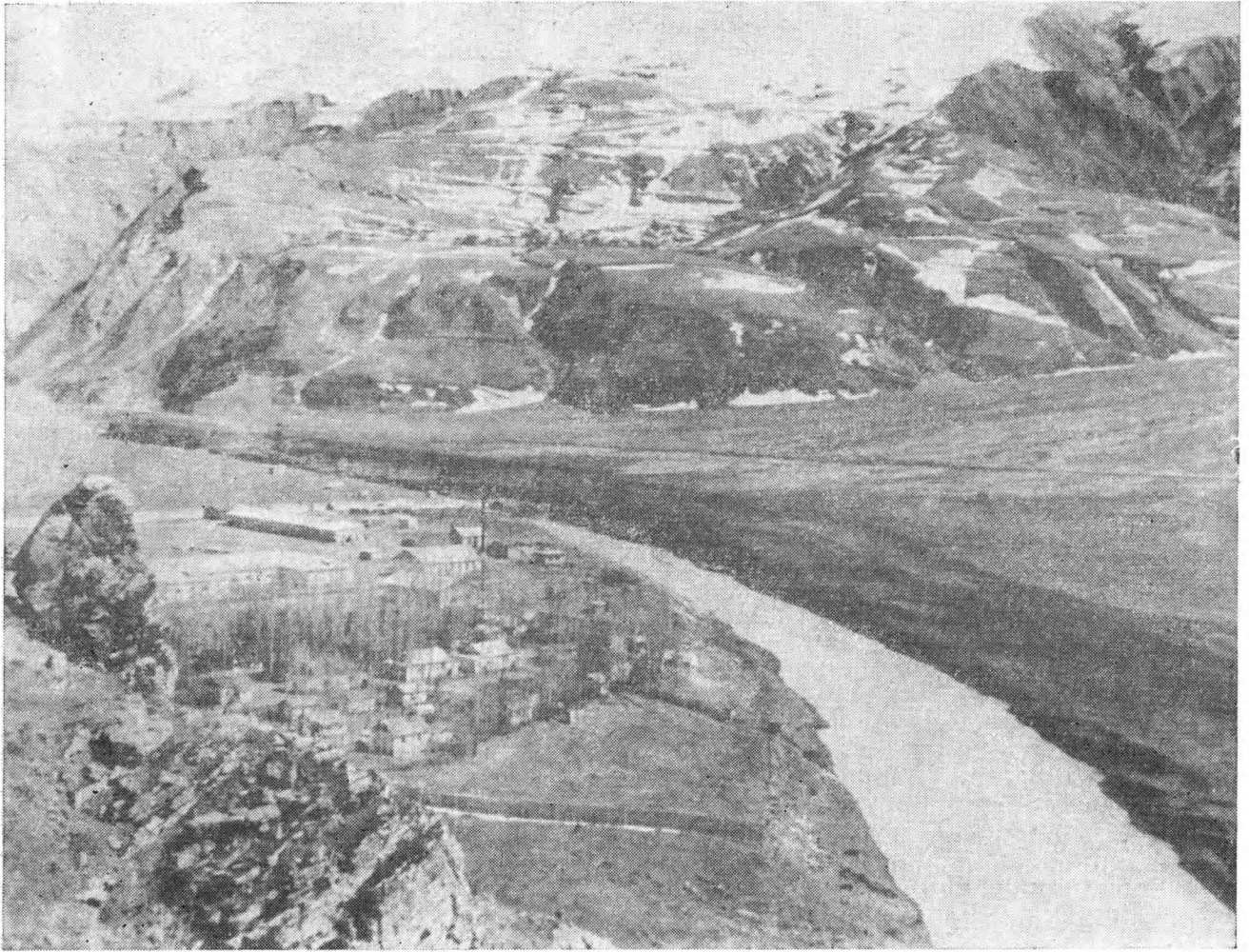
Теперь стало ясно, что сейсмический очаг нельзя изучать только методами классической сейсмологии. Необходимо привлекать также методы физики твердого тела. В связи с этим перед институтом возник ряд новых задач. Приходится рассматривать процессы в дискретной среде, состоящей из отдельных блоков, и считать среду многофазной, то есть учитывать ее твердую, жидкую и газовую составляющие. В такой среде механические процессы всегда сопровождаются (а иногда и вызываются) электрическими и магнитными, что подтверждают непосредственные наблюдения. Многие (если не все) геофизические процессы неустойчивы и, следовательно, реагируют на слабые воздействия. Возможна гравитационная неустойчивость и неустойчивость, вызванная фазовыми переходами, не исключен и триггерный эффект при весьма напряженном состоянии земного вещества перед землетрясением. Поэтому нельзя сбрасывать со счетов идею о возможном влиянии космических факторов и, в первую очередь, солнечной активности на зем-

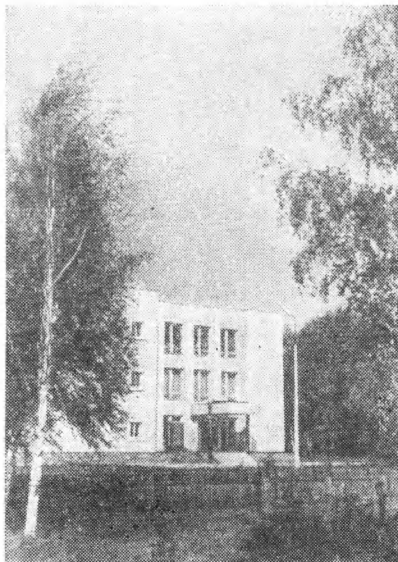


точные (вибросейсмь) («Земля и Вселенная», № 5, 1976, с. 57—62.—Ред.). Состав различных горизонтов земной коры исследуется и геологическими методами.

В институте уже много лет изучается **переменное электромагнитное поле Земли**. По исследованиям, например, геомагнитных пульсаций и волновых процессов в околоземном пространстве институт занимает ведущее положение в мировой науке. Данные глобальных экспериментов в сопряженных точках Земли («Земля и Вселенная», № 4, 1965, с. 74—78.—Ред.), на широтных и долготных профилях и геомагнитных полюсах детально анализируются вместе со

О. Ю. Шмидт (1891—1956)





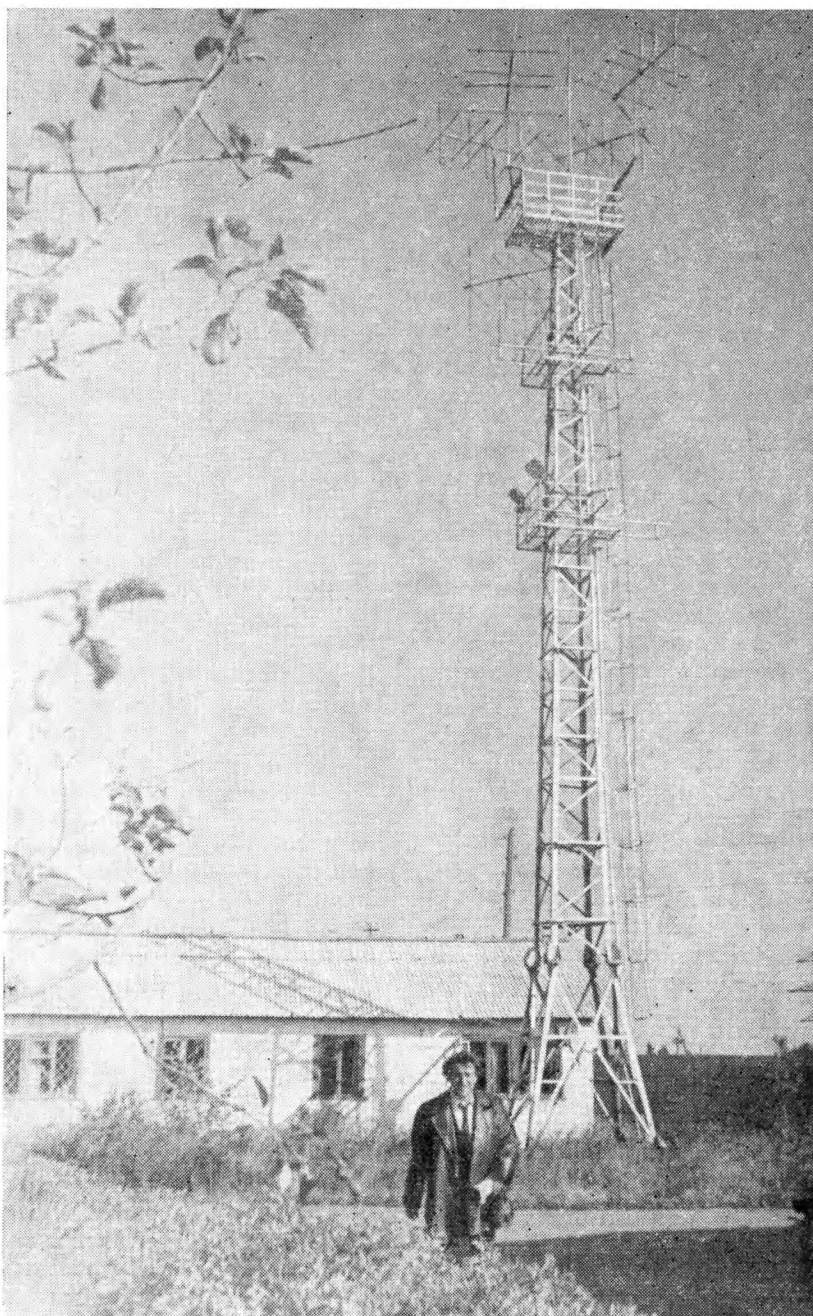
ные процессы. Геофизика, которая долгое время была, скорее, геомеханикой, ныне действительно становится разделом физики.

Работы в области **сейсмической разведки** в институте получили особое развитие в трудах Г. А. Гамбурцева и его школы. Созданные в ИФЗ новые методы сейсморазведки помо-

■ *Сейсмическая станция Гарм, расположенная в предгорьях хребта Петра I*

■ *Центральная сейсмологическая обсерватория в Обнинске*

■ *Новый корпус геомагнитной обсерватории в Борке (Ярославская область)*



гают решать практические задачи при поиске нефти, газа, руды в сложных геологических условиях.

В отличие от большинства геофизических методов, позволяющих увидеть лишь мгновенную картину распределения тех или иных свойств и состояний в земной коре и верхней мантии, геологические методы дают

возможность расшифровать сложную эволюцию различных явлений в земной коре, происходящих там в течение

■ *Центральная станция радиотелеметрического Алма-атинского полигона Института физики Земли АН СССР*

ние десятков и сотен миллионов лет. **Геологические исследования** в институте проводятся в нескольких направлениях, их общая цель — дать материал для выявления связи между процессами в земной коре и в более глубоких слоях. Для этого изучаются тектонические, магматические, метаморфические процессы, выясняются их взаимодействия, закономерности развития в геологической истории и распространение на поверхности Земли.

Тесный контакт двух разделов науки — геофизики и геологии — позволил заложить основы новой научной отрасли — **тектонофизики**. Физический подход к изучению деформаций и разрушения твердых тел открыл новые пути к выяснению и описанию физических условий, в которых развиваются тектонические процессы, образуются складки и разрывы в земной коре («Земля и Вселенная», № 6, 1968, с. 44—52.— Ред.).

Интерпретацию геофизических и геологических данных выполняет в институте сектор вычислительной геофизики. На базе современной математики и вычислительной техники здесь разрабатывают новые способы анализа первичных наблюдений, методы прогноза места и времени землетрясений и статистической оценки сейсмического риска.

Особое место в работах института занимают **исследования механического действия взрыва**. Сотрудники института развили оригинальные методы моделирования разнообразных взрывных процессов, которые применяются в практике. Теперь специалисты по физике взрыва успешно работают совместно с исследователями



сейсмического очага, поскольку методология этих направлений оказалась весьма близкой («Земля и Вселенная», № 3, 1969, с. 70—73.— Ред.).

Со времени образования СИАНа необходимая для работ специальная высокоточная аппаратура разрабатывалась и изготовлялась в основном собственными силами института. Имея опыт в научном приборостроении, институт оказал реальную помощь приборостроительной промышленности. В стенах института **создана высокоточная аппаратура**, используемая в разнообразных областях геофизики.

Внедрение результатов научных достижений в народное хозяйство — одна из важных задач Института физики Земли. Разработанные в институте **сейсмические, гравиметрические и электрометрические методы применяются в практике геологоразведочных работ**. Например, метод сейсмической разведки с успехом используется для поиска новых нефтяных месторождений в Предуралье, Тюменской области и других районах, а за открытие и внедрение пьезоэлектрического метода поиска и разведки полезных ископаемых группа ученых ИФЗ была отмечена Государственной премией СССР.

С учетом развитого в институте **сейсмического районирования** прово-

дится строительство в сейсмоопасных зонах. Сотрудники института изучали сейсмичность района, выбирали площадки для строительства плотин и определяли степень сейсмостойкости сооружений для Нурекской, Токтогульской, Саянской, Ингурийской и других ГЭС. Сейчас сотрудники института участвуют в подготовительных работах и выборе площадок для строительства атомных электростанций.

На основе методов математической экономики удалось создать **методику оценки сейсмического риска**, позволяющую оптимизировать антисейсмические мероприятия. Ее использование при строительстве Байкало-Амурской магистрали дало возможность сократить стоимость проекта более чем на 100 млн. рублей и одновременно повысить безопасность эксплуатации магистрали.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ СВЯЗИ

Активно участвует институт в международных научных исследованиях.

■ *Советско-австралийская гравиметрическая экспедиция в Папуа Новой Гвинее. Советские гравиметристы готовят приборы к очередным измерениям (1973 г.)*



Совместно с геодезистами сотрудники ИФЗ создали **высокоточную опорную гравиметрическую сеть на территории Советского Союза и социалистических стран**. По точности это одна из лучших опорных сетей мира. Совместно с австралийскими учеными выполнена большая работа — создан **Международный эталонный гравиметрический базис** от Новой Гвинеи до Тасмании протяженностью более 3500 км. По инициативе института в 1966 году было организовано **Геофизическое сотрудничество социалистических стран по комплексной программе «Планетарные геофизические исследования»**. Гравиметристы ИФЗ вместе с зарубежными специалистами в короткий срок выполнили огромную работу — привели к единой системе гравиметрические съемки на территории всех сотрудничающих стран, включая Кубу. В сотрудничестве с учеными социалистических стран была построена **«Карта скоростей вертикальных движений земной коры Восточной Европы»**.

В 50-х годах сотрудники института

провели большую работу для подготовки и осуществления крупнейшего научного мероприятия — **Международного геофизического года**. В полярных областях были созданы сейсмические станции, которые вместе с сейсмическими станциями США дали первые сведения о сейсмичности этих областей. Тогда же впервые в Советском Союзе удалось организовать станции с высокочувствительной аппаратурой для изучения пульсаций электромагнитного поля. На базе этих станций в дальнейшем развилось сотрудничество в области исследования волновых электромагнитных процессов с учеными Чехословакии, Франции, ФРГ, Кубы, США и других стран.

■ *Президент АН СССР академик А. П. Александров вручает Институту физики Земли АН СССР — победителю социалистического соревнования — переходящее Красное знамя ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ. Знамя принимает директор института академик М. А. Садовский (1978 г.)*

В 60-х годах ИФЗ был инициатором международного проекта **«Верхняя мантия и ее влияние на развитие земной коры»**, в котором участвовали специалисты более 50 стран. Институт был также главным организатором международного проекта по **изучению магнитосферы**.

На основе межправительственного соглашения 1973 года о сотрудничестве СССР и США в области охраны окружающей среды в институте совместно с американскими учеными ведутся **исследования по прогнозу землетрясений**.

Международное признание получили разработанные в ИФЗ новые тематические методы решения задач геофизики.

Высокий международный авторитет института во многом определил передовое положение советской геофизики. За большие успехи в развитии наук о Земле и подготовку высококвалифицированных научных кадров в 1971 году Институт физики Земли имени О. Ю. Шмидта АН СССР был награжден орденом Ленина.



ЭКСПЕДИЦИИ

Доктор географических наук
Г. Б. УДИНЦЕВ
Кандидат геолого-минералогических наук
А. Ф. БЕРЕСНЕВ
Кандидат физико-математических наук
В. М. ГОРДИН

«Иван Киреев» в Атлантике

Проблема границы между океаном и континентом — одна из интереснейших в глобальной тектонике Земли. Природа этой границы и ее расположение представляют не только научный, но и практический интерес. Проблема еще недостаточно разработана, и в свете нынешних тектонических концепций пока трудно удовлетворительно объяснить строение океанического дна на его периферии. Для полного понимания природы и истории границы океан — континент не хватает фактических данных.

Океанические окраины часто подразделяют на «активные» и «пассивные». К первым относят окраины тихоокеанского типа со свойственными им островными дугами, желобами, вулканизмом, сейсмическими зонами. «Пассивными» считают окраины атлантического типа («Земля и Вселенная», № 1, 1969, с. 30—39.— Ред.), лишенные таких структурных комплексов и ярких геологических феноменов. Однако в тектоническом отношении окраины атлантического типа также вполне активны, хотя активность эта иного рода. Вместе с тем структура земной коры и физических полей здесь проще и доступнее для исследований. Поэтому в качестве первоочередных задач пятилетней программы Института физики Земли АН СССР, посвященной изучению границы океан — континент, были намечены исследования океанических окраин именно атлантического типа.

МАРШРУТ

25 декабря 1977 года из Архангельска в экспедиционный рейс в Атлантику отправилось гидрографическое

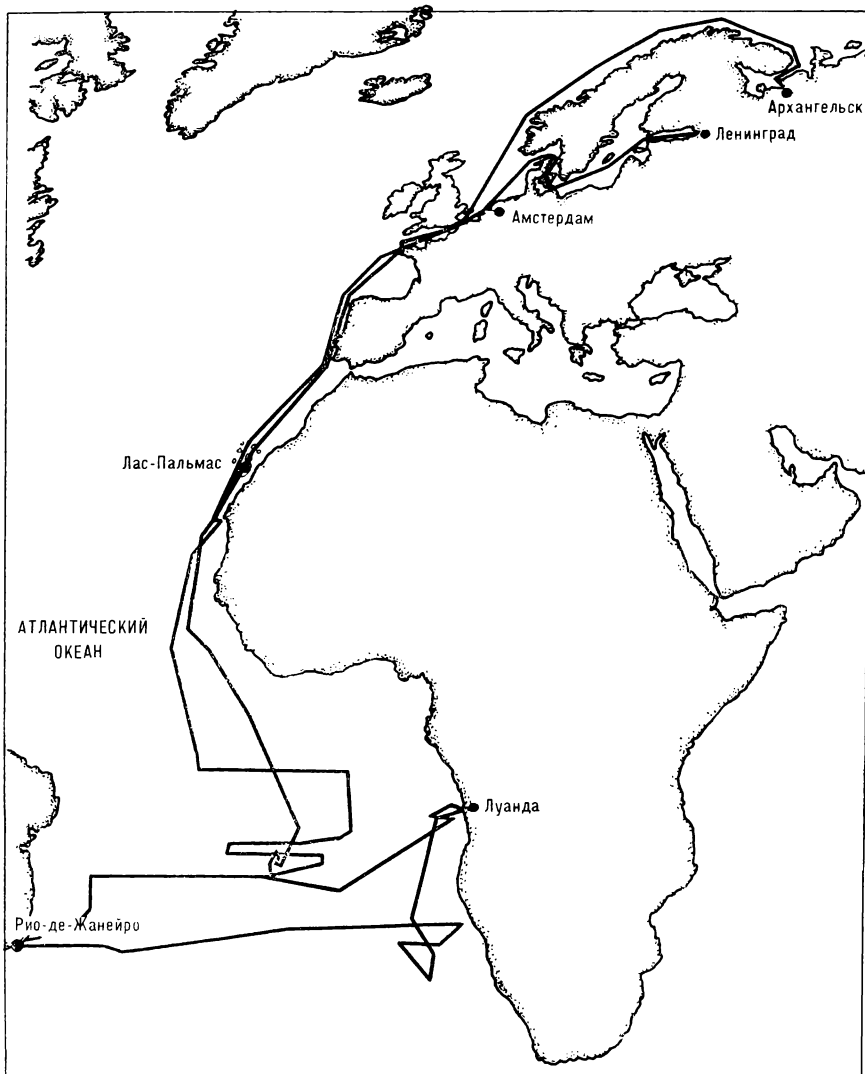


Схема маршрута

судно «Иван Киреев». Судно это водоизмещением 1600 т, обладающее хорошими мореходными качествами

и оснащенное современным навигационным оборудованием, было снабжено аппаратурой для непрерывного сейсмического профилирования, магнитометрической и гравиметрической съемки. Судно построено в Финляндии по заказу Министерства морского флота СССР и предназначено для исследований Северного Ледовитого океана. Там оно работает летом, а на зиму его арендует для своих работ Институт физики Земли АН СССР. В экспедиции принимали участие также наши коллеги из Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР и Горьковского политехнического института.


Пройдя Баренцево, Норвежское и Северное моря, судно вышло через Ламанш в открытую часть Атлантического океана. Ученые приступили к исследованию крупнейших морфологических структур Южной Атлантики: Срединно-Атлантического хребта, Гвинейского поднятия, Китового хребта, Ангольской и Бразильской котловин, возвышенности Сьерра-Леоне. Здесь изучался рельеф дна, мощность и структура осадочного чехла, морфология акустического фундамента (твердые породы дна океана под рыхлыми осадками — основной отражатель звуковых сигналов), магнитное и гравитационное поля.

Судно посетило порты Санта-Крус (остров Тенерифе), Луанда (Ангола), Рио-де-Жанейро (Бразилия), Лас-Пальмас (остров Гран-Канария), Амстердам (Нидерланды). Там пополнялись запасы питьевой воды и свежих продуктов, проводились привязки гравиметрических наблюдений,



участники экспедиции встречались с местными учеными.

В Южной Атлантике побывали многие экспедиции, но систематических исследований здесь не проводилось. Поэтому работы «Ивана Киреева» дали много нового для понимания даже общей картины морфологии дна океана. Например, удалось выявить неизвестные ранее формы рельефа дна и уточнить размеры и очертания уже известных форм. Плато в районе острова Святой Елены, обнаруженное экспедицией «Академика Курчатова» в 1975 году, оказалось значительно больше по размерам. В центральной части Бразильской котловины открыли и исследовали подводную гору, возвышающуюся на 2600 м над ложем котловины. Участники экспедиции предложили назвать ее именем академика Александра Виноградова. В южной части плато Святой Елены обнаружен крупный разлом. Его предполагается назвать в честь профессора Николая Сысоева, одного из основателей Института океанологии АН СССР.

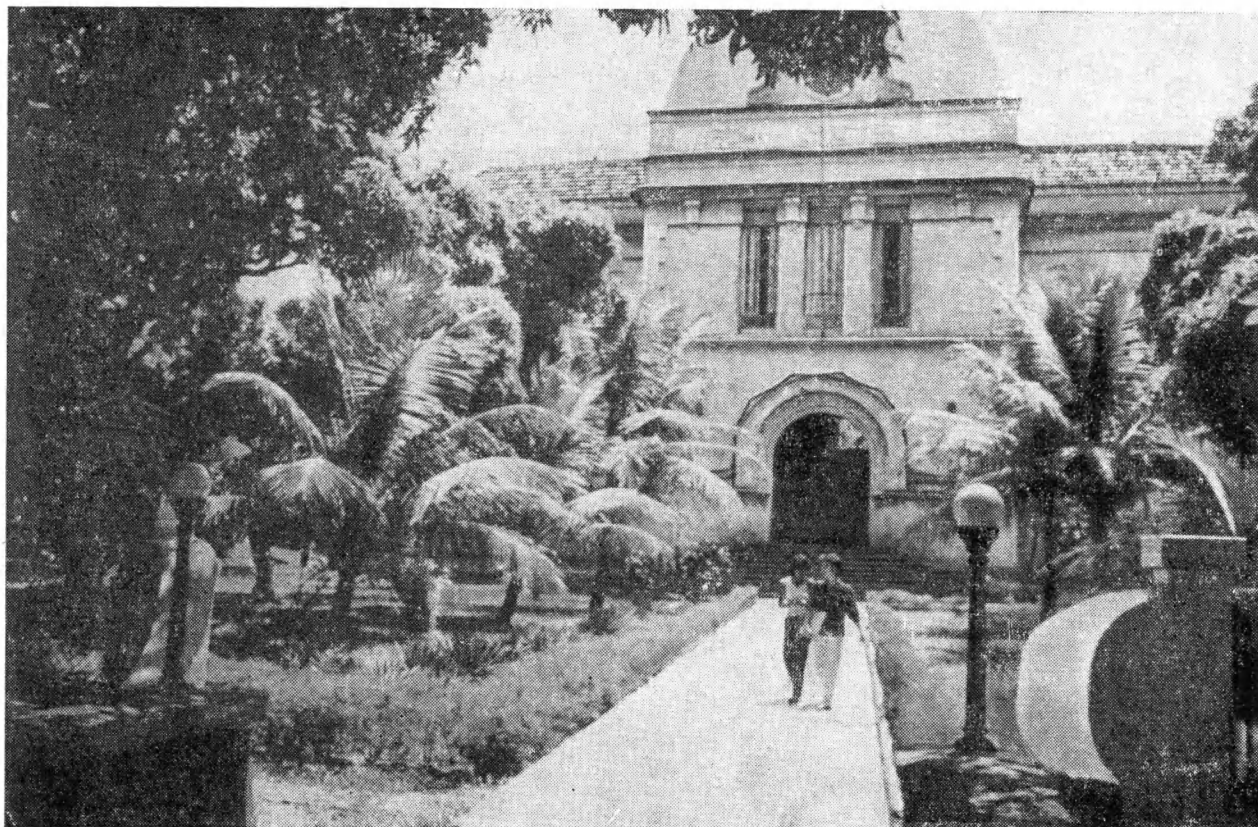
 Гидрографическое судно «Иван Киреев»

ДНО ЮЖНОЙ АТЛАНТИКИ

Еще больше новых результатов дал комплекс геофизических исследований. Прежде всего, удалось выявить структурную неоднородность дна и несколько четких зон, ориентированных примерно вдоль континентальных склонов Африки, Южной Америки и Срединно-Атлантического хребта.

В осевой части Срединно-Атлантического хребта выделяется **современная рифтовая зона** («Земля и Вселенная», № 5, 1974, с. 28—33.— Ред.) со свойственным ей грядовым рельефом, почти лишенным осадочного покрова, так что на дне обнажаются породы акустического фундамента. **Амплитуды аномального магнитного поля здесь велики**, они достигают 400 гамм. Драгировки и глубоководное бурение, проведенное с борта бурового судна «Гломар Челленджер», свидетельствуют о том, что акустический фундамент в рифтовой зоне сложен базальтами, а сама рифтовая зона выделяется на фоне Срединно-Атлантического хребта как узкое локальное поднятие.

По обе стороны от рифтовой зоны склоны Срединно-Атлантического



хребта переходят к ложу Ангольской и Бразильской котловин. Однако равномерный переход виден только на юге. На севере он нарушается огромным плато Святой Елены. Магнитное поле над склонами хребта и над плато Святой Елены носит примерно тот же характер, что и в рифтовой зоне, но **амплитуды аномалий становятся меньше** с удалением от нее, понижаясь до 100—150 гамм. Это согласуется с данными об увеличении возраста базальтов, остаточная намагниченность которых уменьшается по мере их старения.

При переходе к ложу Ангольской и Бразильской котловин обнаруживаются **узкие зоны интенсивных аномалий магнитного поля** с амплитудой 400—500 гамм. Они схожи с аномалиями рифтовой зоны, только период

их значительно больше. С ними совпадают участки сложного расчленения дна и акустического фундамента.

Поверхность ложа Ангольской котловины подстилается довольно мощным (300—400 м) и ровным слоем рыхлых осадков. В Бразильской котловине мощность осадочного чехла восточной части невелика, но в западной — резко возрастает. В обеих котловинах акустический фундамент имеет довольно ровную поверхность, которой соответствует почти невозмущенное магнитное поле. Судя по результатам бурения, полученным «Гломар Челленджером» в Бразильской котловине, этот акустический фундамент сложен базальтами. Но он не имеет здесь характерного грядового рельефа, как в рифтовой зоне и на склонах срединно-океанического хребта. По-видимому, базальты залегают в виде **траппов** (обширных лавовых полей), стелющихся ровными слоями. Образуют ли эти траппы по-

верхность «базальтового» слоя земной коры или перекрывают структуру слоев иного происхождения, пока остается неясным. Точно так же неясно, почему в котловинах магнитное поле спокойно. Может быть, здесь нет аномально намагниченных тел или они маскируются равномерно намагниченным базальтовым покровом?

По мере приближения к **периферии котловин** вновь появляются **полосы интенсивных аномалий магнитного поля** с большой амплитудой, достигающей 600—700 гамм. Характер рельефа дна и акустического фундамента также осложняется. Поверхность равнины, сложенной рыхлыми осадками, прерывается одиночными пиками поднятий акустического фундамента. Это — **подводные горы** или короткие гряды гор («Земля и Вселенная», № 2, 1978, с. 40—45.— Ред.). Ближе к континентам начинается подъем дна — континентальные склоны, покрытые мощным осадочным

■ *Геофизическая обсерватория в Рио-де-Жанейро*

чехлом. Местами он смят в складки вместе с подстилающим его акустическим фундаментом.

Бурением установлено, что в Ангольской и Бразильской котловинах акустический фундамент подводной окраины континентов сложен **эвапоритами** (отложениями солей), под которыми залегают толщи континентальных осадков. Слой эвапоритов с характерными соляными куполами спускается на дно Ангольской котловины и смыкается там со слоем ее акустического фундамента. Как в структурном отношении взаимодействуют эти два слоя, тоже пока неясно. По записям сейсмического профиля в одних случаях слой эвапоритов сменяется слоем базальтов, в других — эвапориты погружаются под поверхность базальтов.

Неоднородность структуры океанического дна в Южной Атлантике оказывается еще большей, если учесть, что здесь располагаются такие крупные поднятия дна, как Китовый хребет, возвышенности Рио-Гранде и Сьерра-Леоне, Гвинейское поднятие. Они резко нарушают симметрию строения дна океанической котловины, и морфоструктуры их существенно отличаются от морфоструктур срединно-океанического хребта. Для них характерны лишь **узкие полосы аномалий магнитного поля** вдоль склонов и большой мощности осадочный чехол. Интересна структура Китового хребта: его восточная часть имеет глыбовое строение, а западная представляет собой ряд вулканических гор.

Неоднородна и структура срединно-океанического хребта вдоль его простираения. Важнейшую черту этой неоднородности составляет плато Святой Елены, подобное Азорскому или Исландскому плато. Ширина рифтовой зоны здесь сильно меняется — она сравнительно узкая на юге и значительно шире на севере. Судя по магнитным аномалиям, Гвинейское поднятие и поднятие, отходящее от срединно-океанического хребта в сторону Южно-Антильских островов, — по-видимому, ответвление рифтовой зоны. **Множество поперечных разломов** пересекают срединно-океанический хребет. Есть среди них и такие гигант-

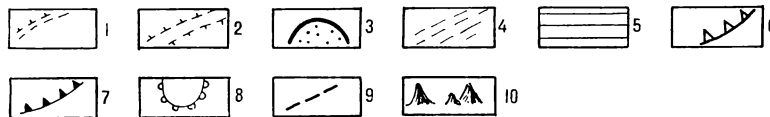
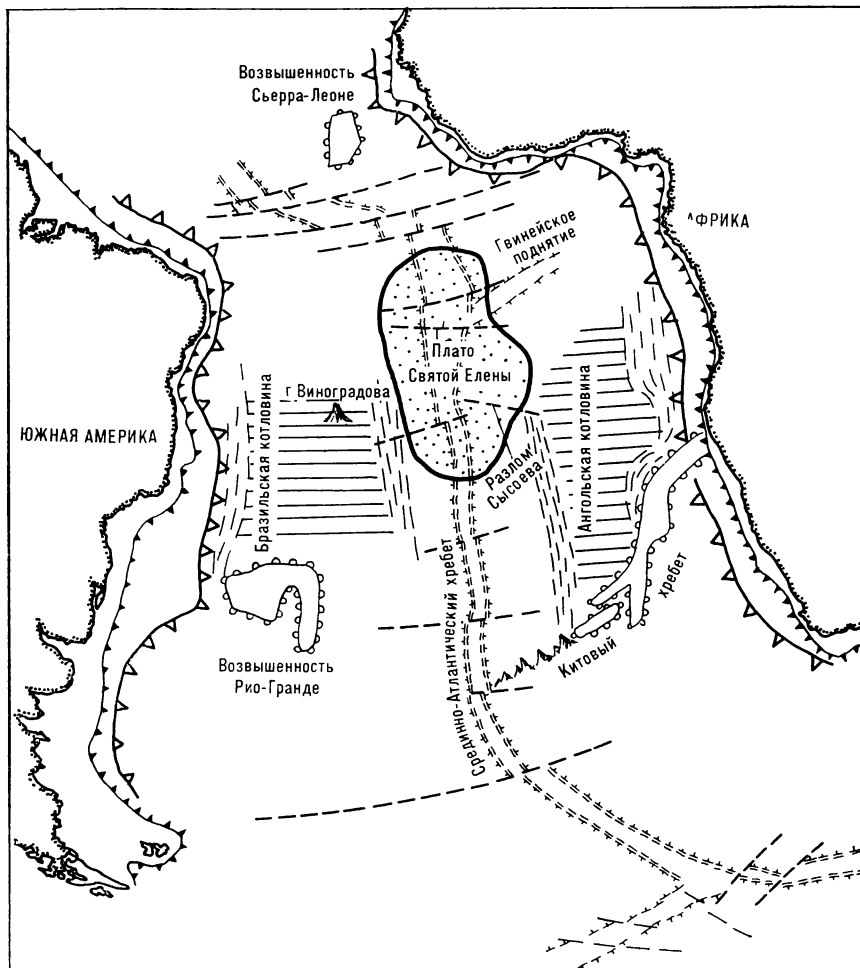


Схема структуры дна Южной Атлантики: 1 — современная рифтовая зона на Срединно-Атлантическом хребте, 2 — предполагаемые рифтовые зоны, 3 — плато Святой Елены, 4 — зоны краевых дислокаций, 5 — зона спокойных структур ложа котловины, 6 — подножье континентального склона, 7 — внешний край континентального шельфа, 8 — блоковые структуры Китового хребта, возвышенностей Рио-Гранде и Сьерра-Леоне, 9 — зоны разломов, 10 — подводные вулканические горы.

ские, как разлом Сан-Паулу, Романш, Чейн, Фернаду-ди-Норонья и Шарко, которые выходят далеко за пределы хребта. Они пересекают прилегающие котловины и достигают окраин континентов.

КАК ОБРАЗОВАЛАСЬ КОТЛОВИНА ЮЖНОЙ АТЛАНТИКИ?

Существование отдельных зон с различной структурой океанического дна говорит о том, что котловина Южной Атлантики в целом не могла возникнуть в результате только одно-

го процесса, например, **рифтогенеза** (процесс образования земной коры, протекающий в рифтовой зоне). Скорее всего, он сформировал структуру лишь самого срединно-океанического хребта, занимающего половину площади котловины. В других областях современные структуры дна сложились в результате **разрушения континентальных окраин**. Судя по масштабам погружений, выявленных бурением, и по ширине зоны краевых дислокаций (нарушений структур), которая установлена по интенсивным магнитным аномалиям, процесс разрушения охватил значительные пространства древних континентальных массивов.

Процесс рифтогенеза, с одной стороны, и прогрессирующее разрушение и погружение континентальных окраин,— с другой, привели к тому, что в образовавшихся котловинах сформировались базальтовые траппы, которые маскируют структуры более глубокого фундамента, а также границу между зонами рифтогенальных и деструктивных образований. Если считать, что интенсивные нарушения вблизи подножья склонов срединно-океанического хребта произошли на границе между ним и разрушенными и преобразованными структу-

рами континентальных окраин, то окажется, что большая часть котловин сформировалась при разрушении континента. Если же внешняя граница рифтогенальной структуры лежит вблизи внешнего края дислокаций континентального склона, то котловины в основном образовались в процессе рифтогенеза. В любом случае граница океан — континент мигрировала на большие расстояния.

Природа процесса разрушения континентальных массивов еще недостаточно ясна. В ходе его толщи континентальных и шельфовых осадков, по-видимому, частично замещались магматическими телами и перекрывались траппами. Но на каком фундаменте образовались траппы ложа котловин: на сформированном в процессе рифтогенеза или при разрушении континентальных окраин — вот главный вопрос, от которого зависит наше понимание природы и истории границы океан — континент в Южной Атлантике.

Итак, граница океан — континент в Южной Атлантике, по-видимому, перемещается в результате двух процессов — рифтогенеза и разрушения континентальных окраин, сочетающихся с траппообразованием. Эта гипотеза отличается от представлений, ос-

нованных на **концепции тектоники литосферных плит**, а также и от более ранних, связанных с идеей океанизации континентов. Процесс развития океанической впадины, как нам кажется, значительно сложнее. Одновременное проявление рифтогенеза и деструкции на широких пространствах легче всего объяснить в рамках **концепции умеренно расширяющейся Земли**. Однако здесь еще много нерешенных вопросов.

Каково происхождение структур фундамента ложа Ангольской и Бразильской котловин и фундамента плато Святой Елены? В какой степени это плато аналогично Исландскому, значительной части которого свойственна континентальная природа? В какой мере структура плато Святой Елены рифтогенальна? Каково происхождение возвышенности Сьерра-Леоне, блоковая структура которой имеет чрезвычайное сходство со структурой восточной части Китового хребта, и каково ее соотношение со структурами срединно-океанического хребта? На все эти вопросы должны ответить будущие экспедиции.

За время плавания «Иван Киреев» прошел около 25 000 миль. Рейс закончился 26 апреля 1978 года в Ленинграде.

В ПОМОЩЬ УЧИТЕЛЯМ АСТРОНОМИИ

Многие учителя астрономии в средних школах пока еще слабо владеют методикой преподавания этой дисциплины, испытывают значительные затруднения в проведении уроков,

в организации астрономических наблюдений, не имеют достаточных навыков работы со звездной картой, школьным астрономическим календарем.

Летом 1978 года при Курском институте усовершенствования учителей впервые работали курсы повышения квалификации учителей астрономии, на которые прибыло 30 учителей из сельских школ. Программа занятий была составлена учебно-методической секцией Курского отделения ВАГО. Активное участие в проведении курсов приняли действительные члены Курского отделения ВАГО В. Г. Власенко, Б. Е. Постников, А. Н. Суковатых.

Учителя прослушали лекции на те-



АСТРОНОМИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Доктор Х. БЕРНХАРД (ГДР)

Астрономия в политехнической средней школе ГДР

С интересом следили преподаватели астрономии ГДР за обсуждением содержания курса астрономии в советской средней школе будущего, проводившемся на страницах журнала «Земля и Вселенная» (№ 1, 3, 4, 6, 1975; № 4, 5, 6, 1976). И проект программы, составленный кандидатом педагогических наук Е. П. Левитаном, и дискуссия, в которой участвовали ученые и педагоги, содержат интересные предложения. Автор позволяет себе высказать соображения о целях и задачах преподавания астрономии в средней школе ГДР.

В 1979 году Германская Демократическая Республика отмечает 30-летие своего существования. Создание

Перевод с немецкого М. П. Балановой.

нашего социалистического рабоче-крестьянского государства — закономерный итог борьбы рабочего класса и всех трудящихся под руководством Социалистической единой партии Германии за образование миролюбивого демократического государства. В школах ГДР астрономия преподается уже 20 лет. Знакомство с этой наукой начинается в 1—5 классах. В 6—9 классах на уроках географии, физики, математики и истории сообщаются дальнейшие сведения по астрономии. Систематическое ее изучение проводится в 10 классе (1 час в неделю).

На уроках астрономии школьники узнают о небесных объектах и процессах, происходящих во Вселенной, получают сведения о движении, формировании и эволюции небесных тел

и связанных с этим закономерностях, знакомятся с историей астрономии и методами астрономических исследований. Школьники должны освоить простейшие наблюдения и обработке результатов наблюдений. Они должны научиться ориентироваться по звездному небу, работать с подвижной звездной картой, пользоваться диаграммой Герцшпрунга — Рассела, обращаться со школьными астрономическими инструментами, уметь применять в астрономии знания, полученные в курсах математики и физики. **Одна из основных целей преподавания астрономии — формирование и утверждение научного мировоззрения.** Уроки астрономии убеждают учащихся в материальности, эволюции и познаваемости мира.

мы: «Современные методы изучения небесных тел», «Радиоастрономия и ее достижения в исследовании Вселенной», «Современные представления о строении и развитии Вселенной», «Основные достижения космонавтики», «Практические задачи, решаемые с помощью искусственных спутников Земли», «Обзор учебной, методической и научно-популярной литературы по астрономии», «Методика решения задач в школьном курсе астрономии», «Активизация мышления учащихся на уроках астроно-

мии», «Наглядные пособия, используемые при изучении астрономии в школе». Программа курсов предусматривала также практические работы и наблюдения звездного неба и отдельных светил, посещения планетариев (областного и школьного), экскурсию на учебную обсерваторию педагогического института.

Известную помощь учителям астрономии оказали брошюры, написанные автором статьи: «Письменная проверка знаний учащихся по астрономии», «Программированная провер-

ка знаний учащихся по астрономии», «Активизация мышления учащихся на уроках астрономии при устном опросе», «Использование справочной литературы и подвижной звездной карты неба при изучении астрономии». Брошюры были изданы в конце 1977 года Курским институтом усовершенствования учителей и областным отделением Педагогического общества РСФСР.

Кандидат педагогических наук
Ю. Н. КЛЕВЕНСКИЙ

Принятая в 1971 году программа по астрономии («Земля и Вселенная», № 1, 1971, с. 24.—Ред.) расчленена на две основные темы: «Планетная система» (16 часов), «Астрофизика и звездная астрономия» (12 часов).

Первая тема включает следующие разделы: 1. Введение в астрономию (2 часа); 2. Земля как небесное тело (4 часа); 3. Луна — спутник Земли (3 часа); 4. Система планет (6 часов); 5. Эволюция представлений о планетной системе (1 час). Вторая тема содержит разделы: 1. Солнце (3 часа); 2. Звезды (5 часов); 3. Млечный Путь и внегалактические системы (2 часа); 4. Обобщающий обзор с элементами истории астрономии (2 часа). Кроме того, 3 часа отводятся на обязательные астрономические наблюдения.

Заметим, что в конце каждой темы обобщаются основные этапы развития наших представлений о Вселенной. **Исторические экскурсы очень важны.** В ходе изучения истории астрономии ученики должны уяснить, что сегодняшние знания о Вселенной — это результат многотрудного исторического процесса. Школьники овладевают знаниями по сферической астрономии, небесной механике, астрофизике и звездной астрономии, причем объем этих знаний и, особенно, форма подачи материала должны быть доступны учащимся.

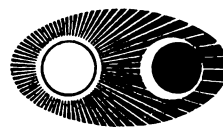
Следуя тенденциям развития астрономической науки, астрофизика занимает центральное место в курсе школьной астрономии. Уже в теме «Планетная система» излагаются вопросы физики Луны, планет и малых небесных тел. В теме «Астрофизика и звездная астрономия» преобладает астрофизический материал. Эта тема начинается с изучения Солнца — его строения, солнечной активности, солнечно-земных связей, энергии, вырабатываемой Солнцем. Ученики получают представление о спектральном анализе как рабочем методе астрофизических исследований. Мы особо подчеркиваем, что Солнце — наша ближайшая звезда. Учеников необходимо познакомить с тригонометрическими методами определения расстояний до звезд, достаточно подробно рассказать о диаграмме Герц-

шпрунга — Рессела и показать положение Солнца на этой диаграмме. При изучении Галактики мы обращаем внимание школьников на местонахождение в ней Солнца, подчеркивая, что наше дневное светило не занимает какого-то особого положения во Вселенной. Таким образом, **детальное изучение Солнца имеет особое значение в курсе школьной астрономии ГДР.**

Астрономические наблюдения учащиеся выполняют под руководством учителя во время занятий, а также самостоятельно (домашнее задание). В их распоряжение предоставляется телескоп (63/840), изготовленный народным предприятием «Карл Цейс Йена». При подготовке к наблюдениям школьникам рекомендуется посещать планетарий. Во время наблюдений они знакомятся с наиболее важными созвездиями, оценивают координаты звезд и видимые звездные величины, наблюдают в телескоп Луну, Венеру, Юпитер, Марс и двойную звезду Мицар. К сожалению, нередко погодные условия неблагоприятствуют наблюдениям. Поэтому не всегда удается наблюдать небесное тело именно в то время, когда соответствующий учебный материал изучается на уроках астрономии. В результате ученики недостаточно осознали, какие функции выполняют наблюдения в процессе астрономического познания.

Часто перерасходятся часы, отводимые на изучение систем координат, так как школьники нелегко усваивают этот материал. Имело бы смысл связать преподавание раздела о системах координат непосредственно с практическими наблюдениями и работой с подвижной картой звездного неба. В этом отношении интересно предложение Е. П. Левитана, который считает необходимым выделить для наблюдений 4 академических часа и в процессе подготовки к ним и во время наблюдений познакомить учеников со сферической астрономией на конкретных примерах.

Программа средней школы ГДР до сих пор не предусматривает никаких наблюдений Солнца, хотя организовать и провести их проще, чем вечерние наблюдения.

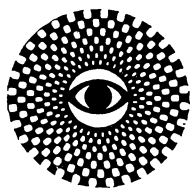


АСТРОНОМИ
ЧЕКОС
ОБРАЗОВАНИЕ

Космическая техника завоевала прочное место в астрономических исследованиях. Два урока астрономии непосредственно касаются космических полетов. Ученики узнают о задачах космонавтики, о значении космических полетов для прогресса науки и техники. Обсуждение проблем космонавтики не следует ограничивать только уроками астрономии. Вопросы космонавтики должны в большей степени, чем раньше, быть дополнением к другим учебным предметам. На это справедливо указывают участники дискуссии, проводившейся в журнале «Земля и Вселенная».

Космогонические вопросы изучаются на уроках астрономии в средней школе ГДР прежде всего в разделе «Звезды». Ученики получают представление об эволюции звезд. При рассмотрении планет мы лишь отмечаем, что планетные системы возникают на определенной стадии эволюции звезд. В школьном курсе астрономии мы не обсуждаем гипотезы о происхождении планет, а также вопросы возникновения и развития галактик и проблемы космологии. В проекте программы, разработанном Е. П. Левитаном, есть раздел «Космология и космогония». Мы считаем, что это интересное предложение заслуживает дальнейшего обсуждения.

Необходимая предпосылка для повышения качества преподавания астрономии — хорошая профессиональная и педагогическая подготовка учителей астрономии. **В ГДР делается многое для постоянного повышения квалификации учителей.** Наши советские коллеги, вероятно, знают о си-



ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

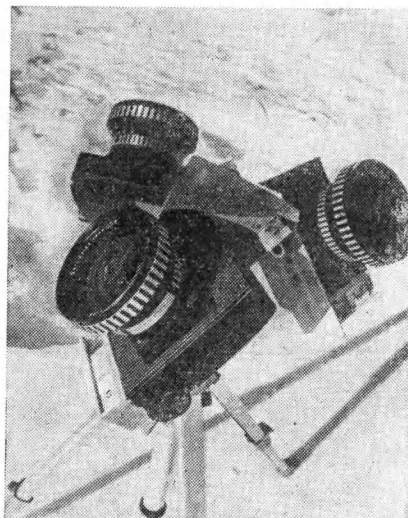
В. И. КОВАЛЬ

Приборы «Службы неба»

Всесоюзное астрономо-геодезическое общество начало организацию всесоюзной фотографической «Службы неба». В этой наблюдательной программе, цель которой — регистрация редких небесных явлений, может принять участие каждый любитель астрономии. С обычным фотоаппаратом или самодельным астрографом он должен систематически при благоприятной погоде получать три-четыре снимка определенного участка вечернего и ночного неба. Открытие кометы, новой звезды, регистрация падения метеорита или фотография шаровой молнии могут стать достойной наградой наблюдателю.

Для успешной реализации программы области неба (сумеречный сегмент, зенитная область) и звездные поля (по созвездиям) распределяются между наблюдателями. Съемка участков неба ведется на чувствительную пленку при длительных экспозициях. Единая методика наблюдений предполагает в будущем применение одинаковой аппаратуры.

Приборы «Службы неба» сконструированы и построены в астрофизической лаборатории Дворца пионеров Фрунзенского района города Москвы («Земля и Вселенная», № 4, 1975,



с. 79—82.—Ред.). Эта аппаратура хорошо зарекомендовала себя в многочисленных экспедициях, проводив-

■ *Трехкамерная подставка на штативе. Используются широкоплечные фотокамеры «Этюд» с объективом «Флектогон» (фокусное расстояние 20 мм, светосила 4, поле зрения 90°)*

шихся Московским отделением ВАГО. Она компактна, надежна, проста в изготовлении, имеет широкое поле зрения.

АСТРОКАМЕРА ДЛЯ «ВСЕГО НЕБА»

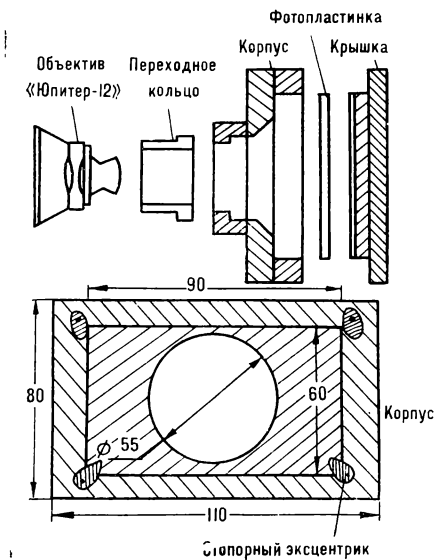
Простейшая астрокамера, пригодная для патрулирования неба,— обычный фотоаппарат. Чтобы охватить бо́льший участок неба, коллектив любителей астрономии должен изготовить многокамерные подставки, на которых крепятся от трех до шести фотоаппаратов. Еще один фотоаппарат для съемки околозенитной области можно положить на горизонтальную плоскость. Фотографировать небо лучше аппаратом типа «Зоркий» с объективом «Юпитер-12» (фокусное расстояние 35 мм, светосила 2,8, поле зрения 60°).

Вместо фотоаппарата можно использовать самодельную астрокамеру. Для ее изготовления нужен объектив «Юпитер-12», кассета для фотопластинок 6×9 см (можно обойтись и без кассеты), деревянный корпус и переходное кольцо. Внутреннюю поверхность всех деталей астрокамеры необходимо окрасить в черный цвет. Размеры корпуса и переходного кольца подбираются таким

систематически проводящихся в ГДР Днях школьной астрономии. 1 сентября 1978 года впервые началась очная подготовка учителей по специальности «физика и астрономия» в Йенском университете. При разра-

ботке соответствующей программы обучения наши ученые и педагоги почерпнули ценные сведения из опубликованного на страницах «Земли и Вселенной» проекта курса астрономии в советской средней школе.

Идеи, положенные в основу этого проекта, послужат хорошим стимулом для дальнейшего развития астрономического образования в ГДР.



образом, чтобы фотопластинка, прижатая плотной фанерной крышкой, оказалась бы в фокальной плоскости объектива. На поверхность крышки следует наклеить мягкую материю (фланель), закрывать крышку лучше с помощью стопорных эксцентриков.

Астрокамера, снабженная тремя объективами, может следить за «всем небом». Трехгранный каркас камеры с углами при вершине 130° делается из миллиметрового листового дюраля, а две боковые трапециевидные стенки — из 8-миллиметрового дюраля. Стенки жестко стягиваются четырьмя болтами. На передней трехгранной панели устанавливаются три

■ Основные узлы самодельной астрокамеры и корпус камеры (вид со стороны крышки)



объектива «Юпитер-12», на нижней части каркаса — крышка. Объективы разделены защитными черными экранами из тонкой жести. Экраны крепятся к передней панели астрокамеры. Внутри каркаса есть четыре тонких стальных ролика скольжения, по которым протягивается пленка, подающая и приемная бобины с широкой 6-сантиметровой пленкой. Ролики скольжения изготавливаются из анодированных вязальных спиц диаметром 3 мм.

Съемка производится на стандартную широкую пленку, на которой одновременно экспонируются три кадра. Одно руло пленки хватает на три различные экспозиции. Чтобы обеспечить хорошее натяжение пленки на роликах скольжения, подающая бобина с пленкой должна вращаться с заметным усилием, а приемная бобина не должна иметь обратного хода. Это достигается с помощью заводной шестеренки от будильника.

Объективы следует хорошо отъюстировать, чтобы следы звезд на пленке выглядели тончайшими черточками.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ГИДИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО

Многие наблюдатели гидируют астрокамеры вручную. Если требуется получить за ночь две-четыре фотографии «своего» созвездия с экспозицией от 10 до 20 минут, такая методика пригодна. Но чтобы регистрировать метеоры или болиды, нужны более длительные экспозиции (20—40 или 60 минут), и тогда гидирование, безусловно, должно быть автоматическим, причем его высокая точность необязательна.

Во Дворце пионеров Фрунзенского района города Москвы разработано автоматическое гидирующее устройство «Микро». В этой параллактической установке используется часовой механизм суточного барографа. Суточные барографы и часовые механизмы к ним бывают в продаже. Ста-

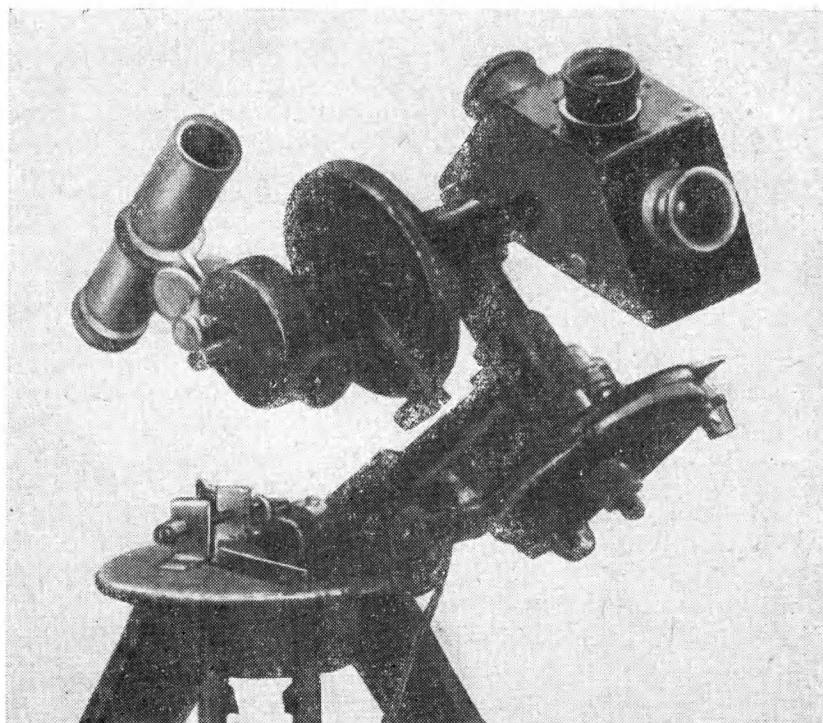
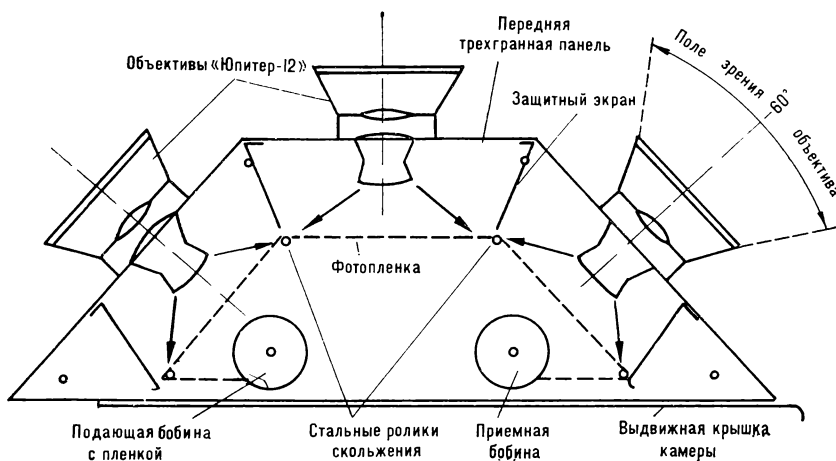
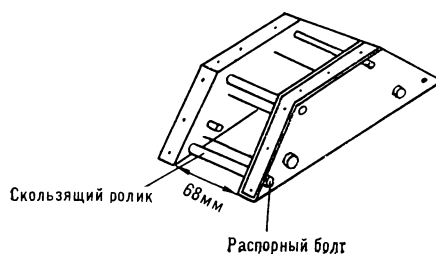
■ Григорий Толстой и Алексей Харламов готовят к наблюдениям самодельную астрокамеру с объективом «Юпитер-12»

рые модели этих приборов можно разыскать на метеостанциях или в школах. Простота конструкции, дешевизна и доступность используемых узлов и деталей позволяют рекомендовать установку «Микро» всем любителям астрономии, желающим заняться астрогографией.

Для сборки установки нужны два опорных кольца, пластина и вилка. На пластине крепится барабан барографа в соответствии с широтой места наблюдений, а в вилке — астрокамера. Вилка вставляется в полярную ось установки. Астрокамеру можно заменить фотоаппаратом любой конструкции. Его только следует уравновесить относительно оси вращения, иначе часовой механизм будет работать неточно.

Прежде чем приступить к изготовлению параллактической установки, необходимо убедиться, что барограф суточный (а не недельный), затем проверить, в какую сторону вращается шестерня в барабане, поскольку встречаются различные модели механизмов. Если при направлении на полюс мира вращение шестерни не соответствует суточному, то нужно либо вставить промежуточную равнозубцовую шестерню, либо устанавливать на опорной пластине шестерню и полярную ось, а вилку с астрокамерой монтировать непосредственно на барабане барографа.

При сборке астрографа можно обойтись и без дюралевых опорных колец, если их негде выточить. В этом случае барабан крепится винтом непосредственно за пластмассовый корпус. Барабан устанавливают неподвижно, если астрограф используется стационарно, и на поворотной скобе с двумя тонкими подставками по бокам, если он предназначен для работы в различных широтах.



■
Схема каркаса и устройства астрокамеры с тремя объективами

■
Астрокамера с тремя объективами «Юпитер-12» на параллактической установке с часовым механизмом и гидом



Опорную пластину и вилку можно сделать из дюраля, многослойной фанеры или дерева. Их размеры определяются тем, каким штативом и фотокамерой располагает наблюдатель.

Завод пружины обеспечивает постоянную работу часового механизма в течение 36 часов. При большом поле зрения объектива мелкие неточности в гидировании несущественны.

Установка «Микро» была представлена на творческой выставке III Всесоюзного слета юных астрономов в Баку в августе 1976 года («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 82—87.—Ред.). Там же демонстрировалась малогабаритная параллактическая установка «Комета». Она была сконструирована специально для съемки кометы Когоутека («Земля и Вселенная», № 4, 1974, с. 44—51.—Ред.) и надежно работала зимой 1973/74 года в сложных высокогорных условиях Тянь-Шаня (на высоте 4000 м). В дальнейшем установка «Комета» использовалась для гидирования многокамерных подставок с пятью или шестью фотоаппаратами. На слете

Параллактическая установка «Микро» с астрокамерой

астрофизическая лаборатория Дворца пионеров Фрунзенского района города Москвы получила вторую премию за конструирование приборов «Службы неба».

Установка «Микро» оказалась настолько проста и удобна в эксплуатации, что вскоре аналогичные установки появились в Крымском и Ярославском отделениях ВАГО. Установка «Комета» — сложный прибор, для изготовления которого необходима мастерская, оборудованная токарными и фрезерными станками.

КАК ОРГАНИЗОВАТЬ НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения по программе «Служба неба» лучше проводить на возвышенных местах, откуда хорошо виден горизонт и где нет постороннего освещения. Прежде чем переходить к патрулированию неба, нужно сделать пробные фотографии, чтобы выявить наиболее благоприятный режим съемки, проверить качество астрографа и гидирования. В течение двух-трех вечеров следует проэкспонировать несколько пленок со стандартными выдержками 5, 10, 20, 40 и 60 минут. Съемку можно начинать с сумеречного сегмента — самой светлой области вечернего неба, где летом могут наблюдаться серебристые облака. Сегмент фотографируется с экспозициями $1/2$, 1, 3 и 5 минут, причем желательно постоянно пользоваться пленками одинаковой чувствительности, например 130 ед. ГОСТа. Проявив контрольные пленки, следует в зависимости от результатов остановиться на одном и том же наборе экспозиций, например: 1 минута — для сегмента, 10 и 40 минут — для звездных полей.

Перед началом патрульных съемок на астрографе «Микро» необходимо убедиться в хорошей работе часового механизма, затем включить затвор на длительную выдержку и только после этого снять крышку с объектива. Когда экспозиция закончится, объектив осторожно прикрывается крышкой, потом отпускается затвор и переводится кадр. Чтобы во время съемки на объективы не попадала роса или изморось, рекомендуется пользоваться противоросником



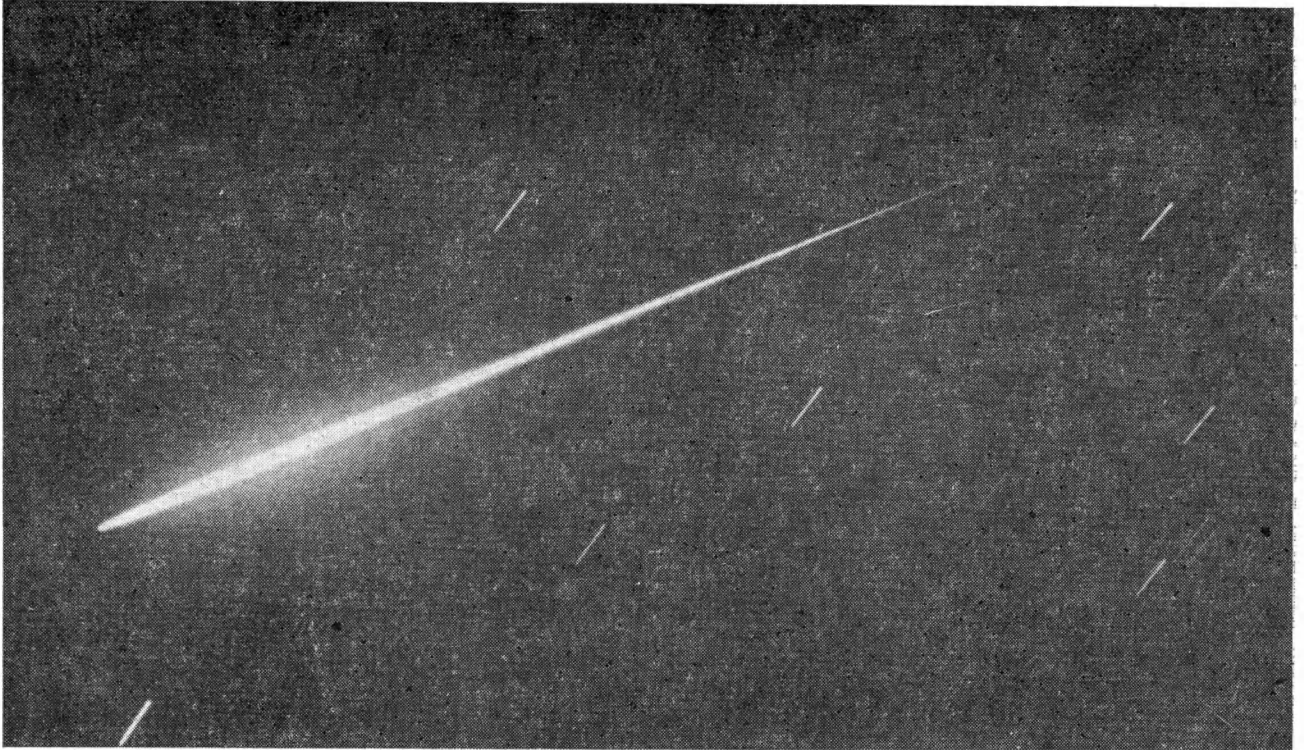
с термоподогревом. Таким противоросником служит лампочка от карманного фонаря, помещенная в светонепроницаемую жестяную коробку возле объектива.

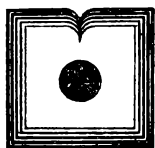
Во время наблюдений по программе «Служба неба» каждый аппарат и пленка должны быть пронумерованы, а в журнале наблюдений для каждой пленки нужно отмечать последовательность кадров, дату съемки, момент начала и конца экспозиции. Если небо фотографируется малоформатными аппаратами, в кассету рекомендуется заряжать не более $1/2$ — $1/3$ рулона пленки, чтобы не откладывать надолго ее проявление и контроль результатов. Лучше пользоваться мелкозернистыми медленно работающими проявителями (типа МП-1), а при их отсутствии — нормальными. Для хранения пленок и отдельных негативов надо приобрести или сделать самому фототеку. Дважды в год, в апреле и октябре, короткие сводки результатов наблюдений с наиболее интересными и ценными фотографиями просим высылать в Центральный совет ВАГО по адресу: 103 009 Москва, а/я 918.

Напоминаем, что звездные поля лучше снимать в околзенитной области, а яркие метеоры «ловить» ближе у горизонта.

Яркий метеор на фоне созвездия Кассиопеи 13 февраля 1977 года. На неподвижной фотокамере снимок сделали наблюдатели «Службы неба» из Ярославля Эдуард Кайгородцев, Эдуард Егоров и Валерий Варпачев

Комета Уэста весной 1976 года. Андрей Костылов и Михаил Биленкин получили фотографию с помощью параллактической установки «Комета»





КНИГИ
О ЗЕМЛЕ
И НЕБЕ

Кандидат физико-математических наук
В. А. БРОНШТЭН

Планеты, открытые заново

За последние 10—15 лет наши знания о планетах Солнечной системы претерпели кардинальные изменения. Благодаря применению космических аппаратов и новых совершенных наземных методов исследования нам стало известно о планетах не просто больше, чем раньше, а в 10, в 100 раз больше. Планеты открыты фактически заново!

Что мы знали о ближайшей к Земле планете Венера в 1963 году? Орбиту, размеры (неточно), альbedo и факт наличия атмосферы и облачного слоя. Ни период вращения, ни точный радиус, ни состав атмосферы, а тем более поверхности, ни рельеф, ни магнитное поле планеты нам не были известны.

Астрономы много лет спорили о существовании на Марсе каналов, обнаруженных Дж. Скиапарелли, не подозревая, что спустя почти 100 лет на планете будут открыты настоящие каналы, ничего общего не имеющие с предполагавшейся геометрической сетью гидротехнических сооружений. Эти узкие извилистые меандры дали ученым не менее пищи для размышлений, чем заманчивая, но не оправдавшаяся гипотеза П. Ловелла.

Планета Меркурий, не обладающая ни атмосферой, ни облачным слоем, подобно Венере, была полной загадкой для астрономов до тех пор, пока фотографии, переданные космическим аппаратом, не показали ее такой, как она есть: с кратерами, бассейнами (разумеется, «сухими») — это новый планетоведческий термин), сложным рельефом. Стало возможным сравнительное изучение рельефа ряда планет земной группы — Земли, Марса, Меркурия, Луны. Ско-



ро мы многое узнаем и о рельефе Венеры, поверхность которой люди впервые увидели в 1975 году на панорамах, переданных спускаемыми аппаратами «Венера-9 и -10». Правда, общие представления о венерианском ландшафте уже сложились из радиолокационных наблюдений.

Гигант Юпитер раскрыл перед нами свои необычные свойства: мощное магнитное поле, протяженные радиационные пояса, облачные полосы и вихревые образования в атмосфере (крупнейшее из них — знаменитое Красное Пятно), потоки радиоизлучения различной природы. А сколько нового и неожиданного мы

узнали о спутнике Юпитера Ио, о спутнике Марса Фобосе и о многих астероидах! Обо всем этом рассказал Л. В. Ксанфомалити в книге «Планеты, открытые заново» (М., «Наука» 1978).

Книга имеет три несомненных достоинства. Она написана на высоком научном уровне, сообщает результаты новейших работ по физике планет, излагает их живо, интересно и доходчиво. В книге есть и весьма нетривиальные разделы, например глава «Немного о проблемах главной планеты». Как нетрудно догадаться, речь идет о нашей Земле — главной планете человечества. И в этой главе рассказывается, пожалуй, тоже о главных проблемах человечества — проблемах экологических. Как изменяется состав атмосферы Земли в результате деятельности человека? Угрожает ли земной атмосфере обеднение кислородом, загрязнение окисью углерода, запыление, разрушение ее озонового слоя? Что сулит человечеству рост содержания углекислого газа на 0,01%? Обо всем этом любой из нас прочтет с захватывающим интересом и вполне понятным волнением за судьбу природной среды нашей планеты.

Последняя глава книги — «Автоматы не знают сомнений». В ней описывается работа различных автоматических межпланетных станций и проблемы их дальнейшего использования и усовершенствования. Конечно, с названием этой главы можно поспорить: известные случаи, когда автоматы приносили результаты, которые можно было трактовать по-разному (вспомним хотя бы первые передачи с «Викингов» о результатах биологи-

Время и Вселенная

Каждый этап в осмыслении времени связан с развитием наук о Вселенной. Уже своими первыми научными знаниями о времени — его арифметизацией и нахождением объективной единицы длительности — человечество обязано прежде всего астрономии. Эволюция представлений о времени столь же определенно влияла на формирование знаний о Вселенной, и потому проблема времени все чаще обсуждается в рамках астрофизических исследований.* Но каков механизм этой взаимосвязи? Лежат ли в его основе однозначные ответы на вопросы о природе времени или пути познания времен-

* Например, Я. Б. Зельдович, И. Д. Новиков «Строение и эволюция Вселенной». М., «Наука», 1975, с. 711—714.

ной структуры реальности столь запутаны, что в них нельзя выделить магистрального направления и о временном развитии мира мы судим, следуя различным концепциям времени?

Ответы на эти и многие другие вопросы читатель найдет в книге Ю. Б. Молчанова «Четыре концепции времени в философии и физике» (М., «Наука», 1977) — одной из немногочисленных отечественных монографий, посвященных проблеме времени. Книга написана на основании тщательного анализа исторических и современных данных физики, астрономии и космологии. Методологическая ориентация на комплекс этих научных дисциплин, по мнению автора, вытекает из постановки проблемы времени: «Выяснение объективного содержания этой категории, то есть

того, какие аспекты реальности она отражает, на наш взгляд, и составляет содержание проблемы времени. Главным здесь, видимо, является все же изучение более простых материальных систем, составляющих неживую природу (поскольку эти более простые системы являются и более фундаментальными)...» (с. 4).

Познакомив читателя с проблемой времени, Ю. Б. Молчанов раскрывает историю формирования и содержание двух пар концепций времени — субстанциональной и реляционной, динамической и статической. Вкратце их суть заключается в том, что **«субстанциональная»** концепция рассматривает время как особого рода субстанцию, наряду с пространством, веществом и пр. **«Реляционная»** концепция считает время отношением (или системой отношений) между физическими со-

ческих экспериментов). Но в целом и эта глава написана хорошо.

Автор старается не перегружать изложение сложной научной информацией, и время от времени, чтобы дать читателю умственную разрядку, он переходит к шутке. Так, для иллюстрации взаимосвязи развития различных звеньев цепи в экологической системе на Земле он приводит известный пример Ч. Дарвина о влиянии числа домашних кошек на производство шерсти в Англии (с. 131)

Замечаний по книге можно сделать очень немного, и все они касаются мелких ошибок и даже опечаток. Так, на с. 127 приводится правильный термин «алармисты», а на с. 130 можно прочитать об оценке «аламаристов». Но вот «планетозима-

ли» на с. 24 — это уже не опечатка, поскольку такое написание термина повторяется дважды (правильно — «планетезимали»). На с. 4 сказано: «Плоскости их орбит мало наклонены к плоскости орбиты Земли, называемой эклиптической». Но ни орбита Земли, ни ее плоскость не называются эклиптической. Эклиптика — это большой круг на небесной сфере, плоскость которого параллельна плоскости земной орбиты. Очевидно, что и наклоны плоскостей орбит планет к плоскости эклиптики и к плоскости земной орбиты равны, а потому часто между ними не делают различия (не называя, однако, земную орбиту эклиптической). Неверно, что масконы на Луне имеют форму шара — они плоские и напоминают скорее линзы

(с. 16). Эти мелкие недочеты несколько не умаляют достоинств книги.

Есть в книге и спорные утверждения, но без споров не рождается истина. И читатель, даже специалист (а книга интересна и для специалистов), с удовольствием прочтет изложение весьма дискуссионной гипотезы о том, что Меркурий — бывший спутник Венеры...

Книга иллюстрирована хорошими фотографиями планет и ландшафтов на планетах. На одной из них читатель увидит даже «существо на Венере», а точнее, вулканическую бомбу, весьма напоминающую ящера. Остается пожалеть, что в книге нет цветных иллюстраций ландшафтов Марса, которые значительно украсили бы ее.

бытиями» (с. 5). Согласно динамической концепции, «все события во Вселенной объективно разделяются на прошлые (уже не существующие), настоящие, которые (и только они) существуют реально, и будущие (еще не существующие). Относительно момента настоящего времени события непрерывно меняют свое положение: события будущего трансформируются в события настоящего и затем в события прошлого. Изменение порядка событий и выражается терминами «течение времени» или «становление»... Согласно статической концепции, различие между прошлым, настоящим и будущим примерно того же рода, что и между различными точками пространства. Наше сознание, двигаясь вдоль своей мировой линии, так сказать, «наталкивается» на различные события, встречается с ними; этот момент встречи и переживается нами как «настоящее время», или «теперь». Становление здесь рассматривается как иллюзия, возникающая в момент встречи сознания с тем или иным объектом...» (с. 161).

Книга дает много для понимания методологической роли астрономии в становлении той или иной концепции времени. Выясняется, что не только данные о времени, которые получала астрономия, но и ее принципы анализа сыграли большую роль в формировании идеала теоретического отношения ко времени в классической физике. Это показано, прежде всего, при анализе трактата Н. Коперника «О вращениях небесных сфер». Ю. Б. Молчанов отмечает, что именно от Коперника идет «традиция определения времени как логико-математической структуры» (с. 41), что «именно Коперник впервые предпринимает попытку чисто феноменологического определения понятия времени» (с. 39), которое затем было развито в физике.

Различение двух пар концепций времени не нововведение автора монографии. Интенсивное формирование представлений о том, что природа времени в его отношении к материальным системам раскрывается через противоположные и, как казалось на первых порах, альтернатив-

ные концепции времени, началось в связи с осмыслением мировоззренческих выводов, следующих из специальной теории относительности. Дискуссии привели к выводам об исторически сквозной конфронтации концепций времени, вслед за чем последовало несколько поспешное отождествление диалектико-материалистической концепции времени с одним из сугубо реляционных вариантов. При этом типы существовавших реляционных концепций фактически не различались. Заслуга Ю. Б. Молчанова в том, что, поставив вопрос о соотношении между существующими концепциями времени, он раскрывает не только их историческую преемственность, но и естественнонаучную конкретность. В нашей литературе впервые дано целостное представление об исторически существовавших противоположных концепциях времени, начиная с их возникновения и до наших дней. Так, из первой главы: читатель узнает, какими были представления о времени в античной и средневековой философии. Во второй главе рассказывается о становлении классической концепции времени. В третьей главе излагаются представления о времени в философии и естествознании XIX века. Триумфу реляционной концепции в связи с созданием специальной теории относительности посвящена четвертая глава. И в последней, пятой главе, автор рассматривает наиболее актуальные аспекты проблемы

времени под углом зрения тех выводов, которые следуют из ретроспективного анализа, проведенного в предыдущих главах. Ценно то, что автору удалось избежать соблазна излишне преувеличить историческое значение одной из концепций времени и, тем более, поставить точку над «і», закрепив за одной из существующих концепций абсолютное право на истинность и жизненность. Напротив, он сумел сформулировать сложную методологическую проблему синтеза таких, казалось бы, противоположных и несовместимых на первый взгляд концепций, как субстанциальная и реляционная, статическая и динамическая. Ключом к этому синтезу, на наш взгляд, может послужить осмысление происходящего ныне и исторически имевшегося ранее взаимодействия наук. Дело в том, что стержневым в этом процессе зачастую оказывается именно понятие времени, что способствует обнаружению достоинств и слабостей существующих концепций времени.

Познание времени относится к числу важнейших мировоззренческих проблем нашего века. Свидетельством тому — создание Международного общества по изучению времени, представительные конференции философов и естествоиспытателей, лавинообразный поток публикаций по проблеме времени в мировой печати. Войти в дискуссионный мир проблемы времени, и войти во всеоружии, поможет читателю интересная книга Ю. Б. Молчанова.



ОТВЕТЫ
НА ВОПРОСЫ
ЧИТАТЕЛЕЙ

20 лет назад была запущена к Луне первая советская автоматическая станция «Луна-1». Расскажите, пожалуйста, какие советские космические аппараты исследовали Луну и окололунное пространство.

Л. Б. Сахаров (Киев)

По просьбе редакции таблицу запусков советских автоматических станций к Луне подготовил кандидат физико-математических наук В. В. ШЕВЧЕНКО.

Название	Дата запуска	Основное содержание эксперимента
«Луна-1»	2.I.1959	4 января 1959 года станция прошла на расстоянии 5000–6000 км от Луны. Проведены исследования межпланетного пространства на трассе перелета и вблизи Луны.
«Луна-2»	12.IX.1959	13 сентября 1959 года станция достигла поверхности Луны в районе с координатами: 0° д., 30° с.ш. На трассе перелета исследовалось межпланетное пространство.
«Луна-3»	4.X.1959	7 октября 1959 года проведена съемка обратной стороны Луны с расстояния около 70 000 км, изображения переданы на Землю по каналам радиосвязи.
«Луна-4»	2.IV.1963	6 апреля 1963 года станция прошла на расстоянии 8500 км от Луны.
«Луна-5»	9.V.1965	12 мая 1965 года станция достигла поверхности Луны, проводилась отработка системы мягкой посадки.
«Луна-6»	8.VI.1965	Отработка мягкой посадки.
«Зонд-3»	18.VII.1965	20 июля 1965 года получены и переданы на Землю снимки обратной стороны Луны с расстояния около 10 000 км, завершен предварительный обзор поверхности лунного шара.
«Луна-7»	4.X.1965	Отработка мягкой посадки.
«Луна-8»	3.XII.1965	Отработка мягкой посадки.
«Луна-9»	31.I.1966	3 февраля 1966 года осуществлена мягкая посадка на западной окраине Океана Бурь – в районе с координатами: 64°22' з.д., 7°08' с.ш. Получены первые панорамы лунной поверхности.
«Луна-10»	31.III.1966	Станция выведена на орбиту искусственного спутника Луны (ИСЛ). Выполнены комплексные орбитальные исследования Луны и окололунного пространства – радиационной и метеоритной обстановки, гравитационного поля, рентгеновского, инфракрасного и гамма-излучений Луны, проведены магнитометрические измерения.
«Луна-11»	24.VIII.1966	ИСЛ. Комплексные исследования Луны и окололунного пространства с орбиты.
«Луна-12»	22.X.1966	ИСЛ. Продолжены комплексные исследования Луны и окололунного пространства, проведена фотосъемка поверхности, изображения переданы на Землю.
«Луна-13»	21.XII.1966	24 декабря 1966 года осуществлена мягкая посадка в Океане Бурь – в районе с координатами: 63°03' з.д., 18°52' с.ш. Получены панорамы поверхности, измерены физические и механические характеристики грунта.
«Луна-14»	7.IV.1968	ИСЛ. Продолжение исследований гравитационного поля Луны и окололунного пространства.
«Зонд-5»	15.IX.1968	Облет Луны с возвращением космического аппарата на Землю. 21 сентября станция приводнилась в Индийском океане.

Название	Дата запуска	Основное содержание эксперимента
«Зонд-6»	10.XI.1968	Облет Луны с возвращением на Землю. Получены 17 ноября и доставлены на Землю фотографии лунной поверхности.
«Луна-15»	13.VII.1969	ИСЛ. Отработка новых автоматических навигационных систем.
«Зонд-7»	8.VIII.1969	Облет Луны с возвращением на Землю. Получены 14 августа и доставлены на Землю снимки лунной поверхности.
«Луна-16»	12.IX.1970	20 сентября 1970 года осуществлена мягкая посадка в Море Изобилия – в районе с координатами: 56°18' в.д., 0°41' ю.ш. Взята проба грунта, доставленная 24 сентября 1970 года на Землю.
«Зонд-8»	20.IX.1970	Облет Луны с возвращением на Землю. Получены 27 октября и доставлены на Землю снимки лунной поверхности.
«Луна-17»	10.X.1970	17 ноября 1970 года осуществлена мягкая посадка в Море Дождей – в районе с координатами: 35°00' з.д., 38°17' с.ш. На поверхность Луны доставлен «Луноход-1», прошедший за 10,5 месяцев трассу исследования протяженностью 10,5 км. Переданы многочисленные изображения поверхности, выполнены исследования грунта.
«Луна-18»	2.IX.1971	ИСЛ. Отработка методов автоматической окололунной навигации и обеспечения посадки на материковую поверхность со сложным рельефом.
«Луна-19»	28.IX.1971	ИСЛ. Комплексные исследования Луны и окололунного пространства с орбиты.
«Луна-20»	14.II.1972	Осуществлена мягкая посадка в материковый район с координатами: 56°33' в.д., 3°32' с.ш. Взята проба грунта, доставленная на Землю 25 февраля 1972 года.
«Луна-21»	8.I.1973	16 января осуществлена мягкая посадка в кратере Лемонье – в районе координатами: 30°27' в.д., 25°51' с.ш. На поверхность Луны доставлен «Луноход-2», выполнивший за 5 месяцев работы комплексные исследования в переходной зоне «море – материк» на трассе протяженностью 37 км.
«Луна-22»	29.V.1974	ИСЛ. Длительные комплексные исследования Луны и окололунного пространства с орбиты. Получены изображения лунной поверхности.
«Луна-23»	28.X.1974	Станция выведена на орбиту ИСЛ с последующей посадкой в южной части Моря Кризисов.
«Луна-24»	9.VIII.1976	19 августа 1976 года осуществлена мягкая посадка в Море Кризисов – в районе с координатами: 62°12' в.д., 12°45' с.ш. Произведено бурение лунного грунта на глубину около 2 м, образец грунта доставлен на Землю 22 августа 1976 года.

По просьбе читателей редакция, начиная с этого номера, будет публиковать тематические указатели статей.

**СТАТЬИ И ЗАМЕТКИ О СОЛНЦЕ,
ОПУБЛИКОВАННЫЕ В
«ЗЕМЛЕ И ВСЕЛЕННОЙ» В 1965—1978 ГОДАХ**

I. СТАТЬИ

Витинский Ю. И.	Солнечная активность	1968 г. № 2 с. 27—36
Владимирский Б. М.	Экспериментальная гелиобиология	1974 г. № 4 с. 38—42
Гневышев М. Н.	За лунной тенью на острова Кука	1966 г. № 1 с. 64—73
Гневышев М. Н.	Полное солнечное затмение 22 сентября 1968 года	1969 г. № 2 с. 54—58
Гневышев М. Н., Новикова К. Ф.	Солнечная активность и явления в биосфере	1971 г. № 4 с. 33—36
Дагаев М. М.	Полное солнечное затмение 22 сентября 1968 года	1968 г. № 1 с. 87—90
Иошпа Б. А.	Солнечные протуберанцы	1974 г. № 4 с. 19—25
Кононович Э. В.	Солнечное затмение в двух океанах	1970 г. № 5 с. 50—55
Крат В. А.	Солнце из стратосферы	1971 г. № 5 с. 20—24
Крукшенк Д. (США)	Астрономы наблюдают Солнце с самолета	1970 г. № 5 с. 26—29
Лившиц М. А.	Активные области на Солнце	1966 г. № 3 с. 36—41
Лившиц М. А.	Рентгеновское излучение солнечной короны	1974 г. № 4 с. 26—30
Мандельштам С. Л.	Рентгеновское излучение Солнца	1967 г. № 4 с. 2—10
Мартынов Д. Я.	Что беспокоит астрофизиков	1971 г. № 1 с. 22—23
Мейюс Ж. (Бельгия)	Любопытное о солнечных затмениях	1971 г. № 6 с. 29—33
Мирошниченко Л. И.	Солнечные космические лучи	1969 г. № 6 с. 31—37
Никольский Г. М.	Коротковолновое излучение Солнца	1966 г. № 4 с. 8—16
Никольский Г. М.	Кольцеобразное затмение Солнца 20 мая 1966 года	1967 г. № 1 с. 71—75
Никольский Г. М.	Внезатменные наблюдения солнечной короны и большой советский коронограф	1967 г. № 6 с. 66—70

Никольский Г. М.	Наблюдения солнечной хромосферы на большом внезатменном коронографе	1968 г. № 5: с. 25—26
Новиков С. Б., Платов Ю. В. Пикельнер С. Б.	Затмение в западной Сахаре Протуберанцы	1974 г. № 1 с. 56—61 1971 г. № 5: с. 13—19
Пикельнер С. Б. Пушков Н. В.	Хромосферные вспышки Вспышки на Солнце	1974 г. № 4 с. 3—8 1974 г. № 4 с. 8—13
Северный А. Б.	Оптические исследования Солнца в СССР	1967 г. № 5: с. 66—74
Северный А. Б.	Магнитное поле Солнца	1968 г. № 6 с. 17—23
Северный А. Б.	Магнитные поля Солнца и звезд	1973 г. № 3 с. 2—11
Северный А. Б.	Колебания и внутреннее строение Солнца	1977 г. № 6: с. 36—39
Слыш В. И.	Спорадическое радиоизлучение Солнца	1968 г. № 4 с. 19—27
Тиндо И. П.	Солнце в рентгеновских лучах	1978 г. № 3 с. 18—27
Чистяков В. Ф.	Необычные явления на Солнце	1974 г. № 4 с. 14—16
Шкловский И. С.	Проблемы нейтринного излучения Солнца	1974 г. № 4: с. 31—37

II. ЗАМЕТКИ

Акустические колебания Солнца	1976 г. № 3 с. 15
Большая группа солнечных пятен	1968 г. № 6: с. 23—26
Внеатмосферные исследования коротковолнового излучения Солнца	1968 г. № 3 с. 60—61
Второй максимум солнечной активности	1965 г. № 4 с. 48
Группа пятен нового цикла	1974 г. № 3 с. 20
Дейтерий и тритий на Солнце	1974 г. № 4 с. 25
Деревья, углерод-14 и солнечная активность	1966 г. № 6 с. 37
Еще раз о ядерных реакциях на поверхности Солнца	1973 г. № 4 с. 47

Имеет ли Солнце заряд?	1965 г. № 1 с. 55
Корона в Лайман- α	1974 г. № 3 с. 77
Максимум солнечной активности ожидается в середине 1968 года	1967 г. № 2 с. 71
Мощная вспышка на Солнце	1971 г. № 4 с. 40
Наблюдения полного солнечного затмения 22 сентября 1968 года	1968 г. № 1 с. 68—69
Нейтрино и модели Солнца	1973 г. № 3 с. 11—12
Новое в проблеме «Солнце — Земля»	1965 г. № 5 с. 95
Новое в солнечных вспышках	1972 г. № 3 с. 40
Почему солнечные пятна темные?	1978 г. № 4 с. 35
Пятна, которые мог видеть каждый	1970 г. № 2 с. 90
Радиолокация Солнца на волне 7,9 м	1967 г. № 5 с. 74
Разбушевавшееся Солнце	1973 г. № 2 с. 36—37
Рентгеновские вспышки на Солнце	1968 г. № 5 с. 55
Рентгеновские снимки солнечной короны с борта «Скайлэба»	1974 г. № 4 с. 16
Рентгеновская фотография солнечной вспышки 8 июня 1968 года	1969 г. № 5 с. 49—50
Самое продолжительное затмение	1974 г. № 2 с. 36—37
Советско-французские исследования солнечной короны	1974 г. № 4 с. 17—18
Солнечная активность и биосфера Земли	1967 г. № 1 с. 50
Солнечное затмение редкого вида	1967 г. № 4 с. 33
Солнечные затмения в Москве	1975 г. № 3 с. 88—89
Солнечные протоны и жизнь	1974 г. № 5 с. 55
Солнце и землетрясения	1968 г. № 6 с. 43
Солнце 17 августа 1968 года	1969 г. № 1 с. 28
$\text{H}\alpha$ -спикулы на высоте 6000 км над поверхностью Солнца	1967 г. № 1 с. 71
Химический состав Солнца	1976 г. № 6 с. 41
Хромосферные вспышки в октябре 1968 года	1969 г. № 3 с. 57
Четыре полных солнечных затмения за 16 лет!	1968 г. № 3 с. 84
Ядерные реакции на поверхности Солнца	1973 г. № 1 с. 20

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

Телефоны: 227-07-45, 227-02-45

Художественный редактор: Л. Я. Шимкина

Номер оформили: А. Г. Калашникова, В. И. Кноп, Е. К. Тенчурина, Г. П. Ушакова

Сдано в набор 27.IX.78. Подписано к печати 11.XI.78. Т-22318. Формат бумаги 84×108 $\frac{1}{16}$. Высокая печать. Усл. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л. 10,0. Бум. л. 2,5. Тираж 53 000 экз. За к. 975.

Издательство «Наука», 103717, ГСП, Москва К-62, Подсосенский пер., 21.

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

1 ЯНВАРЬ ФЕВРАЛЬ 1979

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

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

Редакционная коллегия:

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

На орбите «Салют-6»

[Продолжение. Начало на стр. 2—3]

19—20 октября экипаж выполнял работы по обслуживанию станции, контролировал проводившиеся на борту биологические эксперименты, вел визуальные наблюдения и фотографирование земной поверхности и акватории Мирового океана. С помощью двигательной установки грузового корабля «Прогресс-4» была проведена коррекция орбиты комплекса.

23 октября большая часть дня была отведена на медицинскому обследованию.

24 октября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков контролировали процесс расстыковки и отход грузового корабля «Прогресс-4», проводили физические тренировки, выполняли операции по программе биологических экспериментов с высшими растениями, фотографировали земную поверхность.

26 октября космонавты вели визуальные наблюдения и фотографирование земной поверхности, завершили очередной технологический эксперимент по космическому материаловедению. В этот же день грузовой корабль «Прогресс-4» перешел на траекторию спуска, вошел в плотные слои атмосферы над заданным районом акватории Тихого океана и прекратил существование.

27 октября экипаж орбитального комплекса занимался физическими тренировками с использованием вакуумного костюма «Чибис» и выполнял технологический эксперимент с целью получения в условиях невесомости полупроводникового материала теллурида свинца.

28—30 октября космонавты осуществили очередную серию технологических экспериментов, переносили и укладывали в спускаемый аппарат корабля «Союз-31» полетную доку-

ментацию и другие материалы проведенных исследований, а в бытовой отсек корабля — использованное оборудование, готовили станцию к полету в автоматическом режиме.

31 октября—1 ноября В. В. Коваленок и А. С. Иванченков продолжали подготовку станции к полету в автоматическом режиме, а космического корабля «Союз-31» — к возвращению на Землю, занимались физическими упражнениями.

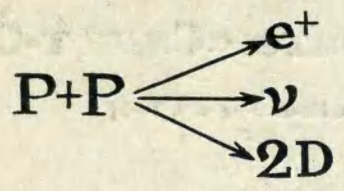
2 ноября 1978 года в 14 часов 05 минут московского времени спускаемый аппарат космического корабля «Союз-31» совершил посадку в 180 км юго-восточнее города Джексона.

Указом Президиума Верховного Совета СССР В. В. Коваленку и А. С. Иванченкову присвоено звание **Героя Советского Союза**. А. С. Иванченкову присвоено звание **«Летчик-космонавт СССР»**.

По предложению Политбюро ЦК СЕПГ, Президиума Совета Министров и Национального совета обороны ГДР Генеральный секретарь ЦК СЕПГ, Председатель Государственного совета ГДР Эрих Хонеккер наградил Владимира Коваленка и Александра Иванченкова высшей государственной наградой ГДР — орденом Карла Маркса и присвоил им почетное звание «Герой Германской Демократической Республики».

Государственный совет Польской Народной Республики наградил летчиков-космонавтов СССР Владимира Коваленка и Александра Иванченкова орденом «Крест Грюнвальда» первой степени.

По материалам сообщений ТАСС



УДК 517.51+517.52



ИСТИНА СОПОЛ ИСТИНУ ПОСЛЕД

Математика