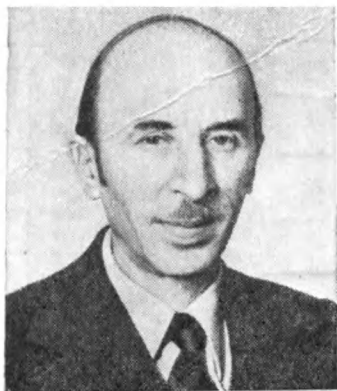




3 1977 **ЗЕМЛЯ**
И
ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ · ГЕОФИЗИКА
ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА



«Земля и Вселенная» поздравляет

астрономов, геофизиков

и исследователей

космического пространства —

новых членов Академии наук СССР

Академик **Олег Георгиевич Газенко** (космическая физиология и медицина)



Член-корреспондент АН СССР **Агаджан Гельдиевич Бабаев** (физическая география, геоморфология и типология пустынь)

Член-корреспондент АН СССР **Валерий Леонидович Барсуков** (геохимия)

Член-корреспондент АН СССР **Александр Алексеевич Боярчук** (астрофизика и астроспектроскопия)

Член-корреспондент АН СССР **Григорий Васильевич Воропаев** (гидрология и комплексное использование водных ресурсов)



Член-корреспондент АН СССР **Игорь Евгеньевич Губин** (сейсмотектонические и макросейсмические исследования)

Член-корреспондент АН СССР **Александр Викторович Докукин** (подземная разработка пластовых месторождений твердых полезных ископаемых)

Член-корреспондент АН СССР **Виктор Иванович Ильичев** (дифракция звука на различных объектах, биоакустика, гидрология моря)

Член-корреспондент АН СССР **Николай Семенович Кардашев** (астрофизика и радиоастрономия)

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

3 МАЙ
ИЮНЬ
1977

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

Навстречу 60-летию Великого Октября

В номере:

Р. З. Сагдеев — Исследование Земли из космоса	4
Г. М. Товмасьян — Внегалактическая радиоастрономия	10
М. Я. Маров — Новое о Марсе и Юпитере	16
Д. Ю. Гольдовский — Поиски жизни на Марсе	22
А. А. Никонов — Современные движения земной коры и гляциозоста- зия	26
И. М. Подгорный — Космос в лабораторной установке	32

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Г. С. Балаян — Сотрудничество в космосе — основная тема конгресса МАФ	39
--	----

ЛЮДИ НАУКИ

Развитие идей академика Александра Евгеньевича Ферсмана	42
А. Е. Ферсман — «Химические элементы Земли и космоса»	43
В. В. Щербина — Интересы А. Е. Ферсмана в области космохимии и планетарной геологии	45
А. И. Гинзбург — Развитие идей А. Е. Ферсмана о типоморфизме ми- нералов	49
Б. А. Петрушевский — Каким я помню Александра Евгеньевича Ферс- мана	54

ЭКСПЕДИЦИИ

В. И. Коваль — Тасеевский метеорит	61
--	----

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

С. А. Каплан, Н. С. Кардашев — Астроинженерия	66
В. Н. Степанов — Мировой океан — людям XX века	75

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

А. И. Еремеева — По следам Палласова Железа	81
---	----

СТИХИ О ВСЕЛЕННОЙ

Константин Дмитриевич Бальмонт	87
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

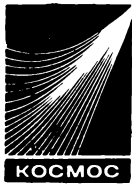
В. И. Кириченко — Как работают юные астрономы Новосибирска	88
--	----

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

И. И. Неяченко — Цефей	93
----------------------------------	----

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Работа космонавтов В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазкова — второго экипажа станции «Салют-5» [2]; Не только на Солнце пятна [9]; Глобальный радиотелескоп [9]; Уточнение астрономических постоянных [9]; Невидимые шаровые скопления [38]; Астероиды, носящие имена героев [59]; Остатки взорвавшейся звезды [80]; Вулканы на Венере [80]; Метеориты в Антарктике [80]; Фигура Эроса [86]; Новые книги [95].



Работа космонавтов В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазкова — второго экипажа станции «Салют-5»

7 февраля 1977 года в 19 часов 12 минут московского времени в Советском Союзе был запущен космический корабль «Союз-24», пилотируемый экипажем в составе командира корабля Героя Советского Союза, летчика-космонавта СССР полковника Виктора Васильевича Горбатко и бортинженера подполковника-инженера Юрия Николаевича Глазкова.

В. В. Горбатко родился в 1934 году. В 1968 году В. В. Горбатко окончил Военно-воздушную инженерную академию имени Н. Е. Жуковского. Свой первый космический полет совершил в октябре 1969 года. Он участвовал в групповом полете трех космических кораблей «Союз-6, -7 и -8». В качестве инженера-исследователя он летал на корабле «Союз-7», был дублером командира корабля «Союз-23». Для Ю. Н. Глазкова, родившегося в 1939 году, это первый полет в космос. Однако до полета он неоднократно участвовал в управлении полетами пилотируемых космических кораблей и станций, был дублером бортинженера корабля «Союз-23». В 1974 году Юрий Николаевич защитил кандидатскую диссертацию.

Цель запуска корабля «Союз-24» — продолжение научно-технических исследований и экспериментов с орбитальной научной станцией «Салют-5», начатых 7 июля 1976 года при совместном полете транспортного корабля «Союз-21» и станции «Салют-5» («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 2—3.— Ред.).

8 февраля 1977 года была осуществлена стыковка транспортного ко-

рабля «Союз-24» с орбитальной станцией «Салют-5». Сближение и стыковка космических аппаратов проводились в два этапа: до расстояния 80 метров — в автоматическом режиме, затем вручную. После того как корабль «Союз-24» причалил к станции «Салют-5», были произведены механическая стыковка аппаратов и соединение их электрических коммуникаций.

Отдохнув и проведя подготовительные работы, космонавты 9 февраля перешли в помещение орбитальной станции. Работа В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазкова на борту станции началась с расконсервации станции и проверки ее бортовых систем и научной аппаратуры. Космонавты перенесли из транспортного корабля и разместили на станции материалы, необходимые для успешного проведения экспериментов. Кроме того, в распорядок дня входили: забор и консервация крови для последующего лабораторного биохимического анализа на Земле, физические тренировки и медицинские исследования.

11—12 февраля космонавты продолжали подготовку научной аппаратуры к выполнению программы исследований и провели некоторые эксперименты. Они успешно выполнили операции по восстановлению функционирования одной из бортовых вычислительных машин, произвели замену отдельных блоков и агрегатов других систем станции. В ходе рабочего дня В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков фотографировали земную поверхность и атмосферные образования для получения новой информации, используемой в различ-

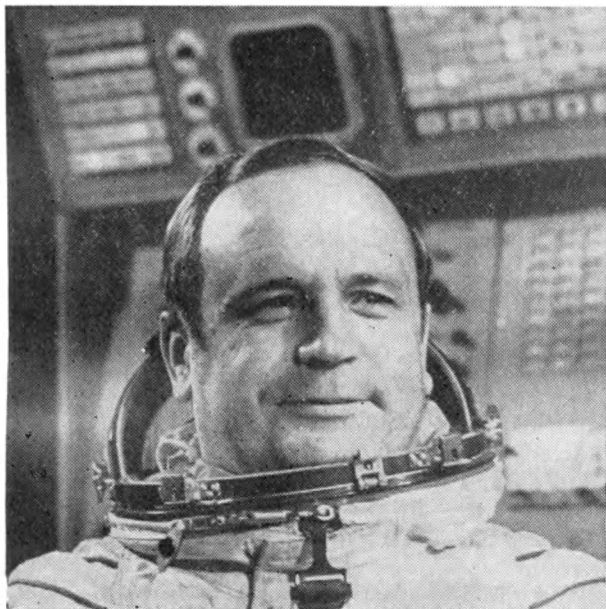
ных областях науки и народного хозяйства.

Основная часть программы шестого и седьмого дней полета была отведена техническим, технологическим, медицинским и биологическим исследованиям и экспериментам. Космонавты испытывали системы и агрегаты в различных режимах работы. Для изучения особенностей роста кристаллов в невесомости они ввели в раствор алюмокалиевых квасцов новые затравочные кристаллы и контролировали ход эксперимента. Эти кристаллы, образовавшиеся в невесомости, ученые сравнивают с кристаллами, выращенными в земных условиях, и теми, которые вырастили Б. В. Воинов и В. М. Жолобов во время их работы на станции «Салют-5».

Медицинские эксперименты заключались в исследовании космонавтов в состоянии покоя и с дозированной физической нагрузкой на комплексном тренажере, включающем систему амортизаторов, эспандеры, бегущую дорожку.

В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков завершили один из биологических экспериментов: проросшие семена креписа зафиксированы для последующих генетических исследований на Земле. Космонавты продолжали эксперименты с грибами и с икрой рыб.

16 февраля закончилась первая половина запланированной программы работ. В тот же день они начали новый технологический эксперимент — изучение особенностей диффузии веществ в невесомости. Прибор, в котором проводился опыт, — нагреваемый патрон, содержащий исследуемые органические вещества дибензил и то-



лан. Результаты эксперимента будут сопоставлены с результатами аналогичных наземных опытов и использованы для изучения свойств полупроводниковых материалов. Космонавты занимались и физическими тренировками. Трудные будни на орбите продолжались.

Большая часть программы двенадцатого рабочего дня была отведена медицинским экспериментам. Космонавты выполняли испытания в покое и при дозированной физической нагрузке на комплексном тренажере. Исследовали состояние сердечно-сосудистой системы при имитации гравитационного воздействия. Для регистрации медицинских параметров использовалась аппаратура «Полином-2М», а также автономный прибор, измеряющий частоту и глубину дыхания, жизненную емкость легких, легочную вентиляцию. В комплекс исследований входил также эксперимент по определению пороговой чувствительности вестибулярного аппарата к электрическим раздражителям в условиях невесомости. Космонавты измерили массу тела специальным прибором — массметром.

21 февраля завершилась вторая неделя космического полета. Космонав-

ты продолжали запланированные исследования и эксперименты. Испытывали системы управления в различных режимах работы, а также систему регенерации воды из конденсата атмосферной влаги. Они провели очередные сеансы фотографирования земной поверхности и атмосферных образований в интересах науки и народного хозяйства. Съемка велась над районами Кавказа, Прикаспийской низменности, Поволжья. Экипаж выполнил экспериментальную проверку установленной на станции «Салют-5» специальной системы, примененной впервые в практике пилотируемых космических полетов, которая обеспечивает при необходимости полную или частичную замену атмосферы на станции.

Заканчивая запланированную программу научных и технических иссле-

■
Дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Виктор Васильевич Горбатко и Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Юрий Николаевич Глазков

дований, космонавты осуществили серию спектральных съемок земной поверхности и атмосферы.

23 февраля экипаж выполнял операции по переводу станции в автоматический режим полета и подготовке транспортного корабля к стыковке и посадке. Космонавты перенесли в транспортный корабль материалы проведенных исследований и подготовились к возвращению на Землю.

24 февраля космонавты В. В. Горбатко и Ю. Н. Глазков послали телеграмму Генеральному секретарю ЦК КПСС Л. И. Брежневу и доложили, что программа работ на борту станции «Салют-5» полностью выполнена и они посвящают свой полет 60-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции. В ответной телеграмме Л. И. Брежнев пожелал космонавтам успешного завершения полета и благополучного возвращения на родную землю.

25 февраля 1977 года спускаемый аппарат транспортного корабля «Союз-24» совершил посадку в заданном районе территории Советского Союза.

(По материалам сообщений ТАСС)

Академик
Р. З. САГДЕЕВ



Исследование Земли из космоса

Сразу же после успешного завершения полета космического корабля «Союз-22» началась тщательная обработка фотоматериалов и подготовка их к тому, чтобы ученые и специалисты могли воспользоваться полученными снимками для решения научных и народнохозяйственных задач. Работа эта еще далека от завершения, но первые результаты обработки уже поступают в распоряжение заказчиков.

Метод дистанционных исследований нашей планеты сравнительно молод, но в разработку его уже вовлечены специалисты самых разных профилей: и приборостроители, и ученые, непосредственно занимающиеся обработкой и интерпретацией получаемой информации, — биологи, геологи, работники сельского, лесного и водного хозяйства и даже юристы, поскольку фотографирование территорий других стран связано с решением правовых вопросов.

На практике первой из «земных» наук дистанционными методами воспользовалась метеорология. Вначале эксперименты, по сути дела, представляли собой простое перенесение методов аэрофотосъемки в космос для глобального охвата земной поверхности. В дальнейшем произошло объединение «аэрофотосъемочного подхода» со спектральным анализом, который длительное время был монополией астрономии («Земля и Вселенная», № 2, 1976, с. 11—13.— Ред.).

Сокращенный текст доклада на Общем собрании АН СССР, состоявшемся 24 декабря 1976 года. Полный текст доклада опубликован в «Вестнике Академии наук СССР», № 3, 1977.

15—23 сентября 1976 года с борта космического корабля «Союз-22» космонавты В. Ф. Быковский и В. В. Аксенов вели съемку земной поверхности многозональной фотосистемой МКФ-6, созданной специалистами СССР и ГДР. О первых итогах совместного эксперимента рассказывает директор Института космических исследований АН СССР академик Р. З. Сагдеев.

Практически вся современная астрофизика основана на изучении спектров небесных объектов, поскольку спектральный анализ дает информацию о природе и движении небесных тел.

Первыми спектральными наблюдениями земной поверхности можно считать цветную фотосъемку, выполненную с борта космических аппаратов. Один из таких экспериментов проведен в июне 1971 года на орбитальной станции «Салют-1» («Земля и Вселенная», № 4, 1971, с. 2.— Ред.).

При цветной съемке яркость наземных объектов измеряется как бы в трех зонах спектра, к которым чувствителен глаз человека, — красной, зеленой и синей. Различия их интенсивности и дают разные цвета.

Можно провести съемку не в трех, а в большем числе зон спектра, причем не только в видимой области, но и далеко за ее пределами. В результате получаются как бы многомерные изображения, которые несут значительно больше информации, чем обычные цветные снимки. Соответственно расширяется круг научных и

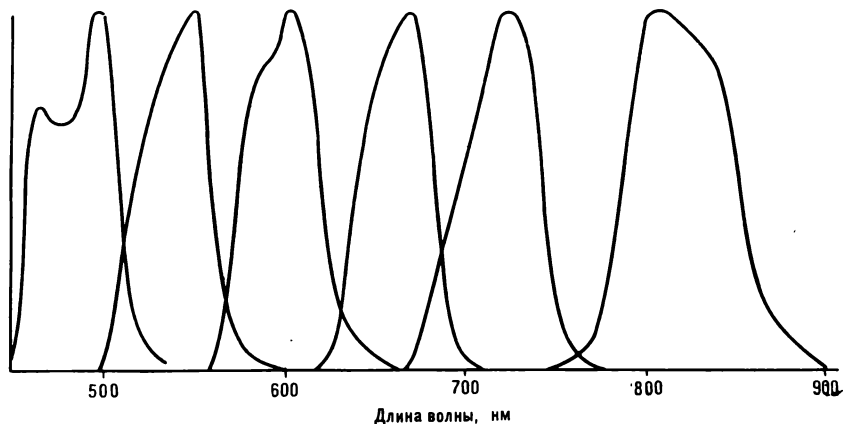
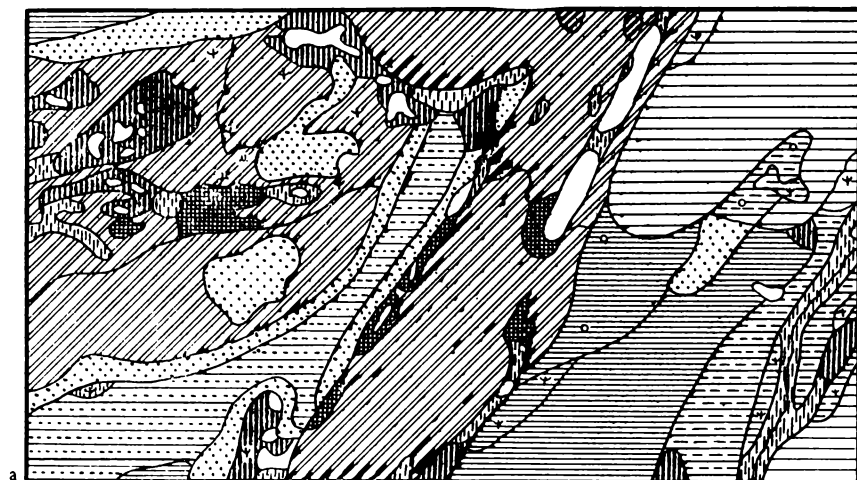
народнохозяйственных проблем, решаемых съемкой из космоса.

Для отработки методов и средств многозонального фотографирования ряд институтов Академии наук СССР и научных организаций других ведомств провели исследования с самолетных лабораторий, пилотируемых космических кораблей и орбитальных станций, на природных полигонах, расположенных в различных географических регионах нашей страны.

В последние годы к этим работам по программе «Интеркосмос» были привлечены специалисты социалистических стран. Результатом такого сотрудничества явились совместная разработка специалистами СССР и ГДР и изготовление на народном предприятии «Карл Цейс Йена» многозональной космической фотосистемы МКФ-6. Летно-конструкторские испытания ее прошли на космическом корабле «Союз-22» («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 10—15.— Ред.).

Нужно подчеркнуть две особенности фотографий, полученных с помощью МКФ-6. Первая — возможность получения различных синтезированных в условных цветах изображений. На таком снимке цветопередача не соответствует реальному цвету объектов, а используется для увеличения контрастности между объектами различной яркости. Это существенно расширяет возможности традиционной обработки фотографических изображений, облегчает дешифрирование и выявление физических свойств и состояний исследуемых объектов на полученных фотографиях, повышает объем информации для научных и прикладных целей.

Вторая особенность — возможность



получения широких масштабов изображений, что позволяет устанавливать общие закономерности геологического строения, и выявить локальные структурные формы, необходимые для оценки перспектив обнаружения полезных ископаемых, а также прогнозировать сейсмическую активность изучаемых регионов.

Из-за вращения Земли орбита корабля смещалась с каждым витком на четыре градуса к западу. Таким образом, при съемке на соседних витках один и тот же участок земной поверхности фотографировался из двух точек. Кроме того, каждый последующий кадр захватывал часть площади, запечатленной на предыдущем (степень перекрытия от 20 до 80%). В результате получаются стереоскопические, объемные изображения. Их информативность значительно выше обычных снимков.

Аппарат МКФ-6 сразу был рассчитан на практическое использование. Высокая орбита и большой запас пленки позволили сфотографировать значительную территорию земной поверхности. Многозональная съемкой были охвачены не только средние, но и высокоширотные районы нашей страны. Таким образом, удалось получить изображения ландшафтных зон в широком диапа-

■ *Космические снимки позволяют фиксировать современную динамическую фазу состояния ландшафтов: а — фрагмент ландшафтной карты, б — результаты дешифрирования космического снимка*

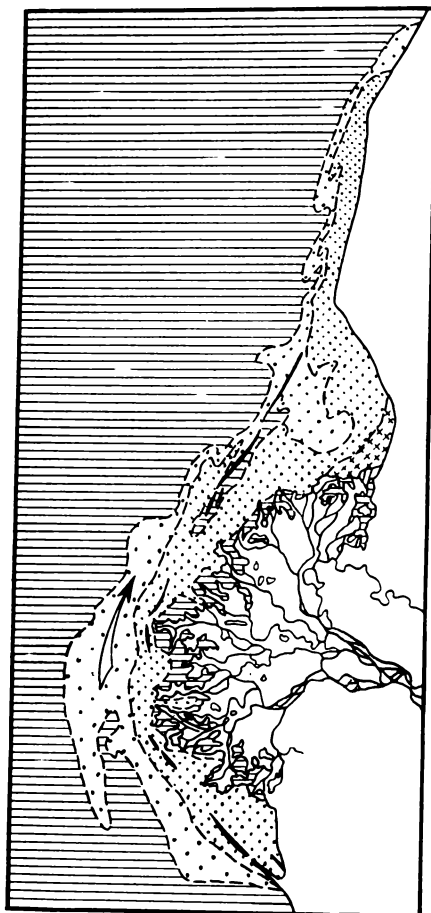
■ *Спектральные диапазоны многозональной космической фотосистемы МКФ-6*








зоне — от северных таежных районов, включая зону вечной мерзлоты, до южных пустынь; от приморских равнин Прибалтики и заболоченных низменностей Западной Сибири до высокогорных районов Памира.

На Землю доставлено свыше 2000 высококачественных снимков, каждый из которых охватывает участок земной поверхности 165×115 км с разрешением порядка 10—20 м. Результаты экспресс-анализа первых же снимков показали, что они несут ценную и разнообразную информацию: геологическую, сельскохозяйственную, о лесных и водных ресурсах и т. д.*

Использование фотографий, полученных с «Союза-22», существенно увеличивает, например, объем геологической информации, не говоря уже о том, что резко повышается надежность картирования различных геологических объектов и явлений. Разумеется, это вовсе не означает, что съемки из космоса немедленно приводят к открытию неизвестных ранее месторождений полезных ископаемых. Речь идет о получении очень важных сведений о различных геологических формациях, которые уже сегодня сделают поисковые работы более целенаправленными. Так, выходы тех или иных минералов обычно соседствуют со своими «излюбленными» геологическими структурами, скажем, с тектоническими разломами. Аналогичные «наводя-

* Дешифровка снимков выполнена специалистами географического факультета МГУ и научно-производственного объединения аэрофото-съемки Министерства геологии СССР.



-  - Участки крупнозернистой взвеси в придонном слое с высокой концентрацией
-  - Участки тонкозернистой взвеси в приповерхностном слое воды с малой концентрацией
-  - Участки с повышенной концентрацией органических веществ
-  - Незагрязненная водная поверхность
-  - Направление перемещения взвеси
-  - Протоки в дельте
-  - Аккумулятивные формы рельефа

щие указания» можно получить и по горючим ископаемым. Важную дополнительную информацию дают и различные геоботанические признаки.

Многозональные снимки с космического корабля «Союз-22» представляют ценный материал и для изучения водоемов. Так, снимки озера Байкал содержат сведения о механизме и форме распределения твердого вещества, поступающего в озеро вместе со стоком рек. Высокое разрешение снимков позволяет судить и о некоторых деталях подводной части их дельты.

Снимки оказались весьма эффективными при изучении территорий для распознавания сельскохозяйственных культур и составления карт использования земель. Они представляют также исключительно цен-

ный материал для изучения вечной мерзлоты при освоении северных и северо-восточных районов нашей страны. Так, например, на уже обработанном снимке района нижнего течения реки Вилюй, полученном с борта корабля «Союз-22», очень хорошо отобразились крупные формы и типы мерзлотного рельефа.

Снимок может быть также использован для решения проблемы судоходства по Вилюю, изучения лесной растительности в этом районе. По цвету синтезированного изображения можно четко разделить различные типы леса и пород деревьев в лесу.

Схема распространения взвесей, поступающих в озеро Байкал из реки Селенги



На многозональных фотографиях горных районов хорошо дешифрируются геологические образования, ранее не известные и не отображенные на существующих картах, а также различные элементы горного ландшафта. Такие снимки позволяют существенно уточнить карты ледников, их границы и другие характеристики.

Дешифрируя фотоснимки, мы получаем очень важные и нужные сведения, но не менее важна автоматизация самого процесса дешифрирования и анализа космической видео-

информации. Ведь сократить сроки обработки, значит ускорить полезную отдачу полученной информации. Для этого нужно шире использовать современные средства автоматизации, в первую очередь, электронную вычислительную технику. Однако сопоставление параметров быстродействия и производительности современных вычислительных машин с объемом космической видеоинформации показывает невозможность построения на их основе систем обработки данных в реальном масштабе времени. Возникает необходимость специализации ЭВМ применительно к специфическим особенностям космической видеоинформации. Эта специализация затрагивает в основном внешние устройства машин. Их необходимо дополнить устройством ввода-вывода изобра-

■
Сопоставление контуров сосновых насаждений: а — показанных на картах, б — выделяемых по снимку, полученному с борта космического корабля «Союз-22»

жений и средствами оперативной связи «человек — машина» типа дисплей с полутоновым и цветным изображением.

Простейший вариант анализа космической видеоинформации на ЭВМ заключается в том, что машине «предъявляется» обычное черно-белое изображение. Она определяет яркость заснятых из космоса земных объектов и переводит их в соответствующие цифры, как говорят, «оцифровывает» снимок. Каждое число зависит от оптической плотности изображения того или иного объекта на снимке. Получив цифровой код снимка, ЭВМ может выполнять самые различные операции — проводить изолинии, соответствующие одной и той же яркости, оконтуривать элементы одного и того же типа, подсчитывать их площади.

Программы автоматического распознавания образов по их спектральной яркости сложнее. В настоящее время ЭВМ только «учат» решать такие задачи. Для этого из космоса выполняется многозональная съемка специально выбранных эталонных участков земной поверхности, на которых имеются объекты, типичные для тех или иных районов Земли. Проводилась такая съемка и с борта корабля «Союз-22».

Одновременно выбранный район фотографируют с самолета — со значительно меньшего расстояния. И наконец, на самой Земле в данном районе измеряют параметры грунта, растительности и определяют спектральные характеристики выбранных объектов.

В результате таких скоординированных операций получают взаимо-



связанные показатели, которые позволяют интерпретатору сделать выводы о характере и изменениях растительного покрова, геологических структурах, загрязнении воды, распределении водных ресурсов и прежде всего установить по яркости однозначное соответствие реального объекта его «спектральному образу». «Библиотека» спектральных образов различных объектов и явлений на поверхности Земли и в ее атмосфере обеспечивает автоматический анализ (с помощью электронно-вычислительной техники) переданных с космических кораблей фотографий районов, в которых прямые наземные и самолетные наблюдения не проводились. ЭВМ сравнивает измеренные по снимку зональные яркости с эталонными, хранящимися в ее памяти, и сообщает, каким земным объектам соответствуют эти значения яркости.

В недалеком будущем усовершенствование дистанционного метода позволит проводить и более тонкий анализ. Допустим, на фотографии есть участок, засеянный какой-то сельскохозяйственной культурой. Каждый этап роста растений характеризуется определенным спектром. Если в памяти ЭВМ заложены данные об изменении этого спектра во времени, то можно определить, в какой стадии созревания находятся рожь, овес или пшеница. Но и это еще не все. Даже одновременно посеянные хлеба дают разный спектр из-за неодинакового содержания влаги в почве, количества внесенных удобрений и других факторов, влияющих на интенсивность роста. А это значит, что по тем или иным спектральным

отличиям в принципе можно оценить будущий урожай.

Фотографические системы позволяют использовать многозональный метод лишь в оптическом и самом ближнем инфракрасном диапазоне. Поэтому важна разработка и иных типов устройств, которые давали бы информацию и в других диапазонах спектра электромагнитного излучения. Например, измерения в области теплового инфракрасного излучения служат хорошим индикатором изменения температуры природных образований. В частности, с помощью инфракрасных приборов можно обнаруживать участки растительного покрова, пораженные заболеваниями, а следовательно, имеющими более высокую температуру, выявлять выходы геотермальных вод, глубинные разломы земной коры и многое другое. Важнейшее достоинство теплового инфракрасного диапазона — видение как днем, так и ночью.

«Всепогодностью» обладают и измерения в радиодиапазоне. Основной измеряемый здесь параметр — радиояркостьная температура отдельных участков поверхности Земли. Она сильно зависит от влажности, характера почвы, содержания в ней солей. Таким образом, исследуя радиоизображения поверхности Земли, получают все эти данные. Более того, с увеличением длины волны просматривается не только верхний покров Земли, но и удается «заглянуть» в глубь ее недр. Например, в метровом диапазоне радиоволн можно получить информацию о слое толщиной в несколько метров.

Очень большой интерес представляет радиозондирование для исследова-

ния океана. Радиояркостьные измерения здесь можно дополнить радиоальтиметрией и тонкими измерениями сдвигов частоты сигнала, отраженного от движущихся тел (эффект Доплера). Таким образом, помимо тепловой карты поверхности океана получают данные о волнении, скорости ветров и течений.

Возможности радиодиапазона этим не исчерпываются. Радиолокационные изображения поверхности Земли могут использоваться для изучения природных образований с помощью радиолокационных образов (по аналогии со спектральными образами).

Полет «Союза-22» — часть нового этапа космических исследований Земли — внедрения их результатов в народное хозяйство. Предполагается, что на этом этапе будут отработаны три вида технических средств и методов дистанционного зондирования Земли из космоса. Во-первых, фотографические системы, которые дают возможность различать мельчайшие детали на снимке, но не могут дать «мгновенную» информацию для практического использования. Во-вторых, методы передачи информации по телевизионным каналам, позволяющие получать оперативную информацию, но не обеспечивающие высокого разрешения. В-третьих, комбинация оптических и радиометрических измерений, которые, по-видимому, найдут наибольшее применение в изучении Мирового океана. Большое внимание будет также уделяться отработке средств сбора спутниками «природной» информации с морских буев и наземных станций.



НЕ ТОЛЬКО НА СОЛНЦЕ ПЯТНА

Советские ученые Р. Е. Гершберг и П. П. Петров предложили интересную гипотезу, которая объясняет многие особенности вспыхивающих звезд типа Т Тельца и типа FU Ориона (фуоров).

Они предположили, что поверхность звезд Т Тельца покрыта пятнами, подобными солнечным. Пятна занимают большую часть звездной поверхности. Температура их ниже нормальной температуры фотосферы, и потому сами звезды Т Тельца представляются нам объектами с пониженной светимостью. Магнитное поле в пятнах, как и на Солнце, достигает нескольких тысяч гаусс. И как на Солнце, здесь могут происходить вспышки. Но пятна на поверхности звезд типа Т Тельца значительно больше солнечных, и потому сами вспышки грандиознее.

Фуоры — другой класс вспыхивающих звезд. Пока известно всего три фуора. Они длительное время не меняют своего блеска, а затем неожиданно увеличивают яркость на несколько звездных величин. Гипотеза Р. Е. Гершберга и П. П. Петрова объясняет и это явление. На поверхности фуора тоже может быть много больших пятен с сильными магнитными полями. Но вот в какой-то мо-

мент величина магнитного поля резко падает ниже некоторого значения, равного примерно 1000 Гс. Магнитное поле уже не в состоянии сдерживать конвективные движения в оболочке звезды. Пятна «рассасываются». Исчезновение темных пятен и воспринимается нами как внезапное увеличение яркости звезды. Рост поля может вновь привести к тому, что блеск фуора ослабнет.

«Письма в «Астрономический журнал», 2, 10, 1976.

ГЛОБАЛЬНЫЙ РАДИОТЕЛЕСКОП

Исследования межзвездных источников мазерного излучения очень важны для понимания процессов образования звезд. Ведь именно в областях, где формируются звезды, создаются благоприятные условия для усиления сигналов в радиолиниях — космические мазеры. Эти компактные радиостанции имеют сложную структуру, исследование их обычными радиотелескопами затруднено из-за недостаточной разрешающей способности инструментов. Чтобы повысить разрешающую способность,

антенны располагают на большом расстоянии друг от друга. Такая система из четырех радиотелескопов, установленных на разных континентах, начала работать 28 апреля 1976 года. У этого глобального радиотелескопа максимальное в пределах Земли разрешение — всего 0,1 миллисекунды дуги!

Одна антенна глобального радиотелескопа находится в Крымской астрофизической обсерватории, в Симеизе (диаметр 22 м), две другие — в США: в Мериленд Пойнт (диаметр 26 м) и в Оуэнс Велли (диаметр 40 м). Четвертый радиотелескоп расположен в Австралии, в Тидбинбилле (диаметр 64 м). Расстояние между Симеизом и Тидбинбиллой 11 570 км, между Тидбинбиллой и Оуэнс Велли 10 580 км, а между Мериленд Пойнт и Тидбинбиллой 12 090 км, что составляет 0,94 диаметра Земли!

Наблюдения на глобальном радиотелескопе, осуществленные интернациональным коллективом ученых, показали, что даже сверхвысокое разрешение еще недостаточно для того, чтобы различить отдельные детали в областях мазерного излучения.

«Письма в «Астрономический журнал», 2, 10, 1976.

УТОЧНЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ

В 1976 году на Генеральной ассамблее Международного астрономического союза были приняты новые значения астрономических постоянных:

скорость света в вакууме	—299 792 458 м/с;
время, которое требуется свету, чтобы пройти 1 а.е.	—499, 004782 с;
1 астрономическая единица	—149 597 870 км;
экваториальный радиус Земли	—6378,140 км;
сплюснутость земного эллипсоида	—1/298,257;
радиусы: Меркурия	—2439 км;
Венеры	—6052 км;
Марса	—3397,2 км;
Юпитера	—71 398 км;
Сатурна	—60 000 км;
Урана	—25 400 км;
Нептуна	—24 300 км;
Плутона	—2 500 км.

В новой системе масса Луны равна 0,01230002, или 1/81,30068 массы Земли. Масса Солнца больше массы

системы Земля — Луна в 328 900,5 раза. Отношение солнечной массы к массе других планет (вместе со спутниками, если они есть):

Меркурия	—6 023 600;
Венеры	—408 523,5;
Марса	—3 098 710;
Юпитера	—1 047,355;
Сатурна	—3 498,5;
Урана	—22 869;
Нептуна	—19 314;
Плутона	—3 000 000.

Последняя величина условная, поскольку масса Плутона известна недостаточно надежно.

Уточнена масса галилеевых спутников Юпитера. В единицах, равных 10^{-5} массы Юпитера: масса Ио — 4,70; Европы — 2,56; Ганимеда — 7,84; Каллисто — 5,6. Масса Титана — спутника Сатурна — составляет 0,000241 массы Сатурна; масса Тритона — спутника Нептуна — 0,002 массы этой планеты.

«Sky and Telescope», 52, 6, 1976.



Доктор физико-математических наук
Г. М. ТОВМАСЯН

Внегалактическая радиоастрономия

Внегалактическая астрономия исследует объекты, расположенные за пределами нашей Галактики. Если история астрономии насчитывает две-три тысячи лет, то внегалактическая астрономия ведет свое начало лишь с 20-х годов нашего века. Правда, описание видимой невооруженным глазом туманности Андромеды сделано в арабских рукописях почти тысячу лет назад, Магеллановы Облака стали известны европейцам в XVI веке после кругосветного путешествия великого мореплавателя, а первый каталог туманных объектов, часть которых, как выяснилось впоследствии, оказались галактиками, Ш. Месье составил еще в XVIII веке. В 20-х годах нашего столетия благодаря уникальным наблюдениям, выполненным Э. Хабблом на вступившем тогда в строй 100-дюймовом телескопе обсерватории Маунт Вилсон, было доказано существование других звездных систем, других галактик, находящихся очень далеко от нашей Галактики. При доказательстве важнейшую роль сыграло открытие мисс Г. Ливитт замечательной зависимости между периодом и видимым блеском долгопериодических цефеид в Малом Магеллановом Облаке.

Вначале исследовались главным образом внешние формы весьма разнообразных представителей мира галактик и разрабатывалась их классификация. Уже Хаббл разделил галактики по внешнему виду на два основных типа — спиральные и эллиптические — и отметил наличие немногочисленных иррегулярных объектов. Последующие классификации галактик мало существенного добавили к фундаментальной работе

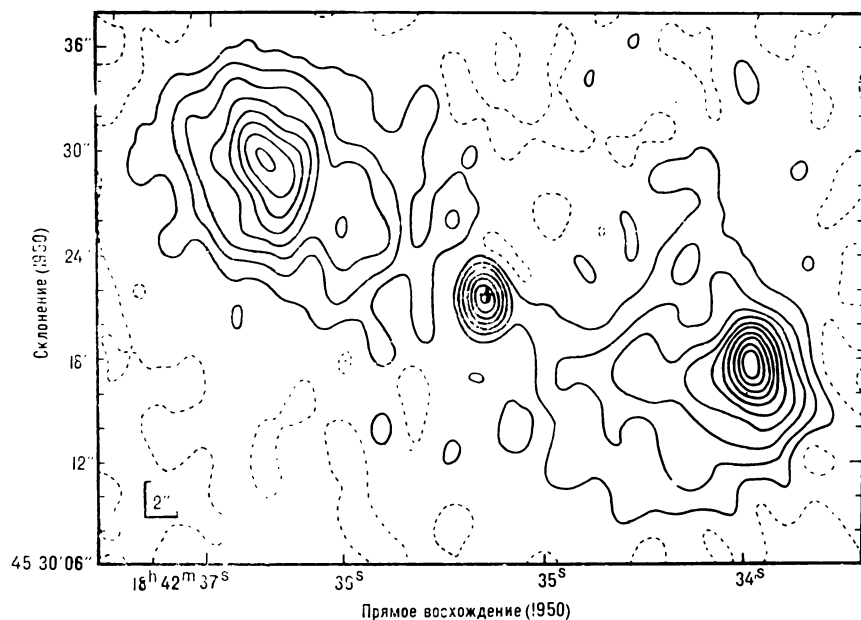
Радиоастрономические наблюдения внегалактических объектов принесли удивительные открытия. Это — загадочные квазары, «хвостатые» галактики и колоссальные взрывы, происходящие в ядрах внегалактических объектов.

Хаббла. Затем большое внимание было уделено изучению звездного населения галактик. Выяснилось, что у галактик различного морфологического типа неодинаковый состав населения. Было исследовано вращение ряда звездных систем и определены их массы. Измерения расстояний галактик, в основном по их красному смещению, позволили установить большие расхождения между абсолютными светимостями и линейными размерами различных галактик. Таким образом, до 50-х годов галактики рассматривались как гигантские системы звезд и их исследование ограничивалось изучением внешнего вида, динамики и в какой-то мере звездного состава. Тогда почти совсем не интересовались центральными, ядерными областями галактик. Повышение яркости к центру попросту объясняли увеличением звездной плотности. Именно такое упрощенное и достаточно укоренившееся представление о ядрах галактик, по-видимому, помешало в 1943 году обратить должное внимание на работу К. Сейферта, в которой были представлены результа-

ты исследования галактик с очень яркими и широкими эмиссионными линиями в спектрах. Эти галактики сейчас называют сейфертовскими. В их ядерных областях, как теперь известно, протекают бурные процессы, никак не объяснимые в рамках тогдашних упрощенных представлений.

Положение дел коренным образом изменилось, когда начались радиоастрономические наблюдения. Уже в первые годы развития радиоастрономии некоторые дискретные радиоисточники удалось отождествить с галактиками. Так был открыт новый класс внегалактических объектов — класс радиогалактик, исключительно мощно излучающих в радиодиапазоне. Мощность этого излучения оказалась выше 10^{40} эрг/с! Удивительное явление требовало объяснения, и оно тут же было дано В. Бааде и Р. Минковским, которые в 1951 году отождествили второй по мощности радиоисточник северного неба в созвездии Лебедя со слабой двойной галактикой. Оставаясь в рамках привычных представлений, они предположили, что эта радиогалактика — результат случайного столкновения двух галактик. Наблюдаемое мощное радиоизлучение объяснялось нагревом газовой составляющей галактик при их столкновении. Гипотеза столкновения открывала широкий простор для воображения. Столкновение галактик, движущихся с огромной скоростью в необъятной Вселенной! Катастрофа колоссальных масштабов на космических перекрестках!

Однако, несмотря на свою привлекательность, гипотеза столкнове-



ния оказалась несостоятельной и была предана забвению. Мы вспоминаем сейчас о ней только для того, чтобы лишний раз продемонстрировать, как поспешность в научном поиске и слепая привязанность к привычным понятиям и представлениям могут помешать выяснению истины. Ведь гипотеза столкновения отстаивалась многими в течение почти десяти лет. Последовательным ее противником выступал академик В. А. Амбарцумян. Поиски объясне-

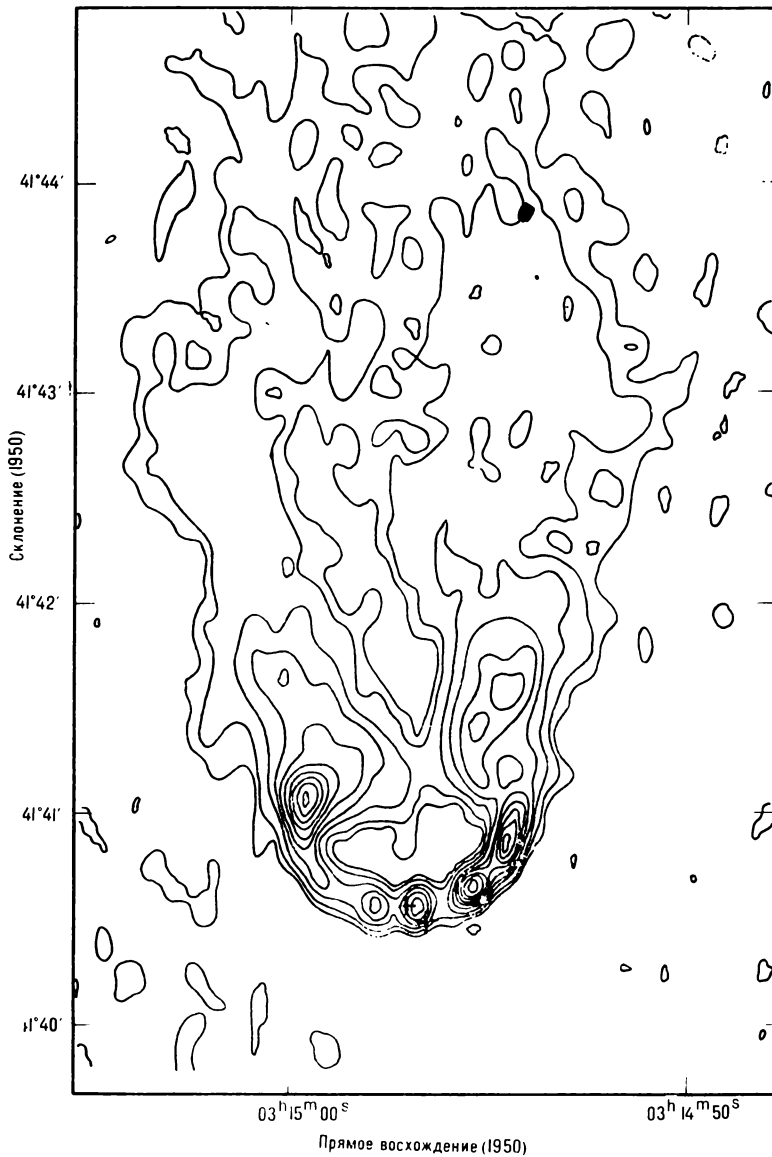
Распределение радиояркости на частоте 5 ГГц в двойном источнике ЗС 388. Он отождествлен со сверхгигантской галактикой типа D 15-й звездной величины (отмечена крестиком)

ния мощного радиоизлучения галактик привели В. А. Амбарцумяна к открытию активности ядер галактик, играющей, как теперь известно, важнейшую роль в формировании и эволюции звездных систем.

Почти через десять лет после открытия радиогалактик радиоастрономы обнаружили еще более удивительные внегалактические объекты — квазары. Мощность их излучения превышает мощность излучения радиогалактик не только в радиодиапазоне, но и в видимых лучах. К тому же линейные размеры квазаров оказались очень небольшими — порядка нескольких световых лет, а то и месяцев, что следовало из их переменности, наблюдаемой в радио- и оптических лучах. Начались

лихорадочные поиски механизма столь мощного излучения квазаров. Было предложено большое число гипотез для объяснения природы квазаров и радиогалактик и рассмотрено множество их моделей. Дело в том, что наблюдательные факты опровергали выдвинутые ранее скороспелые гипотезы, а некоторые теоретики тут же предлагали новые модели. Как заметил английский радиоастроном М. Лонгейр, в середине 60-х годов число разработанных гипотез и моделей квазаров значительно превысило число их авторов. Сейчас гипотез, объясняющих природу квазаров, стало значительно меньше, поскольку за последние полтора десятилетия проведена огромная работа по детальному исследованию радиогалактик и квазаров. Строительство все более крупных радиотелескопов, создание все более чувствительных радиоприемников, использование все более совершенных методов наблюдений позволили к настоящему времени достичь поразительных успехов.

Уже ранние наблюдения показали, что радиоисточники зачастую состоят из двух компонентов, симметрично расположенных по обе стороны от родительской галактики. Такова структура почти половины источников, причем у большей их части радиосветимости компонентов приблизительно одинаковы. Около 20% радиоисточников имеют два концентрических компонента разного диаметра. Это — радиоисточники с гало. Структура почти трети всех радиоисточников сложнее — они состоят из трех или более компонентов. Один компонент наблюдается при-



мерно у 6% всех радиисточников.

Радиоастрономические наблюдения с угловым разрешением порядка секунды дуги позволили обнаружить, что в компонентах двойных радиисточников яркость распределяется неравномерно — в них были замечены отдельные сгущения. Нередко эти компоненты соединялись с родитель-

■
Распределение радиояркости на частоте 5 ГГц в «хвостатой» галактике NGC 1265. Крестиками указано положение центра галактики по двум независимым измерениям

ской галактикой радиоизлучающими перемычками. В перемычках наблюдаются иногда пары все более компактных по мере приближения к родительской галактике сгущений, почти симметричных относительно галактики. Эти факты явно указывают на то, что из ядер некоторых радиогалактик происходит последовательный симметричный выброс пары облаков, содержащих релятивистские электроны. Особенно хорошо виден такой выброс у галактик, имеющих довольно длинные (порядка сотен килопарсек) радиоизлучающие «хвос-

ты» («Земля и Вселенная», № 2, 1975, с. 29—32.— Ред.). Как показали наблюдения с высокой разрешающей силой, эти «хвосты» двойные, в них насчитывается одинаковое число сгущений, размеры которых увеличиваются к концу «хвоста». Оказалось, что «хвостатые» галактики встречаются только в скоплениях галактик, причем радиальная скорость такого объекта заметно отличается от средней радиальной скорости других членов скопления. Все это говорит о том, что у «хвостатых» галактик мы наблюдаем такие же симметричные выбросы радиоизлучающих облаков, как и у обычных радиогалактик, однако из-за быстрого движения объекта сквозь вещество скопления выброшенные облака затормаживаются, образуя волочащийся за галактикой «хвост».

В последние годы было обнаружено, что многие квазары аналогично радиогалактикам имеют двойную радиоструктуру. Однако радиокomпоненты квазаров обычно видны на небольшом угловом расстоянии друг от друга. Это обусловлено, очевидно, тем, что квазары в среднем находятся дальше радиогалактик.

Для разгадки природы квазаров очень важное значение имело открытие у самых слабых из них звездного населения, что с несомненностью подтверждает общность природы радиогалактик и квазаров. На это же указывало сходство многих характеристик квазаров и радиогалактик. Так, оба типа объектов имеют практически одинаковый радиоспектр. Нет существенных различий и между линейными размерами радиисточников, отождествленных с радиогала-



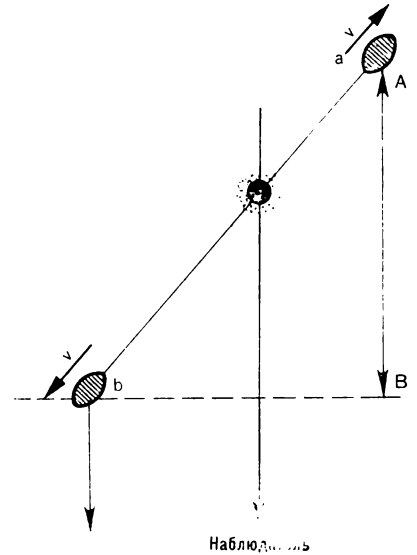
лактиками и квазарами. Одинакова радиоструктура квазаров и радиогалактик. Переменные объекты встречаются как среди радиогалактик, так и среди квазаров. Однако у квазаров мощность радиоизлучения изменяется в 100—1000 раз сильнее, чем у радиогалактик. И вообще, радиогалактики и квазары различаются именно мощностью испускаемой ими энергии. Радиосветимости большинства квазаров на два-три порядка превышают радиосветимости самых ярких радиогалактик. Аналогичное различие имеется и между оптическими светимостями обоих типов объектов. Известно, что абсолютные звездные величины квазаров достигают -26^m . Абсолютная звездная величина квазизвездного объекта Маркарян 132, например, в визуальных лучах равна -27^m или даже -29^m в зависимости от принятой космологической модели. А абсолютные звездные величины радиогалактик составляют обычно -21^m или -22^m . Среди найденных в последнее время объектов с избыточным ультрафиолетовым излучением в списках Маркаряна имеются очень яркие галактики, своего рода чемпионы по яркости, как например сейфертовская галактика Маркарян 813. Ее абсолютная звездная величина почти -25^m . По своей абсолютной светимости эти объекты приближаются к квазарам, свидетельствуя о том, что переход от галактик к квазарам осуществляется непрерывно.

Согласно статистическим исследованиям, радиоизлучающие облака из ядер галактик и квазаров выбрасываются со скоростями, близкими к релятивистским. Правда, движение

облаков быстро затормаживается. Чаще всего светимость более далекого от галактики компонента радиоисточника уступает светимости близкого. Именно таково и должно быть соотношение радиосветимостей при выбросе источников с релятивистскими скоростями. Последнее подтверждается также и тем, что самый близкий к галактике компонент радиоисточника обычно компактнее других.

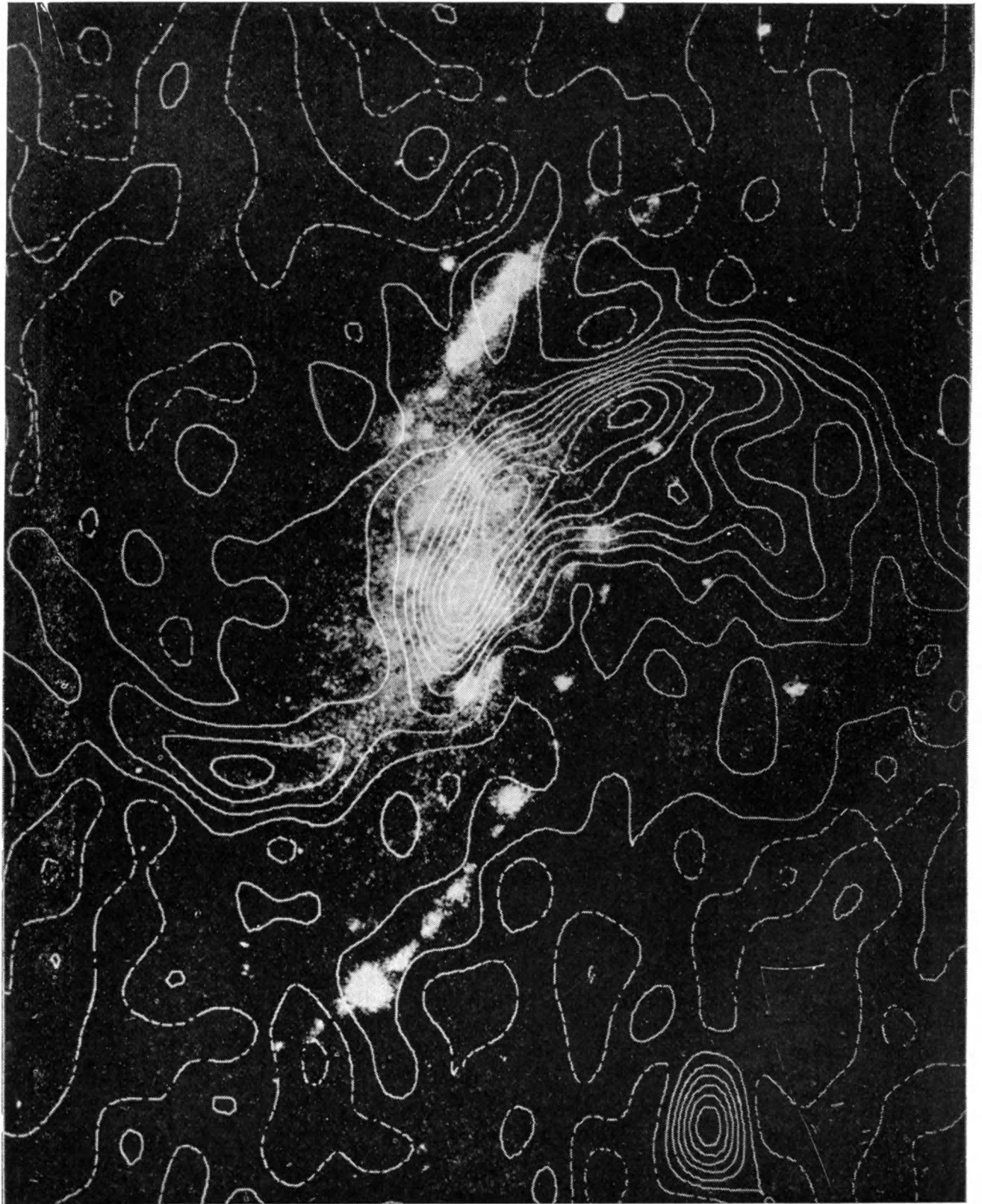
Иногда слабое радиоизлучение наблюдается и от самой галактики, точнее от ее ядра. У известного источника Лебедь А размер радиоядра, как показали интерферометрические наблюдения со сверхдлинными базами, составляет около 2 пс. Радиоядра источников Центавр А и Дева А еще меньше — около 0,1 пс. Интересно, что такого же порядка размеры радиоизлучающих ядер у нормальных галактик, например у NGC 1052. При этом слабое радиоизлучение от нормальных галактик наблюдается большей частью в тех случаях, когда имеются оптические признаки активности их ядер. У таких галактик ядро звездообразное с относительно высокой яркостью или состоит из «горячих пятен», создающих впечатление разорвавшегося ядра. Радионаблюдения спиральных галактик выявили весьма любопытную особенность. Были обнаружены радиоизлучающие спиральные рукава, ничего общего не имеющие с оптически наблюдаемой спиральной структурой. По-видимому, своим появлением в радиоспиралах излучающие релятивистские частицы обязаны активной деятельности ядер.

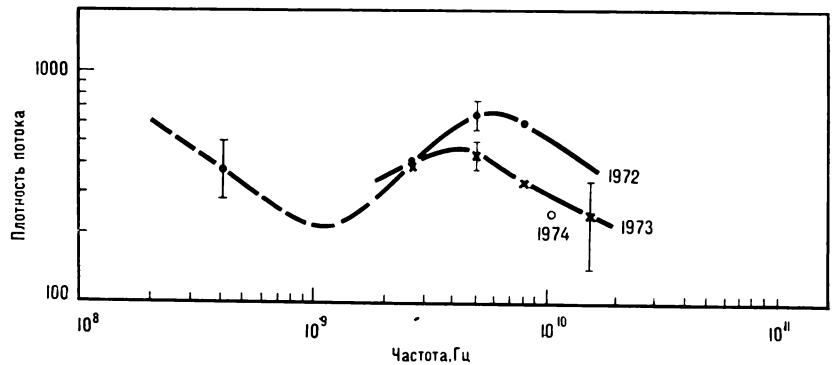
В последние годы большое внима-



ние уделяется исследованию спектров внегалактических радиоисточников. Такие наблюдения позволили обнаружить радиоисточники с пологим спектром, у которых с уменьшением длины волны поток уменьшается много медленнее, чем обычно. Предполагается, что эти объекты молоды. У них еще не успели высветиться высокоэнергичные электроны, излучающие на коротких волнах. Были

■ *Модель разлетающихся с релятивистскими скоростями радиоизлучающих облаков. В центре — галактика, из которой были выброшены облака. Излучение от компонента а достигает наблюдателя после прохождения дополнительного пути АВ, поэтому в каждый данный момент наблюдатель видит компонент а «ушедшим» от родительской галактики на меньшее расстояние, чем компонент b, и, следовательно, в более молодом возрасте, с большей радиосветимостью*





открыты также радиосточники с аномальным спектром. У них вместо обычного падения потока с уменьшением длины волны, наоборот, происходит увеличение потока на сантиметровых волнах. Подобное явление характерно для квазаров и некоторых радиогалактик, а недавно оно замечено и у ряда нормальных галактик. Примечательно, что именно такие радиосточники в большей своей части переменные. Причем обычно увеличение потока вначале наблюдается на коротких, сантиметровых волнах, а затем рост потока постепенно перемещается в сторону более длинных, дециметровых. Это объясняется появлением нового радиоизлучающего облака релятивистских электронов в результате взрыва в ядре. Из-за большой начальной плотности облака в нем происходит самопоглощение длинноволнового излучения. По мере расширения облака становится все более прозрачным на длинных волнах. В то же время заметно падает мощность коротковолнового излучения за счет быстрого высвечивания высокоэнергичных электронов.

Очень интересные результаты дали исследования скоплений галактик. Оказалось, что радиоизлучение очень часто (примерно в 70% случаев) наблюдается от тех скоплений галактик, которые содержат доминирующую по яркости сверхгигантскую галактику типа D, N или очень тесную двойную. Напомним, что к типу D относятся гигантские или сверхгигантские эллиптические галактики, имеющие слабые, но очень протяженные оболочки. А N галактики, наоборот, очень компактные, со слабыми небольшими размерами туманными оболочками. Эти галактики обычно занимают центральное положение в своем скоплении и, очевидно, ответственны за наблюдаемое радиоизлучение. Скорее всего, радиоизлучение у таких объектов не эпизодическое явление, а длится в течение почти всей их жизни. Возможно, эти галактики играют важную роль в формировании скопления. В то же время скопления, где нет выдающейся по яркости галактики, крайне редко (менее чем в 10% случаев) имеют измеримое радиоизлучение.

Радиоастрономические наблюдения с каждым днем выявляют все большее количество фактов, которые свидетельствуют об активных процессах, о взрывах колоссального масштаба, происходящих в ядрах различных внегалактических объектов. Во Вселенной мы наблюдаем излучение огромных количеств энергии небольшими телами, выбросы из них облаков релятивистских электронов, извержение гигантских масс вещества. В то же время почти все модели наблюдаемых явлений явно или неявно исходят из гипотезы конденсации вещества, перехода его из менее плотного состояния в более плотное, из гипотезы, которая опирается на известные законы физики и которая, на наш взгляд, не подтверждается наблюдениями. Наблюдения свидетельствуют в пользу альтернативной концепции, выдвинутой академиком В. А. Амбарцумяном. Согласно этой концепции, в ядрах галактик и в квазарах должны существовать огромные запасы гипотетического сверхплотного протозвездного вещества, взрывы которого и приводят к наблюдаемым явлениям.

Правда, в рамках известных законов физики пока не удается обосновать возможность существования сверхплотного и сверхмассивного вещества. Не исключено, как считает В. А. Амбарцумян, что ученым предстоит еще открыть новые законы физики. Не следует забывать, что законы природы человечество открыло не сразу, а постепенно, в результате кропотливого труда ученых в течение сотен лет. Описать, например, движение с релятивистскими скоростями мы смогли через 250 лет после открытия Ньютоном законов классической механики, лишь в начале нашего века, когда Эйнштейн разработал теорию относительности. Внегалактические наблюдения, в числе которых важное значение имеют радиоастрономические, убеждают нас в том, что мы стоим на пороге новых поразительных открытий — открытий, которые позволят приподнять еще одну завесу над неисчерпаемыми тайнами Вселенной.

■
Радиорукава спиральной галактики NGC 4258 на частоте 1407 МГц (наблюдения в Вестерборке, Голландия). Радиорукава не совпадают с оптически наблюдаемой спиральной структурой галактики

■
Спектр переменного радиосточника, отождествленного с сейфертовской галактикой Маркарян 348. Видно, как от года к году меняется спектр радиосточника



Доктор физико-математических наук
М. Я. МАРОВ

Новое о Марсе и Юпитере*

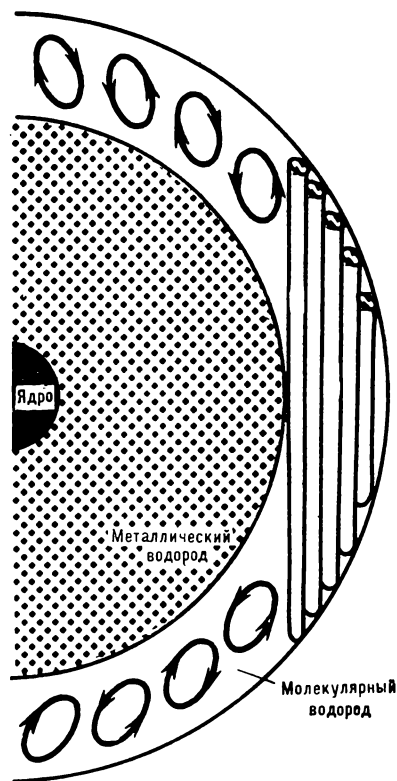
Последние годы ознаменовались значительным прогрессом в изучении самой большой планеты Солнечной системы — Юпитера. Планету исследовали космические аппараты «Пионер-10 и -11», пролетевшие в сотни тысяч километров от ее поверхности. Продолжались интенсивные наземные наблюдения Юпитера. Предприняты успешные попытки согласовать все имеющиеся результаты наблюдений с теоретическими моделями недр Юпитера, его атмосферы и магнитосферы («Земля и Вселенная», № 1, 1974, с. 50—55.— Ред.).

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ

Наряду с информацией, полученной космическими аппаратами, совершенствованию моделей внутреннего строения Юпитера способствовал значительный прогресс в теоретическом анализе уравнения состояния вещества при высоких давлениях и температурах. По возмущениям орбит космических аппаратов «Пионер-10 и -11» удалось оценить степень сжатия планеты и определить гармоники гравитационного потенциала (до шестой включительно). Эти данные свидетельствуют в пользу жидкостной модели Юпитера, находящегося в состоянии гидростатического равновесия.

Основные компоненты Юпитера — водород и гелий. Неудивительно поэтому, что его плотность составляет лишь четвертую часть земной. В большинстве моделей принимается, что отношение водорода к гелию при давлении около 1 бар и темпе-

* Окончание. Начало см. в № 2, 1977.



ратуре 150—175 К примерно соответствует солнечному — 3,4 : 1. Однако, чтобы согласовать модель внутреннего строения Юпитера со значениями четных гармоник грави-

■ *Внутреннее строение Юпитера. Ядро планеты состоит в основном из металлов, из окислов и силикатов, а также, вероятно, из аммиака и воды. Выше — область металлического водорода, далее (начиная примерно с 0,75—0,8 радиуса) — молекулярный водород. Во внешнем слое Юпитера, по-видимому, особенно велика интенсивность конвективных движений*

тационного потенциала, необходимо допустить существование во внешних слоях заметного количества тяжелых компонентов — таких, например, как вода. Практически во всех моделях граница перехода от молекулярного водорода к металлическому лежит на глубине 0,75—0,8 радиуса Юпитера. Это соответствует давлению около 1 Мбар.

По современным представлениям, в центре планеты находится жидкое ядро из металлов, силикатов, аммиака и воды. Его радиус менее 0,1 радиуса Юпитера, масса составляет несколько процентов от массы всей планеты, плотность в центральной части ядра 20—30 г/см³, давление 20—100 Мбар, температура 15—25 тыс. К. Концентрация гелия на границе между молекулярным и металлическим водородом должна изменяться. Возможно, на больших глубинах залегает не один, а два-три переходных слоя. Совокупности имеющихся данных довольно хорошо соответствует модель с адиабатическим температурным градиентом.

Интересно, что высокие давление и температура, достаточные для появления проводящих электронов, создаются на относительно малых глубинах в недрах Юпитера (порядка 0,9 его радиуса). Уровень перехода молекулярного водорода в металлический лежит значительно ниже. Это позволяет предполагать, что механизм динамо, по-видимому ответственный за магнитное поле планеты, эффективно действует в большом объеме тела Юпитера и довольно близко к его поверхности.

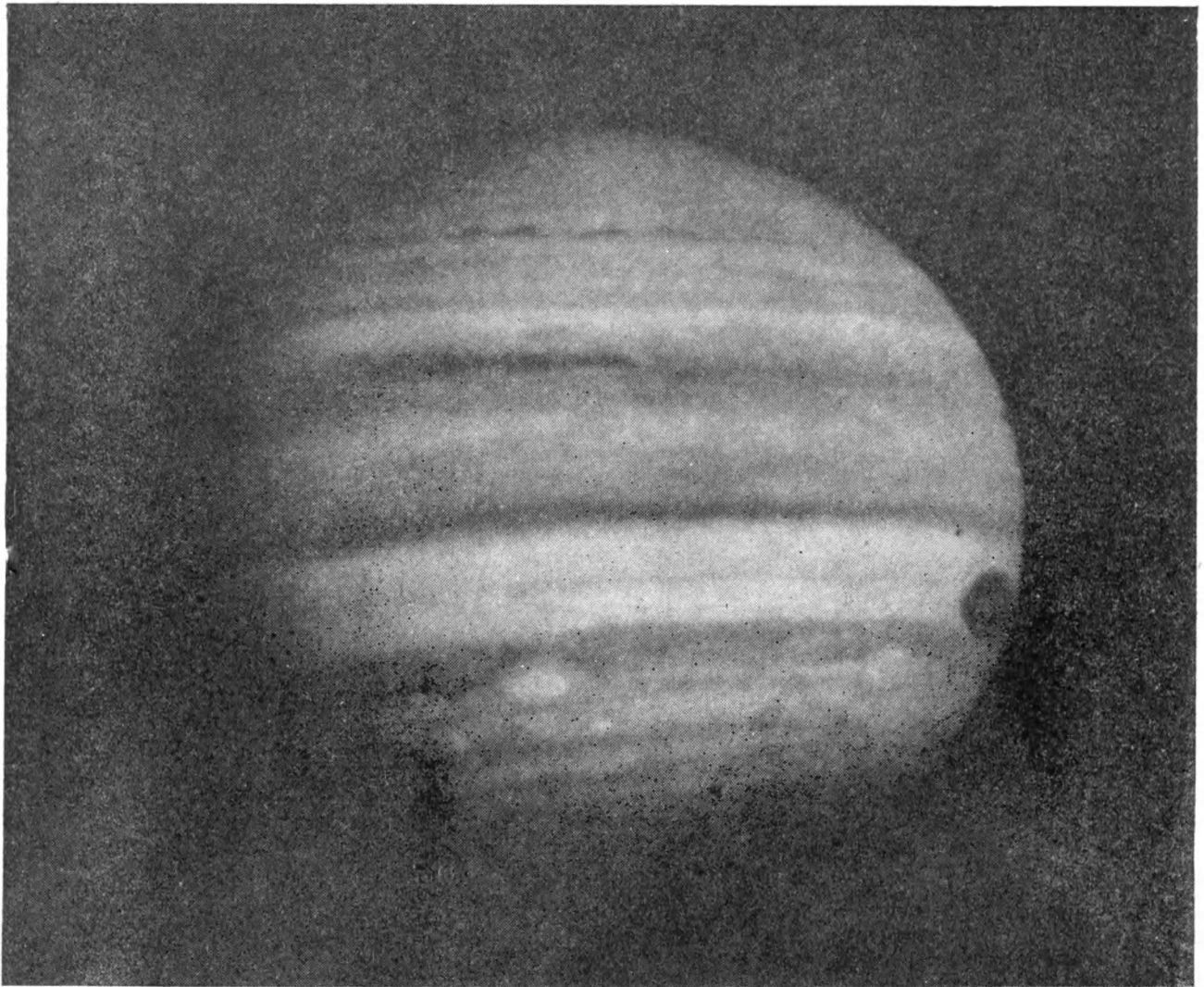
Измерения с космических аппара-



■
Марсианская поверхность — область Chryse. Снимок сделан вечером 21 августа 1976 года с посадочного блока станции «Викинг-1»



■
*Заход Сонца на Марсе. Снимок по-
лучен 20 августа 1976 года с посадоч-
ного блока станции «Викинг-1»*



тов подтвердили существование значительного теплового потока из недр Юпитера, хотя и меньшего, чем по данным наземных наблюдений. Механизм генерации тепла до конца не ясен. Источниками могут быть либо продолжающееся гравитационное сжатие планеты (около 1 мм в год), либо непрерывный переход молекулярного водорода в металлический, либо, наконец, выпадение гелия из

■

Юпитер в синих лучах. Снимок сделан «Пионером-10» с расстояния около 1 млн. км от планеты. Справа у лимба видно Большое Красное Пятно.

водородно-гелиевого раствора и дрейф гелия к центру планеты.

АТМОСФЕРА ЮПИТЕРА

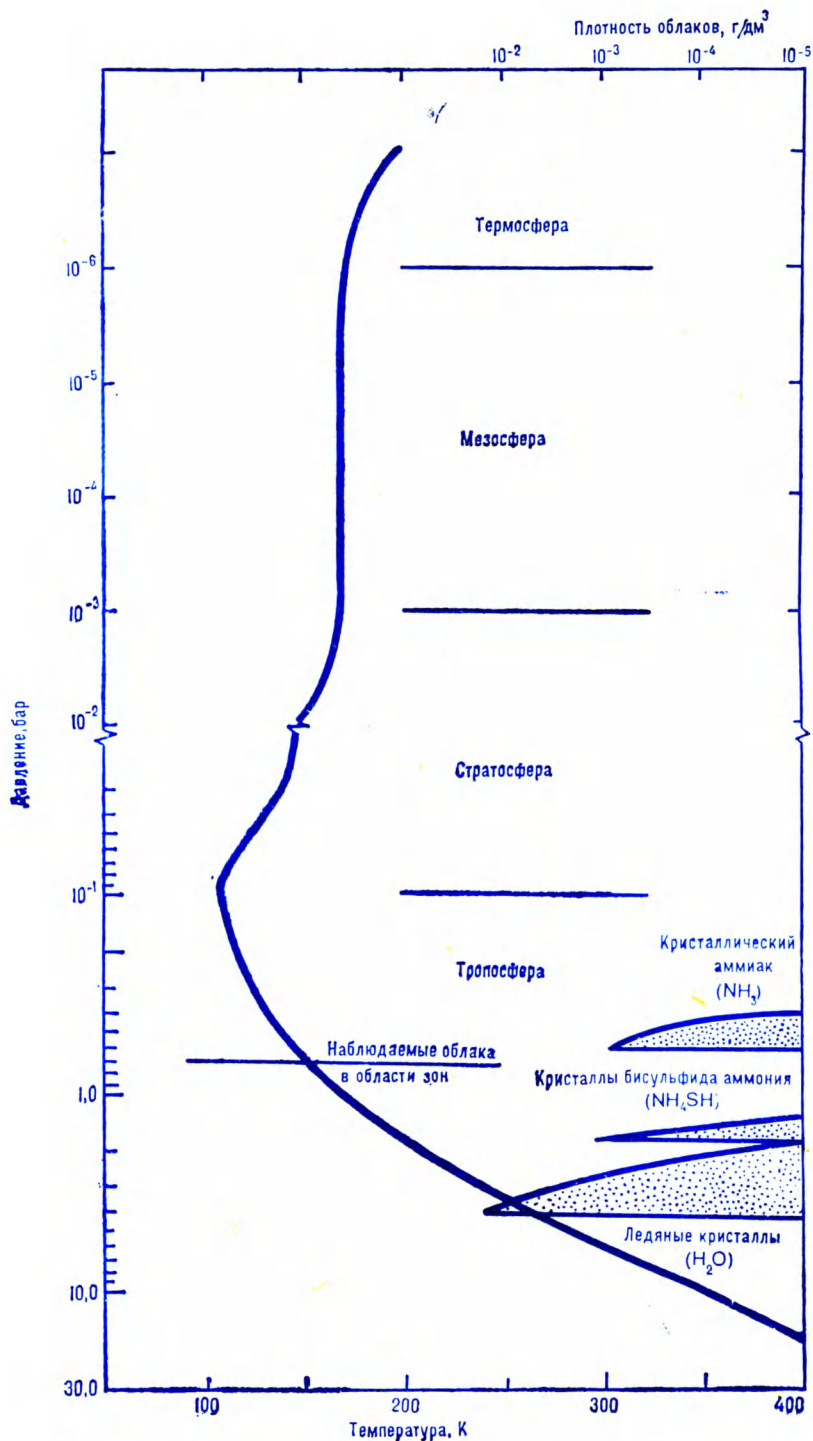
Об атмосфере Юпитера можно говорить в известном смысле условно, поскольку планета не обладает поверхностью, отделяющей твердую оболочку от газообразной. Введя в статью этот раздел, мы скорее следуем традиции, понимая под нижней атмосферой область в диапазоне давлений от 20 до 0,1 бар (очевидно, о «высотах» при этом можно говорить, привязав нуль высоты к

какому-то произвольно выбранному значению на шкале давления). Давлению 1 бар соответствует температура 165 ± 5 К. В первом приближении высотный ход температуры можно охарактеризовать адиабатическим градиентом. Нижней атмосфере свойственны интенсивные вертикальные движения и крупномасштабная циркуляция. Ее основные составляющие — водород, гелий, метан, аммиак и вода, хотя содержание воды определено не очень уверенно (различие достигает трех порядков величины — от 10^{-3} до 10^{-6}). По-видимому, такой же состав имела при-

митивная атмосфера Земли. В нижней атмосфере Юпитера обнаружены молекулы CO , PH_3 , GeH_4 , CH_3D , HCN . Аморфный красный фосфор, водородные и аммонийные полисульфиды, сера окрашивают диск Юпитера в красноватые, коричневатые, желтые цвета.

Анализ цветных изображений облачного слоя, полученных фотополариметрами «Пионера-10 и -11», позволяет судить об особенностях и структуре облаков, характере движений в атмосфере Юпитера. Высота облаков различна в хорошо выделяющихся на диске планеты поясах и зонах. Расчетная модель облачного покрова включает три основных слоя. Верхний (давление около 0,5 бар) состоит из кристаллического аммиака, промежуточный — из бисульфида аммония NH_2SH , нижний (давление несколько бар) — из кристаллов воды. Модель хорошо соответствует имеющейся совокупности экспериментальных данных.

Светлые зоны и Большое Красное Пятно, по-видимому, характеризуются восходящими течениями. Облака в них расположены выше, их поверхностная температура ниже, чем в соседних областях поясов. Природа Большого Красного Пятна и других красных и голубых пятен меньшего размера до конца не выяснена. Вероятнее всего — это чисто метеорологические явления, представляющие собой громадные вихри в атмосфере. Вихревая структура Большого Красного Пятна различима на снимках. Первостепенный интерес имеет вопрос о механизме подвода энергии и об удивительной стабильности таких образований.



Структура атмосферы Юпитера согласно одной из расчетных моделей. Эта модель удовлетворяет данным измерений характеристик излучения на различных длинах

волн. Условно принято, что тропосфера начинается от уровня с давлением 20 бар. Показана также структура и плотность облачных слоев Юпитера (по современным представлениям)

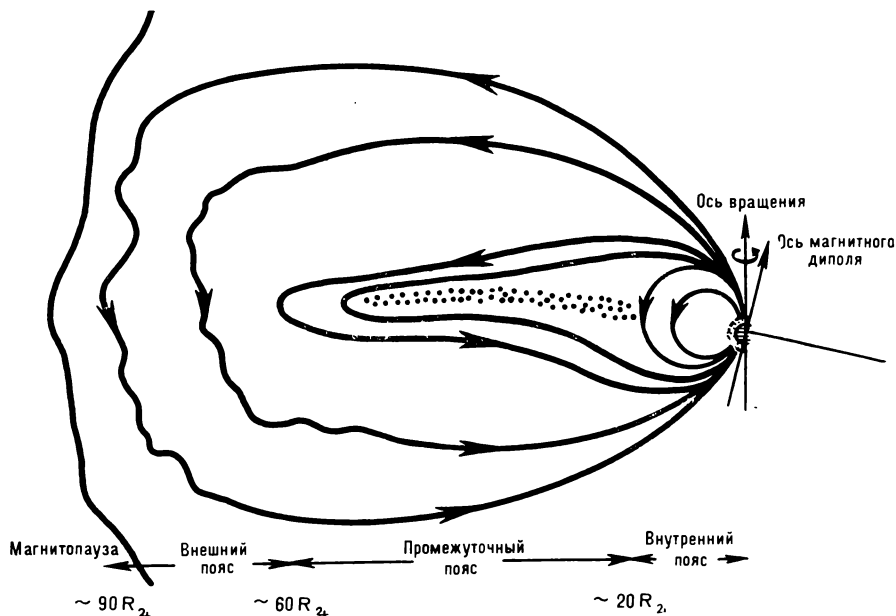


Согласно данным радиоизмерений при заходе космического аппарата за диск Юпитера, самая низкая температура в его атмосфере 80—120 К достигается на уровне, где давление около 0,1 бар. Между уровнями, соответствующими давлению 0,01 и 0,1 бар, лежит область температурной инверсии, поэтому на уровне 0,01 бар температура возрастает до 130—170 К. Эти данные удовлетворительно согласуются с измерениями температуры, проводившимися инфракрасными радиометрами. Согласно расчетам, мезосфера Юпитера в области давлений 10^{-3} — 10^{-6} мбар характеризуется примерно постоянной температурой 180 К. В термосфере и экзосфере средняя протонная и электронная температура равна 800—1100 К.

Юпитер обладает мощной ионосферой, протяженность которой достигает 3 тыс. км, а максимальная электронная концентрация около 10^5 частиц/см³. В ионосфере зарегистрированы заметные флуктуации электронной плотности. Эти нерегулярности носят изотропный характер в нижней части ионосферы, однако на более высоких уровнях обнаруживаются отклонения от равномерного распределения в пространстве, вызванные магнитным полем планеты.

МАГНИТОСФЕРА ЮПИТЕРА

Уникальный феномен представляет магнитосфера Юпитера. Ее диаметр столь велик, что даже при наблюдении с Земли угловой размер магнитосферы составляет почти 2°. На дневной стороне планеты магни-

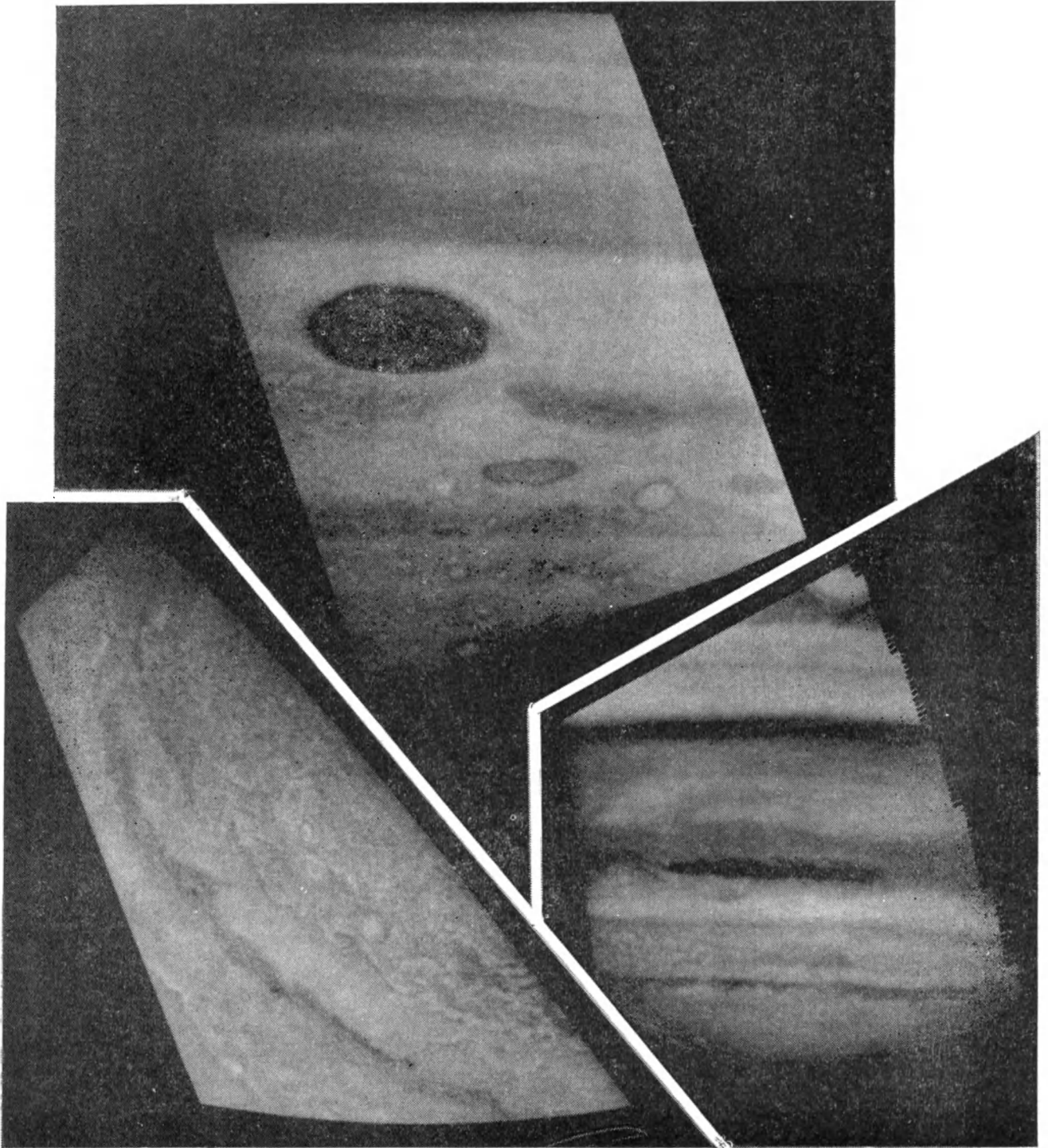


тосфера простирается на 50—100 радиусов Юпитера в зависимости от флуктуаций потока солнечного ветра. С ночной стороны магнитный шлейф Юпитера тянется по крайней мере на 5 а. е. за орбиту Сатурна.

Дипольное магнитное поле Юпитера имеет напряженность около 4 Э на экваторе, на уровне с давлением около 1 бар. Магнитная ось наклонена к оси вращения планеты на $10,2 \pm 0,6^\circ$. Напряженность поля у полюсов составляет 14 Э (у северного) и 10,7 Э (у южного). Дипольный характер магнитного поля сохраняется примерно до расстояния в 15 радиусов Юпитера. Дальше заметное влияние на конфигурацию поля оказывают заряженные частицы, захваченные магнитным полем планеты. Они вращаются вместе с

планетой. В результате вокруг Юпитера образуется «магнитный диск», во внешних областях которого магнитные линии, возможно, не замкнуты, а сам диск на больших расстояниях, вероятно, отклоняется от

■
Схематическое изображение магнитосферы и радиационных поясов Юпитера. Отмечены области, условно отождествляемые с внутренним, промежуточным и внешним поясами. Их размеры выражены в радиусах планеты. Показана граница магнитопаузы — промежуточная область между фронтом отходящей ударной волны, образующейся при натекании плазмы солнечного ветра, и границей регулярного магнитного поля, существующего внутри магнитосферы





плоскости, перпендикулярной оси вращения планеты.

По заключению американского ученого Д. Ван-Аллена, магнитосфера Юпитера во многих чертах аналогична земной, увеличенной примерно в 100 раз. Протоны и электроны внутри магнитосферы образуют радиационные поясы. В этих поясах, по-видимому, генерируется дециметровое и декаметровое излучения Юпитера. Всплески декаметрового излучения на частоте 8 МГц, вероятно, связаны с плазменными неустойчивостями ионосферы. Механизм дециметрового излучения — синхротронный. Оно образуется при дви-

жении захваченных электронов в тороидальной области на расстоянии 1,5—6 радиусов Юпитера. Энергия этих электронов около 10 МэВ.

Магнитосфера Юпитера очень протяжена, так что его спутники — Амальтея, Ио, Европа и Ганимед — движутся внутри магнитосферы. Они не только вносят возмущения в магнитосферу и, возможно, влияют на ускорение заряженных частиц. Атмосферы и поверхности спутников формируются заряженными частицами радиационных поясов Юпитера. Например, газовый тор, возникающий вдоль орбиты Ио за счет бомбардировки ее поверхности заряженными частицами, согласуется с величинами эмиссии атомов натрия (10^7 частиц/см²·с) и атомов водорода (10^{11} частиц/см²·с). Пока трудно понять, какие процессы обеспечивают подвод к поверхности Ио столь большого количества натрия. Вероятнее всего, ионосфера Ио образуется под действием ударной ионизации.

В магнитосфере Юпитера происходит мощное ускорение электронов, которые проникают до орбиты Земли. Их энергия заключена в диапазоне от 3 до 30 МэВ. Как внутри, так и вне магнитосферы Юпитера потоки ускоренных электронов характеризуются 10-часовой периодичностью, которая соответствует периоду вращения планеты. Это дает основание предполагать, что найденные вариации отражают взаимодействие солнечной плазмы с магнитосферой Юпитера. Определенную роль в процессе выметания заряженных частиц из магнитосферы могут играть спутники планеты.

* * *

Невиданные темпы научно-технического прогресса XX столетия, затронувшие все стороны человеческой деятельности, сыграли определяющую роль в развитии современной астрофизики и привели к лавинообразному росту информации о ближайших и удаленных областях пространства. Громадные успехи достигнуты советскими и американскими исследователями космоса в изучении планет. Наше время отмечено по-настоящему серьезными усилиями понять причины и следствия такого грандиозного явления, как Солнечная система, раскрыть основные механизмы, формирующие природные условия на небесных телах. Это не отвлеченная, а сугубо «земная» задача, ибо только путем изучения всего семейства планет можно понять реальное место Земли как члена Солнечной системы. Вот почему так важны те новые крупицы знания, которые приносят космические аппараты, вот почему предпринимаемые в этом направлении усилия относятся к наиболее благородным устремлениям человечества.

■
Большое Красное Пятно Юпитера. Прослеживается вихревая структура этого устойчивого образования в атмосфере планеты. На снимке видны несколько пятен меньшего размера. Снимок сделан в синих лучах фотополариметром «Пионера-11»

■
Область Юпитера вблизи Северного полюса. На снимке хорошо видна структура сильно турбулизованных движений в атмосфере планеты. Снимок в синих лучах получен фотополариметром «Пионера-11»

■
Участок южного полушария Юпитера, сфотографированный в синих лучах фотополариметром «Пионера-11». В атмосфере планеты наблюдается переход от зонального течения в средних широтах к неупорядоченным, турбулентным движениям в высоких широтах



Д. Ю. ГОЛЬДОВСКИЙ

Поиски жизни на Марсе

День 30 июля 1976 года был, очевидно, самым драматичным для американских ученых, которые проводили биологические исследования на Марсе с помощью посадочного блока автоматической станции «Викинг-1» («Земля и Вселенная», № 3, 1976, с. 16—20; № 2, 1977, с. 32—40.—Ред.). Приборы этого блока, предназначенные для поиска жизни, обнаружили явления, вроде бы указывающие на жизнедеятельность марсианских микроорганизмов.

Но сначала несколько слов о приборах. Их три. Прибор GEX рассчитан на то, чтобы регистрировать газообмен, который протекает с выделением или поглощением углекислого газа, азота, метана, водорода и кислорода. В его инкубационную камеру закладывается проба марсианского грунта. Инкубация проводится в атмосфере, состоящей из углекислого газа, неона и криптона. В камеру добавляется 0,5 или 2 см³ питательного раствора. В первом случае происходит лишь «увлажнение» атмосферы в инкубационной камере, во втором — питательный раствор входит в контакт с пробой грунта. Газ из верхней части камеры отбирается в газовый хроматограф на анализ.

Прибор LR служит для поиска признаков обмена веществ. В его инкубационной камере проба грунта находится в естественной марсианской атмосфере. Определив фоновую радиоактивность, в камеру вводят питательный раствор. Он содержит вещества, меченные радиоактивным углеродом C¹⁴. Во время инкубации непрерывно измеряется радиоактивность атмосферы над

Первый биологический эксперимент на Марсе не дал ответа на вопрос, есть ли жизнь на этой планете.

грунтом. Накопление в атмосфере радиоактивного CO₂ или других радиоактивных газов свидетельствовало бы о процессе обмена веществ.

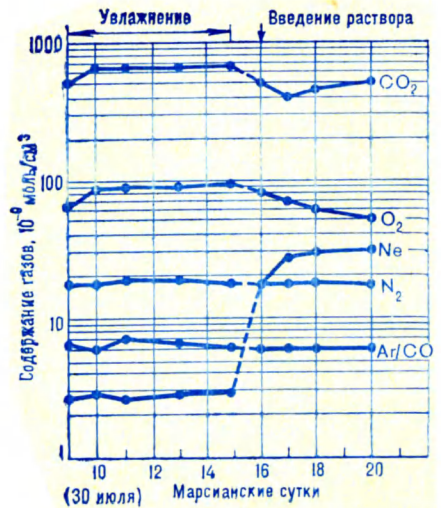
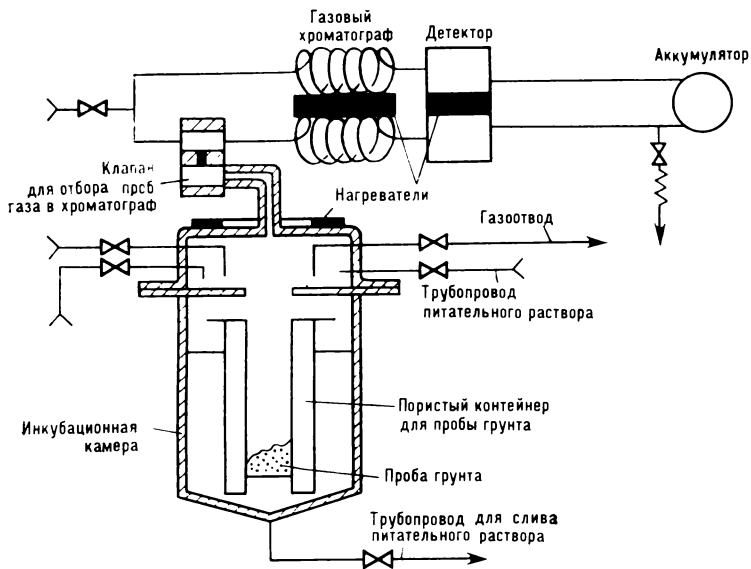
С помощью прибора PR американские ученые считают возможным обнаружить признаки фотосинтеза или химического связывания CO₂ и CO. Проба марсианского грунта помещается в атмосферу из CO₂ и CO, меченных радиоактивным углеродом. Инкубация протекает при свете ксеноновой лампы, имитирующей солнечное излучение без его ультрафиолетовой составляющей. После измерения фоновой радиоактивности грунт подвергается пиролизу (нагрев до 625°С), продукты которого попадают в «ловушку». На этой стадии детектор радиоактивности регистрирует первый пик. Он не имеет биологической природы, его создают непрореагировавшие CO₂ и CO. Затем вещество в ловушке нагревается до 700°С. Если детектор отметит второй пик радиоактивности, значит в марсианском грунте произошел синтез органических соединений.

Для проведения контрольного эксперимента во всех трех приборах предусмотрена возможность стерилизации пробы грунта. В течение трех часов грунт выдерживается при температуре 160°С.

28 июля 1976 года во все три при-

бора посадочного блока станции «Викинг-1» были заложены пробы марсианского грунта. 30 июля началась инкубация. В приборе GEX уже через 2,5 часа после «увлажнения» атмосферы оказалось, что кислорода в 18 раз больше, чем ожидали. К концу первых суток инкубации содержание кислорода возросло еще на 30%, затем оно стабилизировалось. Одновременно увеличилось содержание углекислого газа, аргона и окиси углерода. В приборе LR ввод питательного раствора почти немедленно вызвал резкое повышение радиоактивности. В приборе PR после пятисуточной инкубации второй пик радиоактивности достиг довольно высокого уровня. Примерно такая же радиоактивность отмечалась в аналогичном эксперименте с грунтом, взятым в Антарктиде.

Неужели обнаружена жизнь?! Американские ученые осторожно заявили, что делать какие-либо категорические выводы еще рано. Интенсивное выделение кислорода в приборе GEX и углекислого газа в приборе LR можно объяснить и химическими реакциями питательного раствора с марсианским грунтом. Слишком высокая интенсивность выделения кислорода сама по себе была подозрительна. Неужели марсианские микроорганизмы настолько активнее земных? Правда, высказывались предположения, что микроорганизмы находились в спячке при низкой температуре (в месте посадки «Викинга-1» температура колеблется от —85 до —30°С), а в результате контакта с теплым питательным раствором ожили. Подо-



зрительным было также слишком быстрое выделение кислорода после начала инкубации. Эксперименты следовало продолжать.

В инкубационную камеру прибора GEX добавили 2 см³ питательного раствора, который вступил в контакт с марсианским грунтом. Содержание кислорода в камере... упало. По-видимому, это произошло в результате небактериологического поглощения кислорода веществом, находившимся в растворе, например аскорбиновой кислотой. Содержание углекислого газа тоже уменьшилось, хотя потом снова несколько возросло.

Вторично ввели питательный ра-

створ в прибор LR. Уровень радиоактивности понизился на 30%. Вероятно, часть радиоактивного углекислого газа, содержащегося в атмосфере инкубационной камеры, при вторичном добавлении раствора была поглощена марсианским грунтом. После очистки инкубационной камеры в нее заложили новую пробу, которая подверглась стерилизации. Когда к стерилизованной пробе добавили питательный раствор, уровень радиоактивности почти мгновенно возрос, а затем медленно снизился. Эксперимент со стерилизованным марсианским грунтом проводился и в приборе PR. В отношении обоих контрольных экспериментов американские ученые отметили, что уровень радиоактивности после стерилизации оказался не настолько низким, чтобы считать падение радиоактивно-

сти следствием уничтожения жизни при стерилизации. Падение радиоактивности можно объяснить химическими процессами, так как нагрев изменяет химические свойства вещества.

В ходе экспериментов во всех трех приборах было обнаружено, что пробы, содержащие больше влаги, например грунт из-под камней, менее активны. Влага как бы подавляет активность.

3 сентября 1976 года, когда на Марс опустился посадочный блок станции «Викинг-2», эксперименты на «Викинге-1» временно прекратились. Предварительные исследования

Схема биологического прибора GEX, установленного на посадочном блоке станции «Викинг»

Выделение газов во время инкубации марсианского грунта в приборе GEX на станции «Викинг-1»

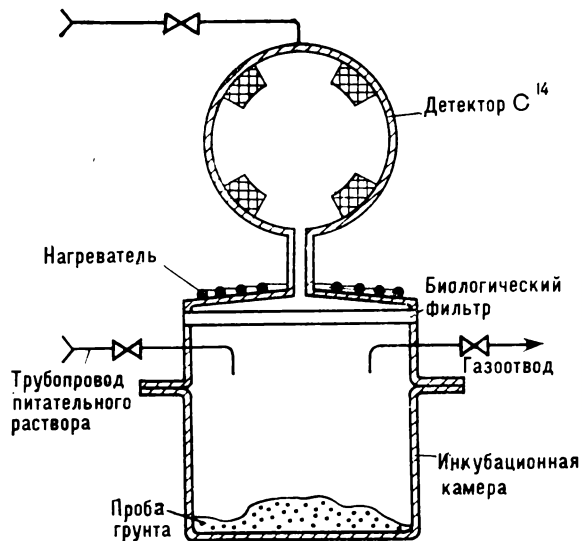
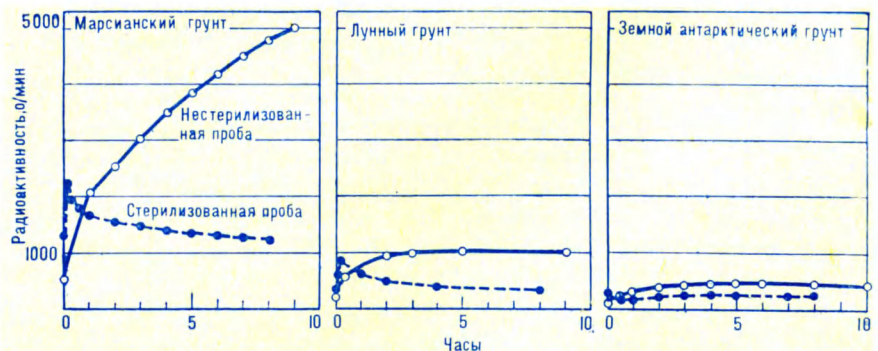


Схема биологического прибора LR

Выделение радиоактивных газов из марсианского грунта после введения в инкубационную камеру питательного раствора, меченого радиоактивным углеродом. Эксперимент проводился в приборе LR на станции «Викинг-1»

Сравнение результатов инкубации нестерилизованной и стерилизованной проб марсианского грунта в приборе LR с результатами инкубации проб лунного и земного антарктического грунта



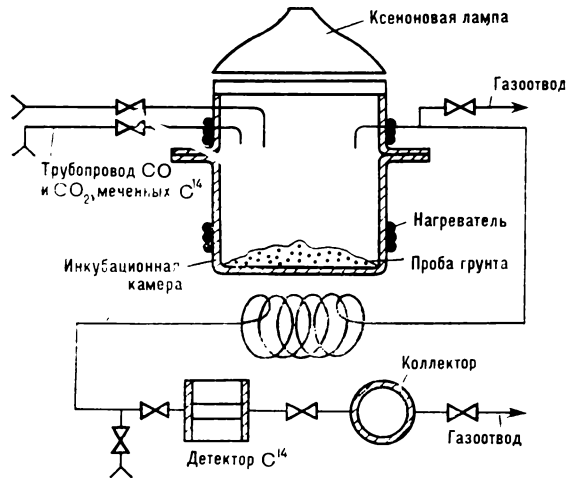
с ареоцентрической орбиты свидетельствовали о том, что в месте посадки «Викинга-2» вероятность существования жизни выше. Однако приборы для поиска жизни, установленные на его посадочном блоке, дали

практически те же показания, что и приборы «Викинга-1».

В конечном счете большинство американских ученых пришли к выводу, что результаты всех биологических экспериментов следует объяснять



Результаты инкубации проб марсианского грунта в приборах PR



«изошренной» химией марсианского грунта, а не жизнедеятельностью микроорганизмов. Обнаруженную активность нельзя связать с какой-либо известной активностью земных микроорганизмов. Возможно, «изошренная» химия обусловлена воздействием на марсианский грунт ультрафиолетового солнечного излучения, от которого поверхность нашей планеты защищена озоновым слоем.

Один из аргументов в пользу химической, а не биологической природы зарегистрированных процессов дал анализ грунта в установке газовый хроматограф — масс-спектрометр. Эта установка предназначена для обнаружения в марсианском грунте органических молекул. Даже

Схема биологического прибора PR

если сейчас микроорганизмов на Марсе нет, они могли существовать в прошлом, когда на Марсе были более благоприятные условия, в частности, вода находилась в жидком виде (на поверхности планеты отчетливо видны следы водной эрозии). Ранее существовавшие микроорганизмы должны бы оставить после себя «трупы» — органические молекулы. Но их не обнаружили, хотя анализы проводились многократно. На анализ брали грунт из-под камней, предварительно сдвинув их грунтозаборником. Такой грунт решили взять потому, что он не испытывал воздействия ультрафиолетового излучения

Солнца, которое могло разрушить органические молекулы.

Тот факт, что на двух весьма ограниченных участках поверхности Марса не удалось обнаружить ни признаков жизни, ни ее следов в прошлом, вовсе не означает, что жизни на Марсе нет нигде. Поиски жизни на планете только начинаются.

Станция	Вид пробы	Условия инкубации	Температура инкубации, °C	Уровень радиоактивности, отсчеты в минуту (о/мин)	
				первый пик	второй пик
«Викинг - 1»	Нестерилизованная	Свет, сухая атмосфера	17 ± 1	7421 ± 59	96 ± 1,5
	Стерилизованная	Свет, сухая атмосфера	15 ± 1	7649 ± 60	15 ± 1,29
	Нестерилизованная	Свет, сухая атмосфера	13—26	6713 ± 58	27 ± 0,98
	Нестерилизованная	Свет, сухая атмосфера	16 ± 2	2040 ± 42	35 ± 1,6
«Викинг - 2»	Нестерилизованная	Темнота, сухая атмосфера	15 ± 3	7133 ± 58	23 ± 1,7
	Нестерилизованная	Свет, влажная атмосфера	18 ± 1,5	12 523 ± 76	2,8 ± 0,92
	Нестерилизованная	Темнота, сухая атмосфера	10 ± 2	13 014 ± 44	7,5 ± 2,5



Кандидат географических наук
А. А. НИКОНОВ

Современные движения земной коры и гляциоизостазия

ГЛЯЦИОИЗОСТАТИЧЕСКОЕ ПОДНЯТИЕ

Гляциоизостазия — это нарушение и восстановление равновесия земной коры под тяжестью льда. Появляющиеся ледниковые покровы прогибают земную кору, а при их таянии земная кора вспучивается и возвращается в некоторое исходное положение.

К настоящему времени уже накопилось достаточно данных о современных (за последние десятилетия — столетия) вертикальных перемещениях земной поверхности и земной коры в разных частях суши, чтобы выделить основные типы движений и отметить некоторые их закономерности («Земля и Вселенная», № 4, 1976, с. 58—64.— Ред.). Несомненно, тектонические движения — это в большинстве случаев результат сложения и взаимодействия внешних планетарных сил (например, гравитация), внутренних физических и физико-химических процессов в глубоких слоях Земли (конвекция, перенос тепла, фазовые переходы), процессов на поверхности Земли (накопление и снос осадочных толщ, возникновение ледниковых покровов и водоемов). Лучше всего нам известны движения, вызванные процессами на поверхности, наиболее доступные для изучения. В первую очередь, это **движения изостатические и гляциоизостатические** («Земля и Вселенная», № 3, 1970, с. 26—31.— Ред.).

Классический полигон, на котором изучается гляциоизостазия, — Фенноскандия. Еще в 1731 году по решению Шведской академии наук на

Земная кора непрерывно подымается или погружается. Наиболее активные современные вертикальные движения происходят в местах крупных материковых оледенений недавнего геологического прошлого — в Европе и Северной Америке.

прибрежной скале Ботнического залива была закреплена первая марка для регулярных наблюдений за поднятием суши. Теперь на побережье Фенноскандии действует свыше 50 уровневых постов, которые дают материал для оценки скорости современных вертикальных движений земной коры по берегам этого региона, еще 20—10 тыс. лет назад покрытого мощным панцирем льда. Для внутренних частей Фенноскандии скорости движений получают на основе данных повторного нивелирования, главным образом, вдоль железных дорог. Длина таких линий только в пределах Финляндии превышает 3 тыс. км, а в Карелии и на Кольском полуострове — 1,5 тыс. км.

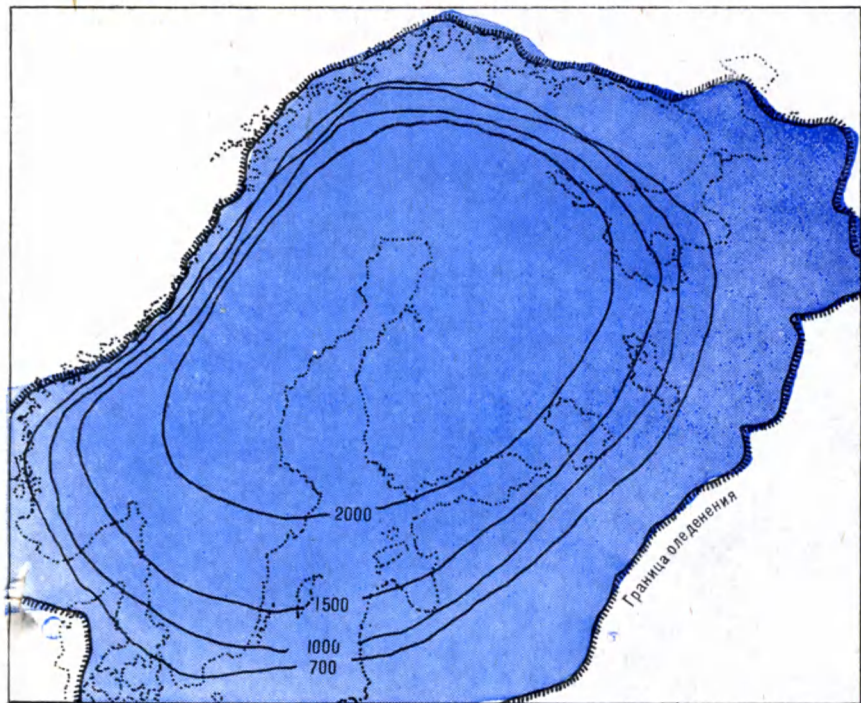
Привлекая исторические и геолого-геоморфологические материалы, ученые построили сводную карту современных вертикальных движений Фенноскандии. Основанный на новейших данных вариант этой карты демонстрировался на Генеральной ассамблее Международного союза геодезии и геофизики в 1971 году в Москве. На карте, которую можно считать эталоном, показаны величины скорости движений в виде изолиний скорости вертикальных движений с сечением 0,5 и 1,0 мм/год.

Даже беглый взгляд на карту подтверждает, что вся Фенноскандия испытывает активное сводообразное поднятие с максимумом над бывшей центральной частью ледниковой области. Скорость поднятия закономерно убывает от центральной ледниковой области (9,5 мм/год) к периферии, где теперь уже начинается погружение со скоростью 1—2 мм/год. Изолинии скорости поднятия не согласуются (за отдельными исключениями) с простираемостью форм рельефа и тектоническими структурами. Однако они согласуются с контурами бывшего ледникового покрова, распределением его предполагаемой толщины и последовательностью отступления. То же самое устанавливается и для разных периодов всего голоцена, то есть для последних 10 тыс. лет, когда ледниковый покров Фенноскандии быстро сокращался и исчезал.

По всем этим признакам можно обосновать зависимость движений Фенноскандии от ледниковой нагрузки, то есть их **гляциоизостатическую природу**. Лишь на периферии, где скорости не превышают нескольких миллиметров в год, есть свидетельства собственно тектонических движений.

НА МЕСТЕ КРУПНЕЙШЕГО ЛЕДНИКОВОГО ПОКРОВА

Если нагрузка ледниковых покровов сильно влияет на вертикальные движения земной коры, то следы этого влияния должны быть не только в Фенноскандии. Известно, что всего 18—7 тыс. лет назад крупнейший ледниковый покров (Лаврентий-

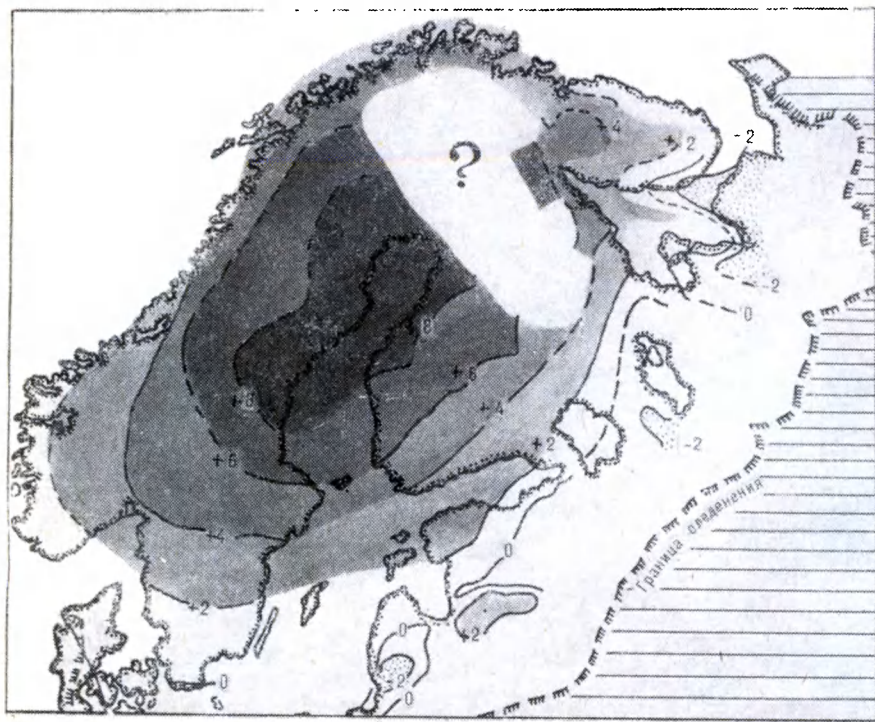


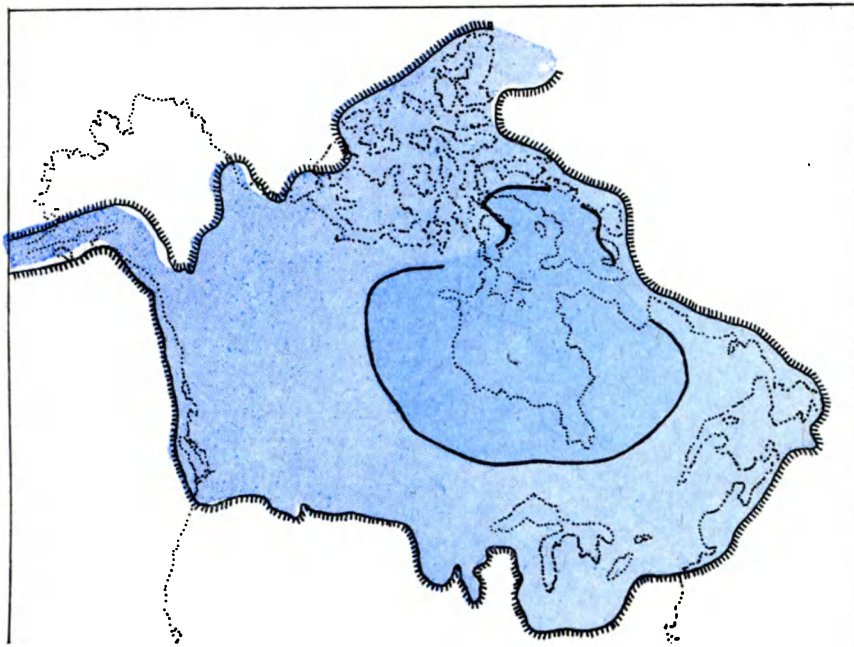
ский) занимал материк Северной Америки. Площадь этого покрова, по расчетам, достигала 13 млн. км², а объем — 21 млн. км³, что превышает размеры Фенноскандинавского, соответственно, в 2 и почти в 3 раза. Вот здесь бы и проверить полученные для Фенноскандии заключения! Но о современных движениях Северо-Американского материка до сих пор судят лишь по разрозненным данным. Это и не удивительно, если вспомнить, что основное заселение материка европейцами происходило в XVIII—XIX веках, а научные работы в области наук о Земле были начаты в первой четверти нашего столетия.

Специальное изучение современных вертикальных движений началось в США в последние десятилетия. Уровнемерные наблюдения ведутся здесь с первой четверти — середины нашего века и лишь в отдельных пунктах — с конца XIX века. По данным наблюдений обычно рассчитывается многолетний ход уровня моря, отражающий относительное изменение положения суши и моря в данном пункте. Для оценки ско-



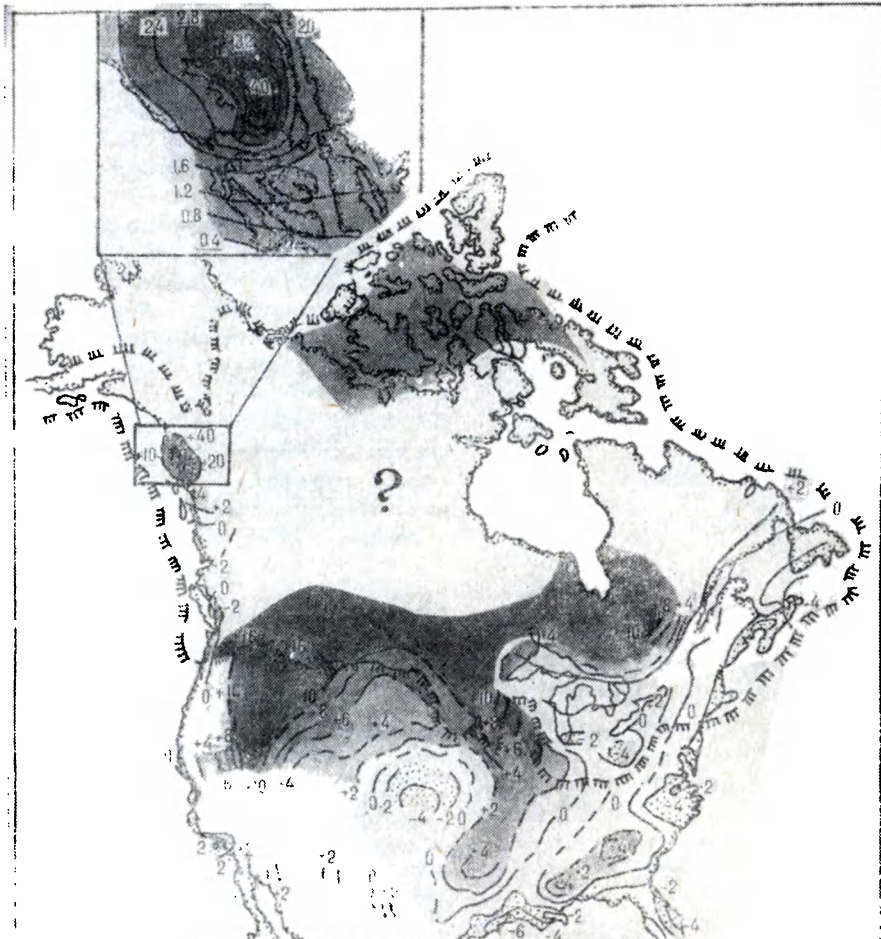
Фенноскандия — яркий пример проявления гляциоизостазии. На верхнем рисунке показано максимальное распространение последнего оледенения (около 20 тыс. лет назад). Цифрами отмечена мощность ледникового покрова (в метрах). Пунктир — современные очертания суши. Нижний рисунок иллюстрирует современные вертикальные движения суши, освободившейся от льда (скорость движения в мм/год). Знаки плюс и минус у чисел показывают поднятия и опускания суши





рости движений внутри материка необходимы результаты повторного нивелирования вдоль протяженных линий с интервалом в 20—35 лет. Такие линии существуют, главным образом, в США, особенно в густонаселенной восточной части.

Обобщая геодезические и океанографические наблюдения за современными вертикальными движениями Северо-Американского материка, можно составить региональную схему этих движений. Данная схема хотя и имеет белые пятна, показывает движения регионального характера и вековой длительности. Местные подвижки, связанные с сильными землетрясениями, на ней не отражены, как не отражены и кратковременные знакопеременные движения, вызванные гидрометеорологическими и другими флуктуациями. Существующие методы получения и обработки данных уровневых постов обеспечивают точность в пределах $\pm 0,5$ мм/год, но, по мере



Северная Америка — район интенсивных современных вертикальных движений суши. На верхнем рисунке показано максимальное распространение Лаврентийского оледенения, на нижнем — скорости вертикальных движений в мм/год. Знаки плюс и минус показывают, что поднятия и опускания суши чередуются и соответствуют в основном (за пределами ледникового покрова) геологическим структурам. Вверху на врезке — территория юго-восточной Аляски, где в последние столетия наблюдаются самые заметные поднятия суши, освободившейся от льда (изолинии скорости поднятия в см/год)



удаления от морских берегов, точность снижается из-за накапливающихся ошибок нивелирования. Поэтому, изолинии движений за пределами побережья не могут претендовать на точность, более высокую чем ± 1 мм/год.

Что же демонстрирует схема и как можно объяснить полученную картину?

Прежде всего, согласуется ли распределение современных движений с распространением и динамикой Лаврентийского ледникового покрова, иначе говоря, в какой мере движения можно считать гляциоизостатическими? Область бывшего Лаврентийского ледникового покрова, мощность которого в центральной части оценивается в 3 тыс. м, в течение последних примерно 10 тыс. лет испытывала интенсивное поднятие. Величины и скорость этого поднятия определяются по современному высотному положению и деформации постледниковых морских террас. «Возраст», или время образования, террас определяется по анализу органических остатков в отложениях радиоуглеродным методом. Самая верхняя морская граница обнаружена в юго-восточной части Гудзонова залива, на абсолютной высоте около 285 м! С учетом более раннего начала воздымания и величины подъема уровня Мирового океана (примерно на 50 м за последние 12 тыс. лет) максимальная величина поднятия должна была составить не менее 400 м.

Для южного и юго-восточного флангов Лаврентийского покрова картина почти концентрического распределения изолиний скорости под-

нятия, то есть сводообразного характера поднятия на месте последнего ледникового покрова, может считаться столь же очевидной, как и для Фенноскандии. Большие скорости и больший наклон «купола» в центральной ледниковой области Лаврентийского покрова по сравнению с Фенноскандиавским вполне понятны — ведь в Северной Америке оледенение было мощнее, занимало большую площадь и отступило на 3 тыс. лет позднее.

На юго-восточной периферии Лаврентийского щита, как и на востоке и юго-востоке Фенноскандии, изолинии современных движений не только повторяют контуры покрова (или изолиний его мощности), но и отражают отдельные структуры и морфоструктуры кристаллического фундамента. Так, восточнее Великих озер изолинии современных движений вытягиваются к северо-востоку в направлении апалачских структур, ооконтуривают гранито-гнейсовый купол Адирондак 200×400 км в поперечнике, который поднимается с относительной скоростью 2,2—2,8 мм/год.

Таким образом, на периферии Лаврентийского покрова так же, как и на восточной периферии Фенноскандии, мы наблюдаем ослабление гляциоизостатических движений и переход к собственно тектоническим, менее интенсивным.

УНИКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГЛЯЦИОИЗОСТАЗИИ

Процесс гляциоизостатического воздымания в его начальной стадии можно наблюдать в архипелаге

Александра на юго-восточной Аляске. Ледниковая шапка южной Аляски в голоцене не сокращалась, как все другие ледниковые покровы и щиты, а, наоборот, разрасталась (годовая сумма осадков здесь 3000 мм/год против 500 мм/год на северной Аляске и в окрестностях Гудзонова залива). В районе Глейшер-бей отмечаются две фазы наступания ледников — 7 и 4,2 тыс. лет назад, а около 3 тыс. лет назад наступание ледников в этом районе стало всеобщим (вокруг залива Якутат, например, они увеличивались в длину на 100 км). Здесь мы как бы видим своеобразную «малую ледниковую эпоху». Интенсивное таяние и сокращение выводных ледников и ледниковой шапки в этом районе началось лишь недавно: залив Глейшер-бей длиной около 100 км, еще 200 лет назад почти целиком заполненный льдом, сейчас почти свободен от него. Только за период с 1880 по 1946 год покрытая ледниками площадь сократилась здесь на 453 км^2 , то есть почти на 35%.

Как же проявляются современные вертикальные движения в этом уникальном районе, где заметное сокращение оледенения происходит на глазах одного-двух поколений людей?

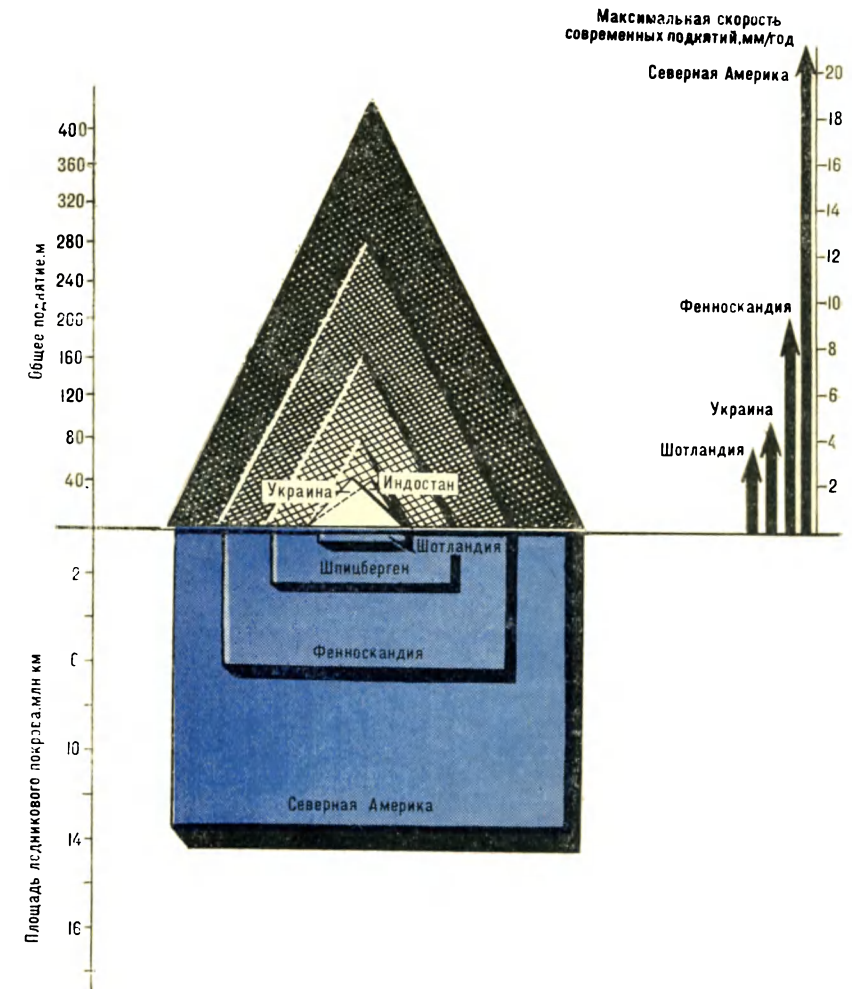
К счастью, здесь на небольшой сравнительно площади действует 30 равномерных постов, что дало возможность составить схему современных движений участка. Наиболее примечательны две особенности. Во-первых, концентрическое расположение изолиний поднятия с центром как раз над районом самого недавнего и активного сокращения ледниковой шапки. Распределение ве-

личин скорости поднятия совершенно не коррелирует с резко расчлененным горным рельефом этого участка. Во-вторых, очень высокие скорости поднятия (8—22 мм/год), которые фиксируются неизменно на некоторых уровнемерных постах в течение всего нашего столетия или даже с 1890 года. В центре района (на площади 230 км²) земная кора воздымается со скоростью 40 мм/год. Только в нашем столетии суша здесь поднялась почти на 2 м! Столь высокая скорость поднятия делает этот район уникальным на всем земном шаре. Такое, как здесь, четко выраженное резкое куполообразное современное поднятие, тоже не имеет аналогов. В других местах лишь непосредственно после таяния крупных материковых ледниковых покровов, то есть 12—7 тыс. лет назад, земная кора поднималась примерно с такой же скоростью.

По существу, в юго-восточной Аляске природа смоделировала для нас в миниатюре начальные этапы процесса гляциоизостатического воздымания земной коры, о которых нам часто приходится судить лишь по косвенным данным.

НЕ ТОЛЬКО ГЛЯЦИОИЗОСТАЗИЯ

Для территории Северной Америки, которая не подвергалась оледенению, характерна пестрая картина вертикальных движений: здесь опускания чередуются с поднятиями. Атлантическое побережье материка, например, опускается со скоростью 2—4 мм/год. То же характерно для побережий Мексиканского залива, в северо-западной части которого



ежегодные погружения превышают 6 мм. Тихоокеанское побережье в целом почти стабильно.

Судя по результатам повторного нивелирования (эпохи 1929—1963) вдоль трех поперечных линий, горная страна Кордильер в целом поднимается со скоростью от нескольких миллиметров в год до 10—16 мм/год. Казалось бы, это доказывает высокую современную тектоническую активность Кордильер. Но прежде чем сделать такой вывод, надо обратить внимание на то, что поднятие земной коры на севере в 5—10 раз быстрее, чем на юге, несмотря на одинаковый порядок абсолютных высот гор и сходные геологические структуры. И в данном случае большие скорости поднятия гор с приближением к границе быв-

шего ледникового покрова, естественно, объясняются воздействием прежней ледниковой нагрузки.

Если это так, то современное собственно тектоническое поднятие мезо-кайнозойского складчатого пояса

■ *Блок-диаграмма, иллюстрирующая размах гляциоизостатических поднятий различных районов земного шара: прямоугольники (под горизонтальной осью) отражают размеры площади, занятой последним оледенением, а треугольники вверх показывают, насколько поднялась суша со времени начала таяния льда в данном районе. Справа — шкала скорости современных поднятий земной коры в тех же районах. Для сравнения представлены Украина и Индостан — области, не подвергавшиеся последнему оледенению*



Кордильер измеряется всего несколькими миллиметрами в год. Эта величина кажется удивительно малой. Но ведь и Альпы, согласно новейшим измерениям, в последние 50 лет поднимаются со скоростью всего 1—1,5 мм/год. А это при сохранении знака и величины движений дает 1 км всего за 1 млн. лет! С такой же скоростью воздымаются невысокие горы Аппалачи и Уошито (плато Озарк) на месте областей древней складчатости во внеледниковой зоне. Тектоническая природа поднятия этих участков подчеркивается хорошим совпадением простирания изолиний движений и простирания складчатости. Кроме того, здесь хорошо согласуются контуры изолиний современных движений и рельефа.

Общее погружение Атлантического побережья (от Ньюфаундленда до границы США с Мексикой) вряд ли чистотектоническое. Нельзя его объяснить и компенсационным погружением вдоль границ гляциоизостатического поднятия. Одна из причин погружения, — вероятно, прогибание всей широкой полосы шельфа под нагрузкой вод послеледниковой трансгрессии, когда толща вод Мирового океана увеличилась более чем на 50 м. По подсчетам некоторых американских исследователей, скорость такого прогибания — около 1 мм/год. Есть и другие примеры: погружение отдельных участков северного берега Мексиканского залива связано с дополнительным влиянием тяжести уплотняющихся здесь рыхлых отложений. Так, в дельте Миссисипи в результате уплотнения

осадков земная кора погружается со скоростью 1,16 мм/год.

Каков же вывод? Интенсивные современные поднятия внутри границы последнего оледенения на Северо-Американском континенте удовлетворяют всем признакам гляциоизостатических. Однако за пределами последнего оледенения вертикальные движения менее интенсивны, неоднородны по знаку и площади, в значительной мере согласуются с тектоническими структурами и, следовательно, уже не могут считаться преимущественно гляциоизостатическими (кроме районов узкой полосы вдоль бывшего края льда).

Сравнение районов двух крупнейших ледниковых покровов убеждает нас в ведущей роли гляциоизостазии в современных движениях земной коры на огромных пространствах земного шара. Логично предположить, что близкие по структуре и истории развития сегменты Земли, не подвергавшиеся оледенению, не должны обнаруживать признаков гляциоизостатических движений. Например, как ведут себя древние Украинский и Индостанский кристаллические щиты? Мы не видим здесь ни общего сводового поднятия, ни столь больших величин скорости, как на щитах Балтийском и Канадском, испытавших влияние Фенноскандинавского и Лаврентийского ледниковых покровов. Примечательно также, что на Украинском щите ни распределение, ни знак современных движений не согласуются с тем, что известно для голоцена. Есть и другие отличия.

Характер движений различных

районов хорошо иллюстрируется блок-диаграммой. Величина и интенсивность голоценовых и современных вертикальных движений зависят от того, покрывалась ли площадь последним ледниковым покровом и какова была его мощность.

Легко представить, что произошло бы с каменным ложем Антарктиды после стаяния ледникового панциря. Достаточно вспомнить, что площадь и объем антарктического льда превышают площадь и объем древнего ледникового покрова Северной Америки. Значит, кроме воздымания земной коры Антарктического материка поднялся бы и уровень Мирового океана на 60 м! К счастью, истории Антарктиды за последние миллионы лет не дает никаких оснований беспокоиться. Но в северных широтах происходили огромные изменения, связанные с оледенениями и влиянием гляциоизостазии. Земная кора прогибалась под крупными ледниковыми покровами на многие сотни метров и возвращалась к исходному положению после их стаяния.

За короткий геологический период — всего 3 млн. лет — в северном полушарии ледниковые покровы не менее четырех раз возникали и исчезали. Гляциоизостазия, таким образом, во многом определяла соотношение суши и моря на планете, а также режим тектонических движений.



Доктор физико-математических наук
И. М. ПОДГОРНЫЙ

Космос в лабораторной установке

ИСКУССТВЕННАЯ МАГНИТОСФЕРА ЗЕМЛИ

Одна из важнейших проблем современной геофизики — выяснение возможных путей проникновения быстрых частиц в магнитосферу Земли. Внедряясь в магнитосферу, быстрые частицы наполняют радиационный пояс, вызывают полярные сияния и многие другие явления. Исследования проникновения заряженных частиц в магнитосферу легче всего осуществить в лабораторном эксперименте, так как отрывочная информация, полученная отдельными космическими аппаратами, не позволяет сформировать общее представление о процессах на границе солнечного ветра и магнитного поля магнитосферы.

Для проведения лабораторных исследований необходимо создать искусственную магнитосферу небольших размеров, чтобы экспериментатор мог активно вмешиваться в ее «жизнь». Искусственная магнитосфера, обладающая основными особенностями магнитосферы Земли, образуется при взаимодействии потока плазмы с полем магнитного диполя. Поскольку солнечный ветер является сверхзвуковым потоком бесстолкновительной плазмы, перед магнитосферой возникает ударная волна слабого типа. В этой ударной волне столкновений частиц не происходит.

Параметры потока плазмы в эксперименте выбираются по принципу ограниченного моделирования: при изменении масштабов исследуемого явления величины основных безразмерных параметров должны оставаться в пределах тех значений, при кото-

Группа сотрудников Института космических исследований АН СССР (кандидат физико-математических наук Э. М. Дубинин, кандидат физико-математических наук Ю. В. Андриянов, Ю. Н. Потанин, Г. Е. Куликов) под руководством автора статьи провела серию экспериментов. В условиях лабораторной моделировалось взаимодействие солнечного ветра с различными планетами. С первым циклом этих работ наши читатели уже знакомы («Земля и Вселенная», № 4, 1970, с. 16—20.— Ред.).

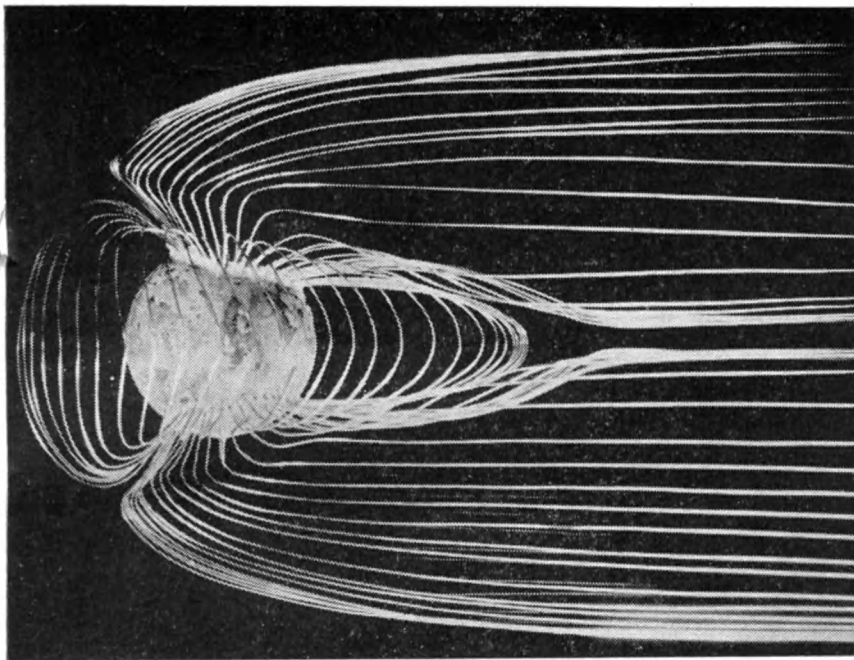
рых не происходит качественного изменения характера процессов. Такому условию для лабораторной магнитосферы с поперечным размером 10 см удовлетворяет поток водородной плазмы, имеющий скорость $3 \cdot 10^7$ см/с, концентрацию 10^{13} см⁻³ и магнитное поле, замороженное в плазму 30—40 Э.

Поток плазмы с такими параметрами создавался с помощью электромагнитного ускорителя плазмы. Помещая ускоритель плазмы в поле магнита, можно было «вмораживать» необходимое магнитное поле в поток искусственного солнечного ветра. При взаимодействии искусственного солнечного ветра и магнитного поля диполя формируется искусственная магнитосфера с магнитным хвостом. На дневной стороне происходит разветвление замкнутых и разомкнутых силовых линий. Естественно ожидать, что именно в этой области будет внедряться плазма. Действительно,

внедрение обнаружено и в лаборатории, и в космосе, но вопрос о форме «магнитной щели» окончательно был решен только в эксперименте.

Как же проникают быстрые частицы в магнитосферу? В эксперименте был использован искусственный солнечный ветер, который содержал небольшое количество (приблизительно 0,01% концентрации плазмы) быстрых электронов с энергией около 5 кэВ. Чтобы выяснить пути внедрения частиц в магнитное поле, внутри искусственной магнитосферы помещались фотопленки, защищенные от видимого света алюминиевой фольгой. Так были получены снимки потоков частиц. Быстрые частицы, внедрившись в искусственную магнитосферу, попадают на поверхность тереллы — соленоида, создающего дипольное поле. Диаметр тереллы — 4—5 см.

В природных условиях аналогичные потоки быстрых частиц, попадая в верхние слои атмосферы, вызывают ее свечение — полярные сияния. В лабораторном эксперименте чрезвычайно трудно наблюдать свечение газа под действием частиц, прорвавшихся внутрь искусственной магнитосферы, но, используя различные детекторы, можно регистрировать потоки заряженных частиц на поверхности тереллы. Высыпание быстрых электронов из искусственного солнечного ветра на поверхность тереллы регистрировалось на фотопленках. Пленки надевались на тереллу и были защищены алюминиевой фольгой от воздействия видимого света. Эксперименты показали, что основной максимум высыпания приходится на высокие широты и продолжается на



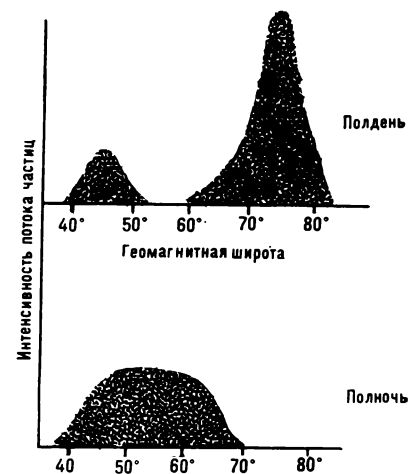
вечернюю сторону, смещаясь в низкие широты. Было обнаружено и низкоширотное высыпание. Эти зоны постепенно сливаются при переходе на ночную сторону — наблюдаются как бы два перекрывающихся овала полярных сияний.

Детальные исследования привели к выводу, что прорыв плазмы не локализован на дневной стороне, а простирается и на ночную. Помещая пленку в различные меридиональные сечения искусственной магнитосферы, можно установить и форму области

■ Проволочная объемная модель магнитосферы Земли. Каждая проволочка показывает форму соответствующей линии магнитного поля

вторжения частиц, и направление потока вплоть до поверхности тереллы. Области вторжения опоясывают всю тереллу и представляют собой глубокие щели, по которым потоки частиц поступают в те же зоны, где они высыпаются. Одна из таких полярных щелей расположена в северном полушарии, вторая — в южном. Каждая из щелей ограничивает пучок силовых линий, уходящий из соответствующей полярной шапки в геомагнитный хвост.

Исследования, выполненные непосредственно в космосе, не обладают пока достаточными данными о форме полярных щелей, но там, где информация имеется, она полностью согласуется с результатами лабора-

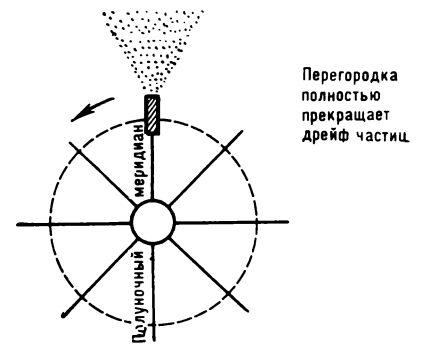
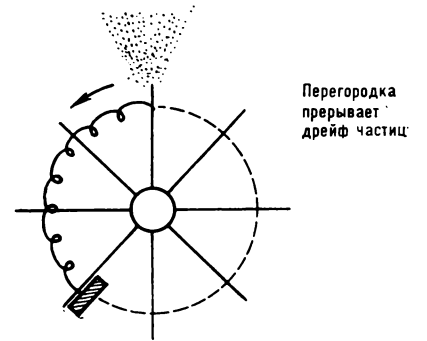
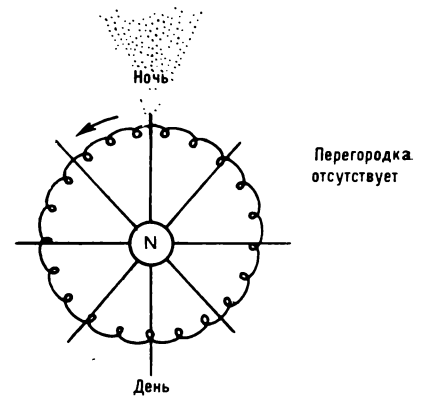
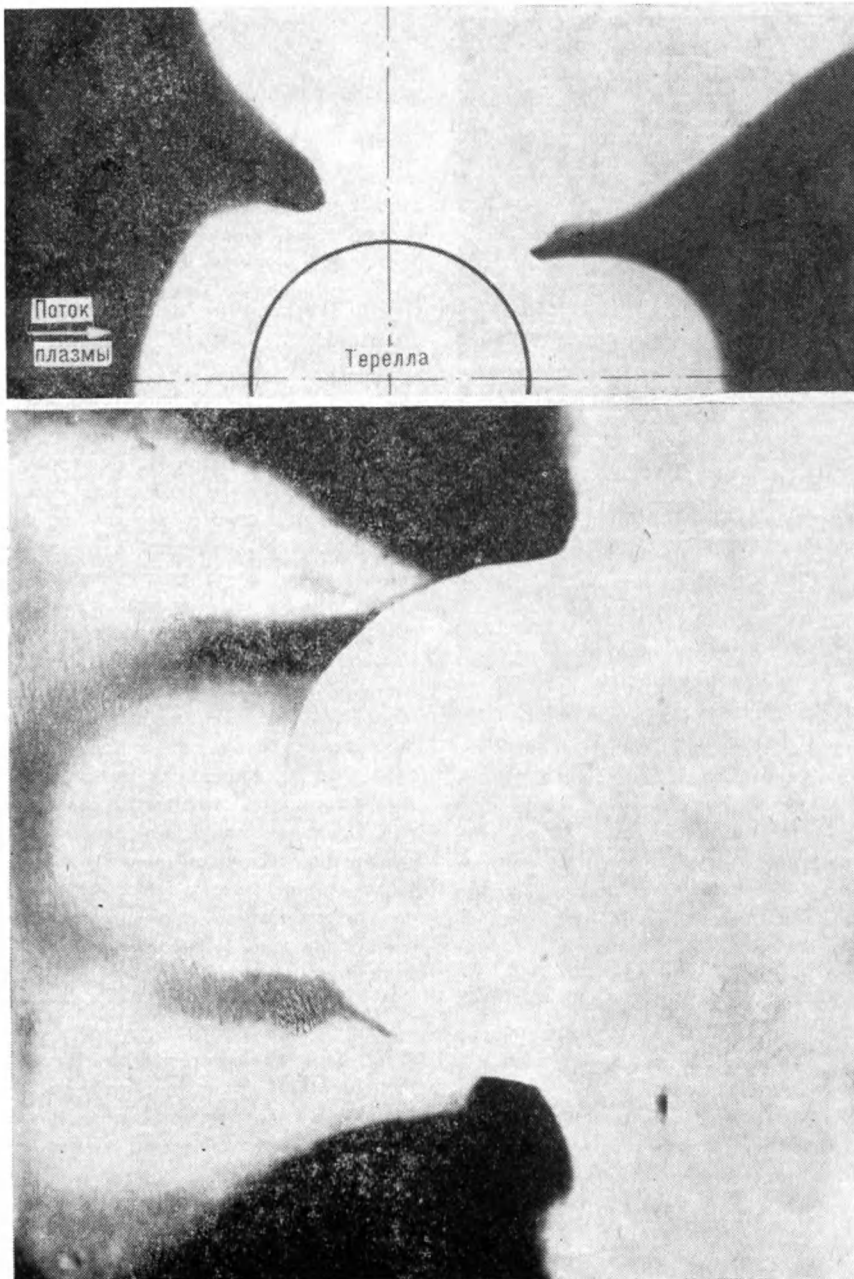


торного эксперимента. Так, например, по данным В. Хеккила (США), полярная щель, или «ущелье», простирается на вечернюю и утреннюю стороны по крайней мере на десятки градусов.

Сопоставление зон высыпания и положения полярных щелей однозначно показало, что высокоширотное высыпание обязано своим происхождением частицам, прорвавшимся в полярные щели. Что касается низкоширотного высыпания, то его невозможно связать с внедрением частиц в полярные щели, и необходимо искать другой механизм его образования. Каков же этот механизм? В магнитном поле искусственной магнитосферы имеются захваченные быстрые электроны, которые, дрейфуя вокруг оси диполя, образуют радиационный пояс. Часть этих электронов отражается сильным полем вблизи полюсов, а другая — уходит вдоль силовой линии и высыпается на поверхность тереллы. Именно эти уходящие из радиационного пояса электроны и создают низкоширотную зону высыпания.

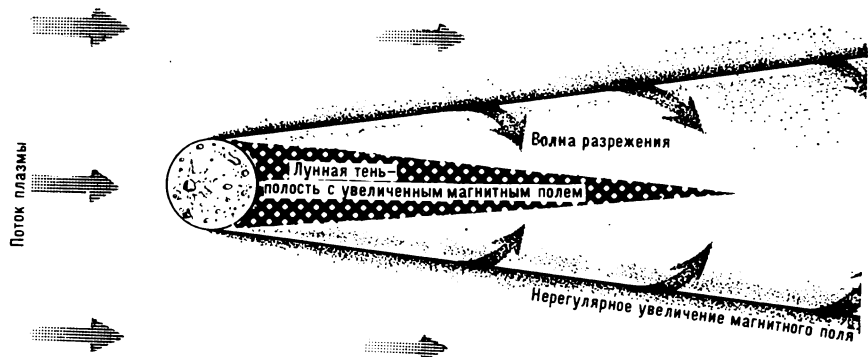
В искусственной магнитосфере можно почти неограниченно изменять условия, в частности, вводить в радиационный пояс перегородки и, тем самым, определять положение источника быстрых частиц. Например,

■ Распределение потоков частиц на поверхности тереллы



■
Дрейф заряженных частиц в искусственной магнитосфере

■ ■
Фотографии, полученные на пленке, помещенной в искусственную магнитосферу. На верхнем снимке — сечение магнитосферы в плоскости главного меридиана. Отчетливо видна граница, не проницаемая для искусственного солнечного ветра. На нижнем снимке — сечение магнитной щели и радиационного пояса на дневной стороне. Видны зоны выпадения частиц



перегородки, помещенные на ночной стороне в плоскостях меридиана и экватора, полностью снимают радиационный пояс; одновременно исчезает и вся низкоширотная зона высыпания частиц на поверхность тереллы. Терегородки, помещенные на других долготах, лишь прерывают высыпание и снимают радиационный пояс в секторе, расположенном между перегородкой и полуночным меридианом в сторону градиентного дрейфа электронов от перегородки. В остальной части магнитосферы, то есть в секторе, обращенном в направлении дрейфа электронов от ночного меридиана, характер высыпания и концентрация частиц в радиационном поясе заметно не меняются. Если же перегородки поместить в любом месте, кроме полуночного меридиана, то дрейф электронов, идущих с ночной стороны вокруг оси диполя, обрывается. Таким образом, можно утверждать, что электроны попадают в радиационный пояс с ночной стороны магнитосферы.

Этот интересный и неожиданный результат имеет убедительное физическое объяснение. Происходит конвекция плазмы: сильные линии магнитосферы на границе увлекаются потоком солнечного ветра, на ночной стороне эти потоки вместе с захваченным ими полем сталкиваются и силовые линии погружаются в глубь магнитосферы. Этот процесс погружения силовых линий сопровождается внедрением быстрых электронов, дающих начало радиационному поясу.

Гипотеза о наполнении радиационного пояса быстрыми электронами в результате конвекции замкнутых силовых линий подтвердилась точными

измерениями самих потоков плазмы и электрических полей внутри искусственной магнитосферы.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА С ЛУНОЙ

Луна не обладает собственным магнитным полем, и ее взаимодействие с солнечным ветром в основном определяется процессами на поверхности. Измерения магнитного поля и концентрации плазмы, выполненные с «Эксплорера-35», не показали заметных возмущений солнечного ветра на дневной стороне. На ночной же стороне наблюдается отчетливо выраженный след—полость, где концентрация плазмы значительно ниже по сравнению с солнечным ветром. Отмечены слабые возмущения магнитного поля на дневной стороне, но они имеют довольно сложную структуру. В полости за Луной напряженность магнитного поля выше, чем в солнечном ветре. На границе полости регулярно наблюдается область уменьшения магнитного поля, а еще дальше от оси симметрии магнитное поле вновь возрастает, причем усиление его носит нерегулярный характер.

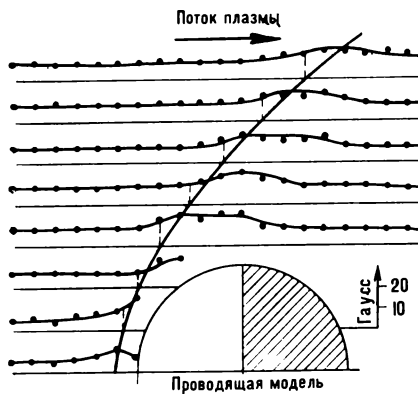
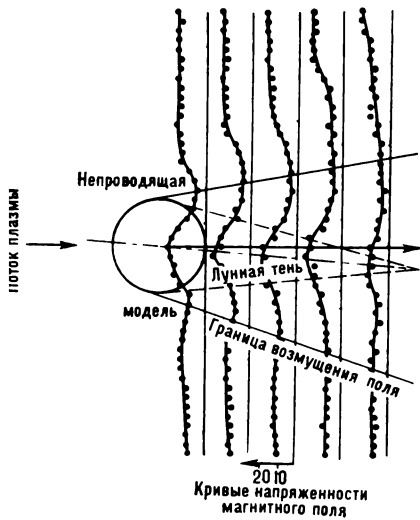
Совокупность данных, полученных в космосе, позволяет представить схему взаимодействия солнечного ветра с Луной. Поток плазмы вместе с замороженным в него магнитным полем, не встречая препятствия, достигает непроводящей поверхности Луны. На поверхности заряженные частицы плазмы испытывают рекомбинацию и гибнут, а магнитные силовые линии, лишённые плазмы, свободно проникают сквозь непроводящее тело (или непроводящую оболочку).

Луна как бы «вырезает» в потоке солнечного ветра полость, которая заполняется частицами из окружающего пространства. Плазма, стремясь заполнить «лунную тень», сжимает находящееся в ней поле и постепенно затекает в полость вдоль силовых линий.

Затекание плазмы в полость должно приводить к образованию волны разрежения. Это разрежение, по-видимому, и является причиной ослабления магнитного поля вокруг полости. Схема образования лунной тени не объясняет, однако, возрастания напряженности магнитного поля, то есть возмущения перед волной разрежения (на границе области разрежения). Возмущение приписывалось или локальному магнитному полю в отдельных районах Луны, или существованию области проводимости, в частности, из-за тонкого слоя повышенной концентрации плазмы у поверхности. Эти вопросы будут окончательно решены лишь после детального изучения окололунного пространства, однако, на многие из них позволяет уже сейчас ответить модельный эксперимент.

В модельных экспериментах тело непроводящей Луны имитировалось стеклянным шаром диаметром 10 см. При обдувании его сверхзвуковым потоком бесстолкновительной плазмы на ночной стороне действительно наблюдалась полость конической формы, в которой концентрация ча-

Схема обтекания Луны солнечным ветром. Стрелками показано направление потока плазмы



стиц была значительно ниже, чем в невозмущенном потоке. Внутри полости магнитное поле росло. Таким образом, эксперимент с непроводящей моделью Луны подтверждает образование конической полости с повышенной напряженностью магнитного поля внутри области и пониженного поля вокруг нее. Кроме того, оказалось, что непроводяще

Распределение продольной составляющей магнитного поля на ночной стороне непроводящей модели Луны. В конической полости наблюдается увеличение напряженности поля

Пространственное распределение возмущений магнитного поля в окрестности проводящей лунеллы

тело не вносит искажений перед волной разрежения.

Единственным эффектом, который не удалось воспроизвести, были нерегулярные возрастания магнитного поля вдоль внешней границы зоны разрежения.

Возникают ли возмущения на проводящих участках Луны? Для ответа на этот вопрос был поставлен эксперимент с медным шаром (лунеллой), изолированным тонкой оболочкой от потока плазмы. Измерения, выполненные электрическими и магнитными зондами, показали, что у самой поверхности медного шара наблюдаются аномалии концентрации частиц и магнитного поля. Общая картина распределения поля напоминает не полностью развившуюся ударную волну. Аналогичные возмущения перед ударной волной наблюдаются и в природе.

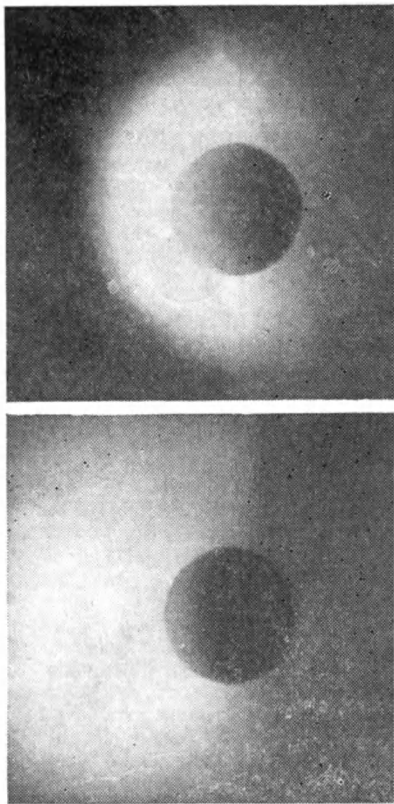
ОБТЕКАНИЕ ВЕНЕРЫ СОЛНЕЧНЫМ ВЕТРОМ

Исследования Венеры космическими аппаратами серии «Венера» и «Маринер» позволили в общих чертах составить схему взаимодействия солнечного ветра и с этой планетой. На Венере препятствием для солнечного ветра служит ионосфера. Венеру окружает бесстолкновительная ударная волна, что указывает на сильное взаимодействие солнечного ветра с планетой, хотя длины свободного пробега частиц чрезвычайно велики и, следовательно, передача импульса от солнечного ветра к ионосфере за счет столкновений осуществляться не может. Аналогичная ситуация, по-видимому, свойственна и

кометам, однако, непосредственных измерений параметров плазмы и магнитного поля комет пока не существует. Результаты предлагаемых здесь модельных экспериментов можно в равной мере отнести к каждому из этих объектов.

Идея первых работ по моделированию взаимодействия солнечного ветра с кометами, поставленных в Швеции и Японии, — изучение взаимодействия сверхзвукового потока плазмы с облаком газа. Облако создавалось или методом быстрой инъекции газа в вакуумную камеру, или испарением крупинки углекислого льда. Первые эксперименты установили, что плазма, возникшая при ионизации газа, увлекается сверхзвуковым потоком. (На фотографиях получаются вытянутые области свечения, напоминающие кометные хвосты.) Наблюдаемый эффект невозможно объяснить столкновением частиц, так как их концентрация и в потоке плазмы, и в облаке очень низка. Для объяснения наблюдаемой скорости ионизации газа необходимо предположить какой-то иной механизм нагревания электронов в потоке плазмы. Можно полагать, что нагревание электронов происходит в бесстолкновительной ударной волне, хотя ее существование доказать в первых опытах не удалось. Авторы работ подчеркивали, что активное взаимодействие возникало лишь тогда, когда искусственный солнечный ветер содержал замороженное магнитное поле или в магнитном поле находилось само облако плазмы.

Учитывая результаты первых лабораторных исследований и факт существования ударной волны у Венеры (Институт космических исследований



АН СССР), был поставлен эксперимент для изучения условий образования бесстолкновительной ударной волны при сверхзвуковом обтекании немагнитного тела, обладающего плазменной оболочкой. На этот раз моделью был восковой шар диаметром 10 см. У воска низкая температура испарения и малая температуропроводность, поэтому падение плазмы на поверхность модели вызывает мгновенное испарение воска. Пары воска ионизовались потоком плазмы, а также ультрафиолетовым излучением из ускорителя, образовавшийся у поверхности модели слой

■
Взаимодействие сверхзвукового потока плазмы с восковым шаром. На верхней фотографии заметна резкая граница свечения испарившихся веществ (напряженность магнитного поля, вмороженного в плазму, 25 Гс). На нижнем снимке резкая граница отсутствует (напряженность магнитного поля равна нулю)

плазмы играл роль ионосферы планеты. Эксперименты показали, что в присутствии вмороженного в поток плазмы магнитного поля формируется резкая граница между светящейся плазменной оболочкой газа и искусственным солнечным ветром. Солнечный ветер как бы налетает на свободное плазменное препятствие. Если же магнитного поля нет, резкая граница не формируется и сильного взаимодействия двух плазм не происходит. Тщательные исследования, проведенные различными методами, показали, что граница свечения совпадает с границей препятствия, рассеивающего поток и приводящего к образованию ударной волны. В потоке плазмы без магнитного поля никаких признаков ударной волны обнаружено не было. Значит, существует механизм рассеяния потока, не связанный со столкновениями частиц, и этот механизм проявляется только в присутствии магнитного поля.

МАГНИТОСФЕРА УРАНА

Не все явления, наблюдающиеся в космосе, могут быть с достаточной точностью воспроизведены в лаборатории. Так, например, полеты автоматических станций «Пионер-10 и -11» позволили получить достаточно обширную информацию об условиях около Юпитера, однако читатель не найдет в этой статье данных о моделировании магнитосферы этой планеты. Дело в том, что быстрое вращение Юпитера приводит к доминирующей роли центробежных сил в его магнитосфере и для воспроизведения этих эффектов в лаборатории необходимо вращать диполь со ско-

ростью около 10^8 об/с, что технически не осуществимо!

Мы еще не располагаем достаточной информацией о процессах, происходящих вблизи планеты Уран, поэтому моделирование его магнитосферы производилось на основании косвенных данных и общих физических соображений. Период обращения Урана вокруг Солнца составляет 84 года, а период вращения вокруг собственной оси — 10,8 часа. Уран — единственная планета, ось вращения которой практически лежит в плоскости эклиптики. Предположение о существовании у него магнитного момента делается на основании следующего факта. Быстро вращающиеся планеты имеют и значительный магнитный момент, причем магнитная и механическая оси планет почти совпадают. Даже выдвигалась гипотеза о пропорциональности магнитного и механического моментов небесных тел. Принимая эту гипотезу, получим магнитный момент Урана, в 240 раз больший, чем Земли. Два раза в течение уранианского года (раз в 42 земных) магнитная ось планеты должна совпадать с направлением солнечного ветра.

Лабораторные эксперименты показали, что при взаимодействии искусственного солнечного ветра с магнитным диполем, ориентированным вдоль потока, формируется магнитосфера, обладающая осевой симметрией. Вытягивание силовых линий в хвосте магнитосферы модели Урана — это следствие вязкого взаимодействия потока плазмы с магнитным полем диполя. Проникнув в магнитное поле в процессе аномальной диффузии, частицы передают им-



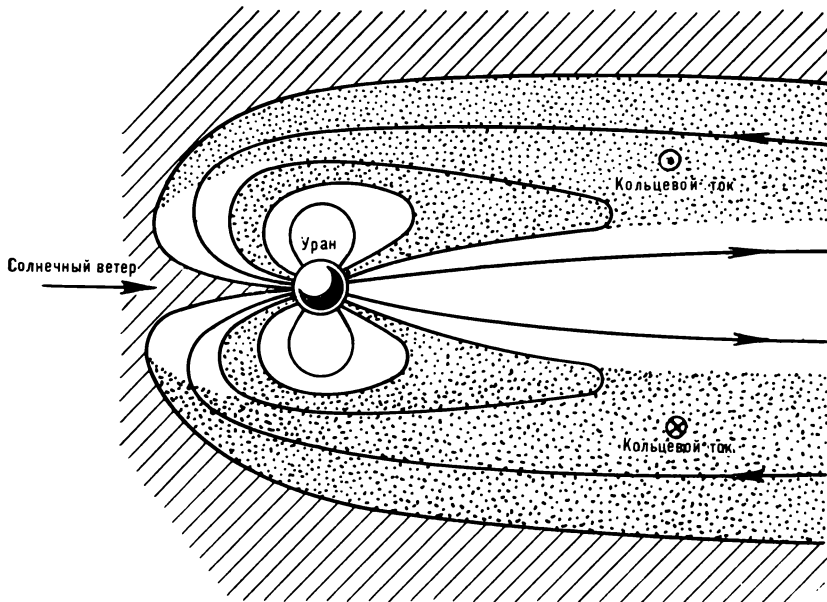
НЕВИДИМЫЕ ШАРОВЫЕ СКОПЛЕНИЯ

Многие вспыхивающие рентгеновские источники отождествлены с шаровыми звездными скоплениями («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 44.—Ред.). Вспышки источников объясняются аккрецией вещества на массивную черную дыру (масса около 1000 солнечных), расположенную в центре скопления. Казалось бы, все вспыхивающие рентгеновские источники должны быть связаны с шаровыми скоплениями. Но вблизи некоторых источников вовсе нет скоплений. Ожидать же появления массивной черной дыры в «обычном» межзвездном пространстве вряд ли приходится.

Возможность разрешить это противоречие представилась, когда на месте вспыхивающего рентгеновского источника МХВ 1730-335 было обнаружено шаровое скопление, столь далекое (100 000 световых лет), что свет от него полностью поглощается в межзвездном пространстве. Земли достигает лишь слабое инфракрасное излучение. Не связаны ли некоторые вспыхивающие рентгеновские источники с такими далекими скоплениями?

Советский астрофизик И. С. Шкловский попытался объяснить, почему шаровые скопления вблизи некоторых вспыхивающих источников невидимы. Скопление, двигаясь вокруг центра Галактики по вытянутой орбите, может за время своего существования несколько раз подходить очень близко к нему. Мощное притяжение галактического центра как бы «выдирает» из скопления звезды, расположенные на его периферии. После нескольких проходов около центра Галактики скопление может лишиться своей звездной короны. Останется компактное звездное ядро размером всего несколько парсек, а в центре ядра — массивная черная дыра, то есть вспыхивающий рентгеновский источник. Издалека потерявшее свою звездную корону скопление похоже на звездообразный объект, а не на шаровое скопление.

«Письма в «Астрономический журнал», 2, 10, 1976.



пульс полю и их движение становится хаотическим. Затем частицы перемещаются вдоль силовых линий и попадают на поверхность катушки, создающей поле диполя. В реальных условиях этот эффект приведет к возникновению зон полярных сияний. Насколько эти представления отвечают действительности, покажут буду-

Сечение модели магнитосферы Урана. На дневной стороне наблюдается интенсивный прорыв плазмы к полюсу. Здесь образуется своеобразная магнитная воронка, внутри которой концентрация плазмы выше, чем в невозмущенном потоке. На ночной стороне формируется трубчатый магнитный хвост. Силовые линии вблизи оси имеют одно направление, а вдали от нее — противоположное. В слое плазмы, разделяющем поля противоположных направлений, течет кольцевой ток. Плазма проникает через границу магнитосферы

щие полеты космических аппаратов.

Здесь были рассмотрены результаты лабораторного моделирования некоторых космических эффектов. Одни были получены после наблюдения соответствующих процессов в космосе (геомагнитный хвост, бесстолкновительная ударная волна), другие позволили обнаружить новые явления, и теперь уже есть подтверждение их существования в космическом пространстве (магнитные щели в магнитосфере Земли), и, наконец, третьи еще ждут своего подтверждения. Эти последние результаты (конфигурация магнитосферы Урана, роль межпланетного магнитного поля в образовании ионосферы Венеры) особенно актуальны, так как позволяют целенаправленно составлять программу полетов космических аппаратов.



Ответственный секретарь Совета
«Интеркосмос» при Академии наук
СССР
Г. С. БАЛЯН

Сотрудничество в космосе — основная тема конгресса МАФ

С 10 по 16 октября 1976 года в городе Анахейм (США) состоялся XXVII конгресс Международной астронавтической федерации (МАФ), созданной в 1950 году («Земля и Вселенная», № 2, 1974, с. 53—58.— Ред.). В работе конгресса участвовало почти 600 ученых и специалистов. Советский Союз представляла делегация во главе с председателем Совета «Интеркосмос» академиком Б. Н. Петровым.

Конгресс проходил под девизом «Новая эра космического транспорта». Этой теме были посвящены лекция директора Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства США (НАСА) Дж. Флетчера и пленарное заседание, состоявшееся в день открытия конгресса.

Во вступительной речи председатель Оргкомитета Дж. Мюллер и в лекции Дж. Флетчер уделили большое внимание вопросам международного сотрудничества в космосе и как яркий пример его привели проект «Союз» — «Аполлон» («Земля и Вселенная», № 2, 1974, с. 13—16; № 1, 1976, с. 8—15.— Ред.). Дж. Мюллер, в частности, отметил: «Мы являемся свидетелями блестящего завершения первого международного космического полета. Проект «Союз» — «Аполлон» своими замечательными техническими результатами завоевал внимание людей во всем мире и возродил интерес к астронавтическим наукам».

Дж. Флетчер акцентировал внимание на прикладных аспектах применения новой космической транспортной системы многократного использования «Шаттл» («Челнок»). «Шаттл» —



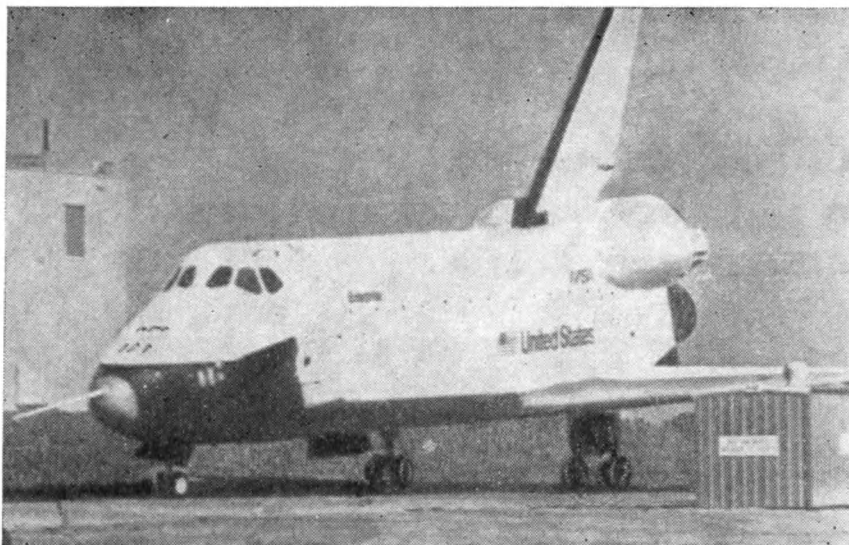
это ракетно-космический комплекс (двухступенчатый в настоящее время). Вся система стартует вертикально, как ракета. Вторая ступень выводит на орбиту полезную нагрузку. Первая ступень с помощью парашютов возвращается на Землю для повторного использования. Решив свои задачи на орбите, вторая ступень входит в плотные слои атмосферы и,

как самолет, совершает посадку на специальные аэродромы.

Дж. Флетчер подчеркнул, что то, чего достигла космонавтика менее чем за 20 лет, можно считать реализацией научной фантастики в космосе. В настоящее время ключевыми стали экономические аспекты развития космических исследований: чтобы продолжать и расширять изучение космоса, необходимо уменьшать стоимость космических программ. По его мнению, решить эту задачу может транспортная космическая система многократного использования.

На пленарном заседании под пред-

■
*Президиум заседания, посвященного
международному сотрудничеству.
Слева направо: академик Б. Н. Петров,
А. Фраткин, Р. Гибсон, профессор
С. Сайто*



седательством директора программы «Шаттл» М. Малкина (США) и профессора Г. М. Уланова (СССР) были заслушаны сообщения Дж. Ярдли — помощника директора НАСА по космическим полетам и Р. Гибсона — Генерального директора Европейского космического агентства (ESA). После краткого описания характеристик всего «Шаттл» и его орбитальной ступени Дж. Ярдли остановился на перспективах использования этой системы для сборки крупногабаритных антенн, больших космических станций, крупных солнечных электрических батарей для интенсивной индустриализации космоса. Он сказал, что первый демонстрационный полет по программе «Шаттл» планируется к концу 1979 года.

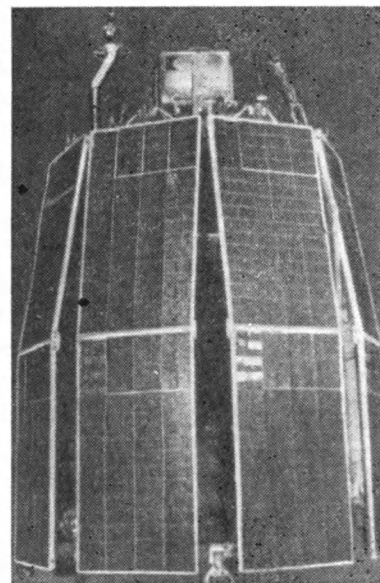
Р. Гибсон сообщил участникам конгресса, что подготовка программы «Спейслаг» (космическая лаборатория, выводимая на орбиту с помощью «Шаттл»), в которой участвуют многие западноевропейские страны, идет в хорошем темпе. Он рассказал также о научных спутниках, спутниках связи, спутниках для исследования природных ресурсов Земли и заявил,

■
Космическая транспортная система многократного использования — «Шаттл» («Sky and Telescope», 52, 5, 1976)

что ESA собирается создать свою ракету-носитель «Ариан», первый полет которой предполагается тоже в 1979 году.

Состоялось также специальное заседание под председательством помощника директора НАСА по международным вопросам А. Фраткина, посвященное международному сотрудничеству. Это была дискуссия, на которую в качестве основных докладчиков пригласили академика Б. Н. Петрова (СССР), профессора С. Сайто (Япония), Л. Морлея (Канада) и представителя ESA О. Гибсона.

Значительную часть выступления Б. Н. Петров уделил Межправительственному соглашению о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях, которое было подписано в Москве в июле 1976 года представителями девяти стран-участниц программы «Интеркосмос». Б. Н. Петров сказал, что соглашение — важный шаг в научно-технической кооперации социалистических стран, в развитии программы «Интеркосмос»; оно будет способствовать успешному осуществлению новых совместных космических экспериментов. Для реализации этой программы предлагается использовать новые поколения спутников и исследовательских геофизических ракет. Спутники типа



«Интеркосмос-15» («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 92.— Ред.) будут оборудованы единой телеметрической системой, предназначенной для приема информации на станциях, расположенных на территории стран-участниц программы «Интеркосмос». Академик Б. Н. Петров дал высокую оценку совместному советско-американскому эксперименту «Союз» — «Аполлон» и успешному сотрудничеству СССР с Францией, Индией и другими странами. В заключение он сообщил о готовности Советского Союза развивать и углублять советско-американское сотрудничество в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях.

Комментируя открытие конгресса, местная пресса отметила важность создания новых типов космических транспортных систем и подчеркнула, что международное сотрудничество в космосе — основная тема всех официальных и научных заседаний. Газета Оргкомитета «Новости МАФ» писала: «11 октября в США отмечается День Колумба, и вполне естественно связать успех его экспедиции с участием представителей многих наций:

■
«Интеркосмос-15» — автоматическая универсальная орбитальная станция

генуэца по происхождению Колумба поддерживала испанская королева, шкипером у него был голландец, а команда состояла из моряков многих стран Европы. Многонациональный экипаж Колумба напоминает нам, что успешное освоение космоса также будет зависеть от сотрудничества многих наций».

Сообщения на технических секциях («Астродинамика», «Ракетные двигатели», «Научные космические аппараты», «Конструкция космических систем», «Прикладные спутники», «Спутники связи», «Технологические процессы в космосе») свидетельствуют о прогрессе космической науки и техники. Успехи в создании мощных жидкостных и твердотопливных двигателей с использованием высококалорийных топлив дают возможность в ближайшее время доставить в космос полезные нагрузки массой несколько десятков тонн. Ведется разработка новых типов двигательных систем — таких, как лазерные и ядерные. Современные достижения астродинамики, математики и вычислительной техники помогают решать сложные проблемы управления космическими аппаратами. Созданы новые материалы, из которых можно строить надежные космические системы и аппаратуру («Земля и Вселенная», № 5, 1976, с. 46—52.—Ред.). Технологические работы в космосе позволят получить материалы с еще неизвестными на Земле свойствами.

Как и на предыдущих конгрессах, технические секции, рассматривающие прикладные аспекты космических исследований (спутники связи, метеорологические спутники, спутники для изучения природных ресур-

сов Земли), привлекли внимание специалистов. Сообщения, сделанные на этих секциях, показали, что освоение космоса открывает большие возможности для решения многих народнохозяйственных проблем.

На конгрессе проходили также Международный симпозиум по уменьшению стоимости космических исследований, Международный симпозиум по истории аэронавтики, Международный коллоквиум по космическому праву, Международный симпозиум по безопасности и спасанию в космосе, Международный симпозиум по внеземным цивилизациям, Международная студенческая конференция.

55 докладов из 300 подготовили советские авторы. Их сообщения вызвали большой интерес участников конгресса. Многие члены советской делегации были председателями и сопредседателями технических секций и симпозиумов: летчик-космонавт СССР, кандидат технических наук В. Н. Кубасов — секция «Союз» — «Аполлон»; летчик-космонавт СССР, кандидат медицинских наук Б. Б. Егоров — «Космическая медицина»; летчик-космонавт СССР, кандидат технических наук В. И. Севастьянов — «Научные космические аппараты»; доктор физико-математических наук А. Е. Башаринов — «Микроволновые наблюдения Земли»; кандидат медицинских наук Е. А. Ильин — «Жизнеобеспечение»; доктор физико-математических наук В. З. Партон — «Надежность и экономический анализ»; кандидат юридических наук В. С. Верещетин — «Космическое право»; кандидат технических наук В. Н. Сокольский — «История аэронавтики».

Советские космонавты участвуют в работе конгрессов МАФ начиная с 1961 года. В качестве почетных гостей первооткрыватели космоса неоднократно выступали перед участниками с сообщениями о результатах космических экспериментов, присутствовали на торжественных заседаниях, где им вручались дипломы и награды. С каждым годом программа пилотируемых космических полетов усложнялась, космонавты выполняли многочисленные научные эксперименты. Поэтому работа наших космонавтов на последних конгрессах МАФ тоже изменилась. Б. Б. Егоров, В. Н. Кубасов, В. И. Севастьянов и другие неоднократно выступали с научными сообщениями на различных секциях конгресса.

Выступления советских космонавтов и американских астронавтов на конгрессах МАФ всегда вызывали большой интерес. И на этот раз вечернее заседание, посвященное результатам проекта «Союз» — «Аполлон», на котором присутствовали А. А. Леонов, В. Н. Кубасов, Т. Стаффорд и Д. Слейтон, проходило в переполненном зале. Советские космонавты и их американские коллеги рассказали о результатах первого международного космического полета, показали и прокомментировали фильм, снятый во время полета, ответили на многочисленные вопросы участников конгресса и представителей прессы.

Во время работы конгресса состоялась Генеральная ассамблея, на которой утверждались решения и резолюции многочисленных комитетов Международной аэронавтической федерации.

Президентом МАФ на очередной срок избран М. Баррер (Франция), вице-президентом и членом Бюро от Советского Союза вновь избран академик Л. И. Седов.

Генеральная ассамблея решила провести XXVIII конгресс в сентябре 1977 года в Чехословакии под девизом: «Использование космического пространства сегодня и завтра». Пленарное заседание будет посвящено 20-летию запуска Советским Союзом первого искусственного спутника Земли.

Развитие идей академика Александра Евгеньевича Ферсмана



Александр Евгеньевич Ферсман. 1940 год

Академик Александр Евгеньевич Ферсман был не просто выдающимся ученым самого высокого ранга. Вместе с немногими другими учеными он был в числе тех представителей наук о Земле, живших в XX веке, работы которых явились эпохами в развитии этих наук и на десятилетия остались источниками знаний для новых поколений геологов. Мы говорим о В. И. Вернадском, А. П. Карпинском, А. Д. Архангельском.

За свою не очень долгую жизнь (1883—1945) А. Е. Ферсману удалось сделать чрезвычайно много. Вместе с В. И. Вернадским создал он в нашей стране геохимию и затем глубоко развил эту науку, причем исследования его оказали серьезное влияние на развитие геохимии и в других странах. При его деятельном участии существенно продвинулось развитие минералогии. На службу народному хозяйству СССР трудами А. Е. Ферсмана были поставлены считавшиеся пустыми тундры Кольского полуострова — апатитовые руды пошли отсюда во все уголки СССР и за рубеж: и в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур, и как порода, содержащая промышленного значения примеси ценных редких и малых элементов. Необыкновенно интересно и показательно, что при решении проблемы хибинских апатитов соединились усилия двух выдающихся людей с резко выраженной индивидуальностью — государственного деятеля С. М. Кирова и ученого А. Е. Ферсмана. Хибинские апатиты — памятник им обоим.

Александр Евгеньевич никогда не довольствовался достигнутым, никогда не успокаивался на сделанных научных выводах, как бы значительны они ни были. Он стремился дальше, за пределы этих выводов, в еще непознанные области науки. Подчас там смутно вырисовывались те или иные явления, но нередко было и совсем темно, хотя из общих соображений и следовало, что именно там должны быть скрыты разгадки многих загадок. Загадок и под нашими ногами — в глубоких недрах Земли, и над нами — в Космосе. Отсюда и постоянный интерес А. Е. Ферсмана к строению и развитию Земли не только как планеты, но и как частицы Космоса.

Хорошей иллюстрацией сказанного служат высказывания А. Е. Ферсмана в приводимом ниже отрывке из его книги «Химические элементы Земли и космоса», которым мы открываем подборку об этом выдающемся ученом.



Академик
А. Е. ФЕРСМАН

«Химические элементы Земли и космоса»

Одновременно с выяснением вопроса о составе земной коры и одновременно с изучением метеоритов некоторые ученые делали попытки объяснить существующий химический порядок распределения элементов на нашей планете, часто выходя далеко за границы фактического материала и, к сожалению, теряясь в дебрях научной фантазии, космогонии и натурфилософии.

После того как в 1817 году Добрейнер отметил преобладание в земной коре элементов с малыми атомными весами, первое более стройное изложение основных проблем химического состава Земли мы встречаем в мемуаре Эли де Бомона (1847). Уже здесь намечалась в неясной форме идея объяснения состава, связанная с представлением об электрических токах, вызывающих перераспределение элементов в глубинах.

Значительно позднее, только в конце XIX века, получил большое развитие ряд идей о превращении элементов и их постепенной эволюции на космических телах. Эти идеи носили частью чисто спекулятивный характер, но выдвинутые такими авторитетами, как Н. Морозов, Крукс, Локайер, они нашли себе позднее поддержку в явлениях радиоактивного распада и ныне возрождаются уже на основе фактических завоеваний современной физики.

Когда с 1889 года началось новое течение в вопросах химии земной коры и Кларк положил начало точному количественному подсчету, одновременно с этим им же была выска-

Отрывки из книги «Химические элементы Земли и космоса», Пг., 1923. (Примечания В. В. Щербины).

зана идея, что различное распространение отдельных элементов должно быть связано с вопросом об их первичном генезисе; однако, сам он скоро оставил в стороне вопросы объяснения найденных им цифровых данных и посвятил свои работы улучшению и уточнению средних чисел распространенности отдельных элементов.

Новое течение было выдвинуто Л. де Лоне, который в ряде работ положил начало новым идеям распространения элементов, этим идеям подчинил свои взгляды на металлогенез земной коры и дал настолько стройное и полное изложение своих идей несколько космогонического характера, что на много лет явился властителем дум и руководителем целой школы геологов и геохимиков. Оставаясь в рамках кант-лапласовской теории, де Лоне связал распространение элементов и распределение их на разных расстояниях от центра охлаждающейся туманности, обратных величине удельных весов, благодаря чему в наружных частях земной коры получились оболочки из более легких элементов, тогда как с глубиной намечалось преобладание более тяжелых.

Эта идея оставалась до 1916 года единственной хорошей рабочей гипотезой, и на ее фоне была проделана огромная работа изучения рудных месторождений и выявления ряда геохимических закономерностей. Между тем исподволь намечались и другие пути объяснения количественного состава земной коры в связи с вопросами чисто химического характера. Еще в 1884 году была подмече-

на Карнелли некоторая связь между элементами в земной коре и их положением в четных или нечетных рядах менделеевской таблицы. К этим вопросам вернулись позднее. Оддо, Уэдделс и автор настоящей статьи А. Е. Ферсман. Все эти вопросы вновь приближались к старой идее о связи распространенности элементов не только с их положением в менделеевской таблице, но и со строением самих атомов, типом их структур и их генетической связи. Те проблемы интеграции и дезинтеграции материи, которые в обобщениях Крукса и Локайера казались лишь интуитивными догадками, превратились в реальные картины совершенно определенной связи.

Таким образом, на основании сказанного мы ниже остановимся на следующих двух путях исторической мысли:

1) идеях космогонического распределения атомов элементов;

2) идеях генетического распределения элементов.

В дальнейшем я намерен совершенно объективно изложить взгляды разных ученых на эти вопросы, приводя и встречаемые ими затруднения и несогласия. Свою идею я изложу более детально в одной из следующих глав, причем определенно считаю нужным с самого начала высказать свою точку зрения.

Современное распределение элементов в пространстве мироздания вызывается сочетанием трех природных факторов:

1) явлений образования и преобразования элементов во времени;

2) явлений распределения уже готовых атомов элементов в простран-



стве под влиянием космических причин (тяготение, световое давление, излучение и др.);

3) явлений физико-химического и химического перераспределения групп атомов и молекул.

Наблюдаемое нами распределение не является стационарным: оно изменяется во времени под влиянием тех же трех основных групп мировых факторов.

Из сказанного явствует, что только закономерное сочетание трех причин — атомистической, космической и физико-химической — может объяснить строение как нашей Земли, так и всего мироздания.

Первая причина связана со строением ядра — это интраатомная причина; космическая связана с физическими свойствами самого атома, а химическая — с его химическими электронами и с группировкой атомов в «молекулы» и кристаллы.

Таким образом, вся совокупность частей атома влияет на его распределение.

Исходя из представлений Л. де Лоне (1902), В. М. Гольдшмидта (1922), Дж. Т. Прайора (1916), я считаю возможным прийти к следующим важнейшим взглядам на распределение химических элементов в Земле, поскольку оно вытекает из геологических и геофизических данных:

1. В распределении химических элементов на нашей планете несомненно проявляются силы по преимуществу мирового тяготения, накопившие более тяжелые элементы в глубинах и более легкие — на поверхности.

2. Это общее положение одинаково приемлемо как при принятии кос-

могонических теорий Канта — Лапласа, так и планетезимальной теории Чемберлена — Салисбюри*, с тем отличием, что в первом случае распределение элементов первично и осуществляется при самой конденсации газообразной туманности, а во втором — оно возникает вторично, путем перегруппировки под влиянием силы тяжести в позднейшие стадии космической и геологической истории.

3. Центральные части земной коры и метеориты по своим основным чертам химического состава и по элементам должны быть тождественными или сходными.

4. Абсолютное количество атомов отдельных элементов на Земле в настоящее время неодинаково, и в ней преобладают элементы от 1 до 28, то есть первых четырех рядов менделеевской таблицы.

5. Для первых 28 элементов совершенно определено намечаются формы и зоны их распределения на Земле.

6. Элементы, более тяжелые, играют малую роль в геохимии и распределяются на две большие группы — металлогенические и петрогенические. Из них первые могут быть связаны с большими глубинами, вторые, наоборот, — с поверхностными зонами кислых пород.

* Следует отметить, что космогонические гипотезы Канта — Лапласа и Чемберлена — Салисбюри, еще столетия назад принимавшиеся учеными, в настоящее время оставлены: первая — совершенно, тогда как из второй используются лишь отдельные положения. (Прим. В. В. Щербины.)

7. Помимо сил мирового тяготения на распределение элементов в Земле должны влиять и иные силы астрофизического, физико-химического и интраатомного порядка.

ПРИМЕЧАНИЯ

К СТАТЬЕ А. Е. ФЕРСМАНА:

И. В. Доберейнер (1780—1849) — немецкий химик из Йены, впервые сделавший попытку систематизировать химические элементы по триадам;

Эли де Бомон (1798—1874) — выдающийся французский геолог, автор теории сжатия земной коры, вызывающего горообразование; автор гипотезы геологических катастроф. В 1841 году составил первую геологическую карту Франции. С 1835 года — член Парижской академии наук;

Н. А. Морозов (1854—1946) — русский ученый и революционер. С 1882 по 1905 год был заточен в Шлиссельбургскую крепость. Известны его работы по химии, астрономии, философии. В 1932 году избран почетным членом АН СССР;

В. Крукс (1832—1919) — лондонский химик и физик. В 1861 году открыл элемент таллий, в 1873 году сконструировал радиометр. Его представление о метаэлементах близко к понятию изотопов, а сочинение о «лучистой материи» способствовало развитию взглядов на строение материи;

Доктор геолого-минералогических наук
В. В. ЩЕРБИНА

Интересы А. Е. Ферсмана в области космохимии и планетарной геологии

Дж. Н. Лоуер (1836—1920) — английский астроном. В 1869 году подтвердил спектральным анализом наблюдение Жансена (1868) о присутствии гелия в хромосфере Солнца, тогда еще не известного на Земле;

Ф. У. Кларк (1847—1931) — выдающийся американский геохимик. Впервые в 1889—1908 годах произвел подсчеты среднего химического состава земной коры и впервые же представил данные по количественной геохимии;

Л. де Лоне (1860—1938) — известный французский геолог и металлогенетист, в конце прошлого и первых десятилетиях этого столетия изучавший происхождение рудных месторождений;

Дж. Оддо (1865—1954) — итальянский химик, один из соавторов правила большей распространенности четных химических элементов, чем нечетных;

В. М. Гольдшмидт (1888—1947) — выдающийся норвежский и немецкий геохимик, один из основоположников современной геохимии. Впервые эмпирически определил величины атомов и ионов и впервые применил к минералообразованию правило фаз Гиббса.

Выдающийся минералог Александр Евгеньевич Ферсман, отмечая красоту кристаллов, тщательно анализировал причины цвета минералов, рассматривая их прежде всего как закономерное сочетание химических элементов и как своеобразную «память» о тех физико-химических процессах, которые протекали в земной коре. А. Е. Ферсман стал одним из основоположников современной геохимии, не оценим его вклад в развитие этой науки.

Геохимия в понимании А. Е. Ферсмана — это не только изучение конкретных условий образования отдельного минерала или его парагенетических ассоциаций и слагаемых ими промышленных залежей, но и изучение крупных регионов. Однотипные месторождения в тектонически активных зонах земной коры слагают протяженные (до сотен и даже тысяч километров) поясы в земной коре. В качестве таких поясов, включающих характерные для них месторождения полезных ископаемых и входящих в их состав химических элементов, можно назвать Уральский, Монголо-Охотский и некоторые другие. Поскольку поясы различаются повышенным содержанием определенных химических элементов, необходимо было тщательное изучение земной коры. Это обстоятельство Александр Евгеньевич обосновал уже в 1914 году, опубликовав в журнале «Природа» несколько статей под общим заголовком «Химическая жизнь земной коры».

Но изучение химии земной коры невозможно без выяснения химического состава более глубоких оболочек нашей планеты, не доступных

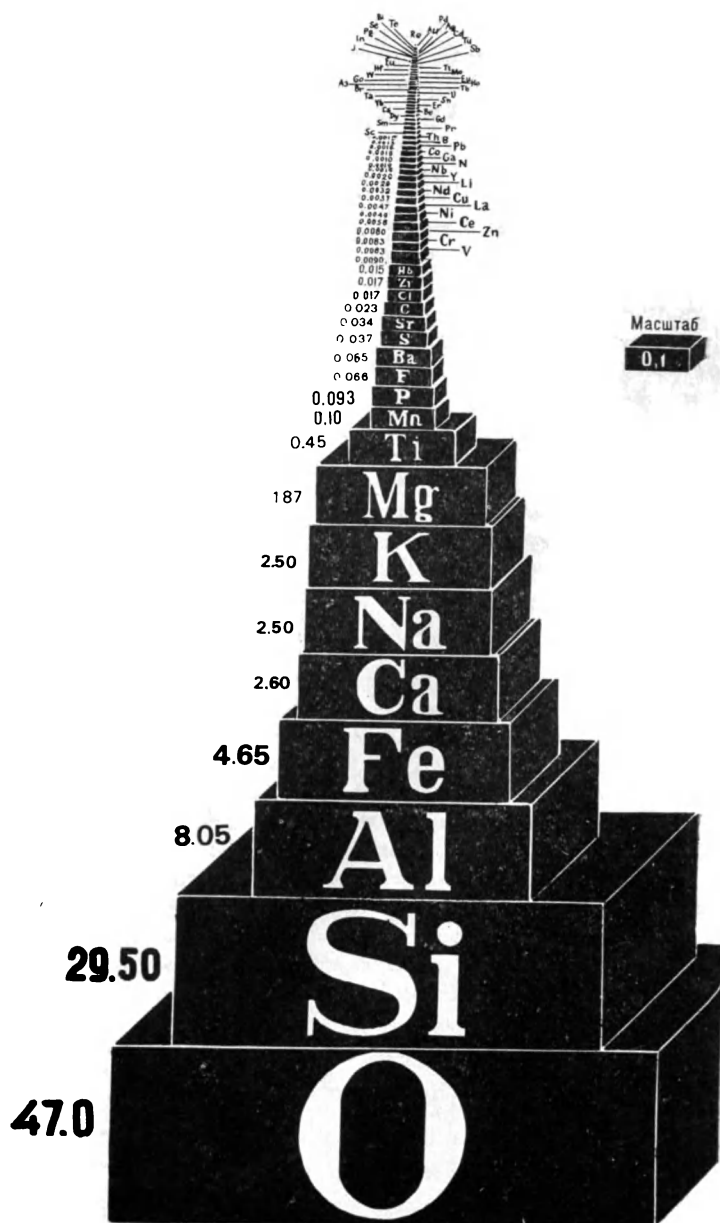
непосредственному исследованию. Ответом на этот труднейший вопрос стали попытки сопоставления химического состава Земли и космических тел — метеоритов, Солнца, звезд и т. д.

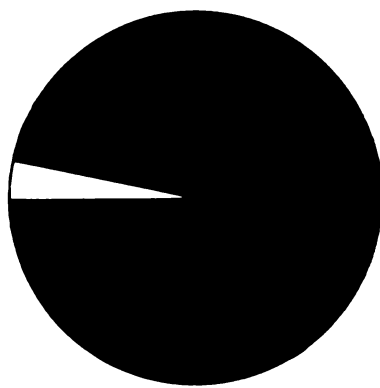
Уже в начале нашего столетия были расшифрованы спектры Солнца и звезд, то есть выяснено, каким химическим элементам принадлежат линии излучения и поглощения; были проведены многочисленные анализы каменных и железных метеоритов, показавшие, что в них присутствуют те же химические элементы, которые известны и на Земле. Поиски ученых были направлены на познание этой общности, позволяющей создать представление о химическом составе нашей планеты в целом.

Однако Ферсмана, стремившегося к широкому обобщению, интересовали не только распространенность элементов (она выражается цифрами весовых процентов от массы земной коры), но и общность физико-химических и космохимических законов, связанных со строением атома, которые определяют и эту распространенность, и распределение химических элементов. В 1923 году он опубликовал две большие работы — «Химические элементы Земли и космоса» и «Химия мироздания», в которых был суммирован имевшийся к тому времени достоверный материал и предложены некоторые интересные и смелые гипотезы. А. Е. Ферсман вернулся к этим проблемам десятью годами позже. В своем капитальном труде «Геохимия» он написал специальный раздел о распространении химических элементов и управляющих им зако-

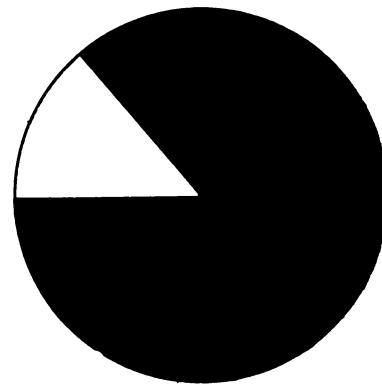
нах, обусловленных строением атомных ядер и отражающих закономерности периодической системы Менделеева.

Как и его предшественники, изучавшие распространение химических элементов, А. Е. Ферсман пытался установить закономерности, связанные с порядковыми номерами элементов, величинами их атомных весов и положением в менделеевской таблице. К тому времени уже был опубликован закон Дж. Оддо и В. Д. Гаркинса о том, что элементов с четными порядковыми номерами в земной коре значительно больше (они составляют 86 весовых процентов массы земной коры), чем с нечетными (14%). Обратив внимание на то, что при радиоактивном распаде урана, радия, тория и других элементов выделяются альфа-частицы (ионизованные атомы гелия с атомным весом 4), Ферсман высказал предположение, что ядра любого элемента содержат в качестве структурного элемента ядра атома гелия. Обозначая их число буквой q , атомный вес любого элемента можно выразить так: $4q$, $4q+1$, $4q+2$, $4q+3$ и т. д. Четные элементы, как правило, имеют и четный атомный вес, а нечетные — нечетный вес. Однако и элементы с четными атомными весами распространены крайне неравномерно — почти все их количество приходится на долю $4q$. Это — химические элементы ультраосновных магм и подстилающей границы базальто-





I



II

вой оболочки Земли: магний (атомный вес 24), кальций (40), титан (48), железо (56), сюда же относятся кислород (8) и кремний (28), тогда как на долю химических элементов с атомным весом $4q+2$ приходится всего 0,05% массы земной коры. Удивительно, что, интересуясь радиоактивными элементами, Ферсман не обратил внимания на то, что в число элементов $4q+2$ входят уран (238), радий (226), радон (222), изотоп тория — ионий (230), полоний (210), а также изотоп свинца (206) — продукт распада урана. Остальные же элементы $4q+2$ представлены лишь азотом (14), рутением (102) и палладием (106).

Рассматривая элементы с нечетным атомным весом, А. Е. Ферсман указал, что если на долю $4q+1$ приходится только 0,01% массы земной коры (водород, которого содержится около 1%, сюда не включен), то на долю $4q+3$ — около 13%! Что это за элементы? Это — алюминий (27), калий (39), натрий (23), фтор (19), хлор (35), олово (119), литий (7), бор (11) и другие, то есть группа, представляющая элементы гранитов и их остаточных расплавов — гранитных пегматитов. Они характерны для поверхностной оболочки литосферы. Следовательно, массы атома и его распространенность так же, как и целые ассоциации элементов, оказываются между собой тесно связанными.

Ферсман отметил, что наиболее распространенные элементы обладают порядковым номером не свыше 28 (никель), тогда как тяжелые элементы, начиная с 84 (полоний), быстро распадаются, так как они все

радиоактивны. (Тогда были известны радон, радий, актиний, торий, протактиний, уран.)

Обнаруженные закономерности земной коры Александр Евгеньевич внимательно сопоставлял с результатами химических анализов каменных метеоритов, а гипотезы о составе глубинных частей Земли строил на основании данных о количестве каменных и железных метеоритов и содержания в них троилитовой фазы (троилит — минерал, состоящий из сернистого железа).

Выводы, которые сделал А. Е. Ферсман, не потеряли значения и сегодня. «В метеоритах не обнаружено никаких элементов, не свойственных Земле»*. «Крупная аналогия с составом земной коры заключается в том, что в той и другой области (Под областями) А. Е. Ферсман подразумевал Землю и метеориты.— В. Ц.) распространенность элементов резко обрывается на 28—29 номере и далее уже следуют элементы весьма малого значения**. «Значительное сходство наблюдается между средним составом метеоритов и средним составом глубинных пород (основных) глубоких зон земной коры и, по всей вероятности, еще ближе отвечают составу центральных частей нашей планеты»***.

* А. Е. Ферсман. «Геохимия», т. I, Л., Госхимиздат, 1933, с. 178.

** А. Е. Ферсман. «Химические элементы Земли и космоса». Избр. тр., т. II. М., Изд-во АН СССР, 1953, с. 277.

*** Там же, с. 278.

А. Е. Ферсман подчеркивал еще более резкое, чем в земной коре, преобладание в метеоритах элементов $4q$ над $4q+3$: сумма четных элементов в метеоритах составляет более 94% (в земной коре 86%), кроме того, происходит значительное их обеднение самыми легкими элементами. Вместе с другими учеными А. Е. Ферсман не разделял представления о резком отличии каменных метеоритов от железных и поддерживал идею «общности магматического происхождения и тех, и других».

Согласно мнению А. Е. Ферсмана, метеориты по составу занимают среднее положение между базальтами и перидотитами. После работ Ф. Панета и исследований Г. Гевеши о содержании урана, тория и радия в метеоритах А. Е. Ферсман на страницах первого тома «Геохимии» поставил в программу исследования метеоритов, помимо получения уточненных цифр содержания уже упомянутых элементов, также изучение радиогенного и нерадиогенного свинца. Спектрохимические анализы метеоритов, выполненные и опубликованные в 1930 году, значительно дополнили сведения о химии метеоритов и позволили сравнить особен-

Количественные соотношения химических элементов с четными порядковыми номерами (не заштриховано) и с нечетными (заштриховано) в метеоритах (1) и в земной коре (2), по А. Е. Ферсману (1932 г.)



ности их состава с составом земной коры. Наблюдающиеся различия А. Е. Ферсман объяснял особенно сильно составов ультраосновных горных пород на больших глубинах.

В то же время Александр Евгеньевич ссылаясь на данные Ф. Ю. Левинсона-Лессинга о том, что каменные метеориты «полностью не могут быть отнесены ни к одному типу земных пород и стоят часто в связи с перидотитами, частью с габбро, причем надо думать, что их кристаллизация шла очень быстро, благодаря чему была исключена как ликвация, так и иного типа дифференциация при охлаждении».

Как уже было сказано, «по коэффициенту кислотности каменные метеориты занимают среднее положение между базальтами и перидотитами»*. В них отсутствуют аналоги осадочных, гранитоидных и щелочных пород. Близость (известных в то время) определенных Ф. Панетом абсолютных возрастов Земли и метеоритов послужила доказательством принадлежности метеоритов к Солнечной системе (в настоящее время определен возраст Земли 4,6 млрд. лет). Но одновременно А. Е. Ферсман подчеркивал большое различие в минеральном составе земной коры и метеоритов, что свидетельствует о различных условиях их образования. В частности, присутствие в метеоритах таких минералов, как ольдамит (CaS), добреелит (FeCr_2Si_2), шрейберзит $[(\text{Fe}, \text{Ni}, \text{Co})_3 \text{P}]$, когенит (Fe_3C), говорит о сильном недостатке кислорода в материале метеоритного ве-

щества. Если бы кислорода было больше, то вместо этих минералов образовались бы гипс — $\text{CaSO}_4(2\text{H}_2\text{O})$, хромит — FeCr_2O_4 и др.

А. Е. Ферсмана отличал смелый полет научной фантазии, тем не менее все свои научные гипотезы он строил на точном цифровом материале, достаточно проверенном и доказанном. О научном значении языка цифр у него очень хорошо сказано в седьмом очерке «Воспоминаний о камне»: «Ведь истинные законы — великие законы природы — обычно начинаются за третьим десятичным знаком». Хотя в первом томе «Геохимии» А. Е. Ферсман рассматривал космические тела в такой последовательности: Луна — планеты — кометы — Солнце — звезды — туманности, он отмечал, что с наибольшей убедительностью по спектральным анализам можно судить лишь о составе Солнца, с меньшей — о составе звезд. В изучении состава звезд за последние годы сделано так много, что остро стоявшие сорок лет назад проблемы получили теперь совершенно иное решение. Даже сведения о Луне, составленные на основании астрономических наблюдений, измерений отражательной способности и т. д., оказались очень далекими от реальных современных знаний о химическом и минеральном составе лунного грунта, доставленного ныне на Землю.

А. Е. Ферсман внимательно следил по текущей астрономической литературе за всем, что имело отношение к космохимии. На основании спектральных анализов Солнца он утверждал, что все обнаруженные там элементы известны на Земле и,

наоборот, не все известные на Земле элементы (например, фтор, хлор, фосфор) обнаружены в спектре Солнца (сейчас установлено, что и эти элементы на Солнце есть!).

Методом спектрального анализа изучали солнечную корону, протуберанцы, солнечные пятна. И хотя интенсивность спектральных линий позволяла судить о значительном отличии состава Солнца от земной коры, А. Е. Ферсман отмечал преобладание на Солнце легких элементов и тех, из которых состоят горные породы. Одновременно считалось, что на Солнце менее резко выражено преобладание элементов типа 4q, чем в земной коре и тем более в метеоритах.

А. Е. Ферсмана интересовал состав Солнца, метеоритов и других космических тел с позиций количественных соотношений элементов, их распространенности, определяемой устойчивостью атомных ядер. Изучая эти закономерности в химии Космоса, Ферсман стремился глубже познать химию земной коры и попытаться мысленно заглянуть в неразгаданные тайны химического состава центральных частей нашей планеты.

* А. Е. Ферсман. «Геохимия», т. I, Л., Госхимиздат, 1933, с. 178.

Профессор
А. И. ГИНЗБУРГ

Развитие идей А. Е. Ферсмана о типоморфизме минералов

Уже давно было замечено, что одни и те же минералы — продукты природных химических реакций — в зависимости от условий своего образования встречаются в форме кристаллов различного облика. Такие распространенные минералы, как кварц, кальцит, апатит, флюорит, в тех случаях, когда они находятся в разных типах месторождений, встречаются в форме различных кристаллов и их агрегатов, что и дало основание говорить о типоморфных признаках минералов. К таким признакам относили характерные морфологические особенности минералов, прежде всего преобладающие формы кристаллов, которые и определяют их облик.

Впервые А. Е. Ферсман (1931) в своей замечательной монографии «Пегматиты» отметил, что «**типоморфные**» признаки минералов отражают более общие явления: физико-химические условия образования всегда в какой-то степени сказываются на самом минерале, они как бы накладывают на него определенный отпечаток, который далеко не обязательно изменит его кристаллографические формы. В роли типоморфных особенностей минералов, по А. Е. Ферсману, могут выступать их **морфологические черты** — специфические формы выделения, характер развития тех или иных кристаллографических граней, **физические свойства** — цвет, блеск, плотность, а также вариации **химического состава**, в частности, появление различного набора элементов-примесей. На многочисленных красочных примерах из истории формирования пегматитов А. Е. Ферсман показал, как меняются

в процессе геохимической эволюции типоморфные свойства большинства минералов.

В трехтомной монографии «Геохимия» (1933) и в книге «Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых» (1940) А. Е. Ферсман развил учение о типоморфизме минералов. Он утверждал, что не только свойства минералов, но и сами они могут быть типоморфными, если занимают «строго определенное место в геохимическом процессе и отвечают тому, что в исторической геологии называется руководящими ископаемыми организмами (Zeitfossilien). Они, подобно последним, определяют условия и время, то есть геофазу геохимического процесса, и их изучение столь же важно для понимания процессов, например, охлаждения гранитного расплава, как палеонтологическое исследование руководящих форм для анализа какой-либо осадочной свиты». Далее Ферсман указывал, что изучение типоморфных свойств минералов «дает руководящие идеи для понимания генезиса данного месторождения... Между тем поисково-разведочная деятельность последних лет игнорировала этот важнейший и необходимый метод изучения, и полевые наблюдения общего геологического характера обычно дополнялись лишь микроскопическим анализом пород и в редких случаях и минералов... Новая школа поисковых работ должна отделиться от этих старых привычек и поставить изучение самого минерала как важную самостоятельную задачу. Геохимик и минералог строят свои выводы исключительно на точ-

ных фактах, на анализе всего комплекса минералов, их пространственных и хронологических соотношений, их химического состава и типоморфных свойств». «При этом приобретает огромное значение учет ряда мельчайших примесей (в минералах), деталей строения и формы, и, особенно, весь тот комплекс морфологических особенностей, которые в последнее время господства теорий над точным фактом недостаточно наблюдались, неполно описывались или даже совершенно не учитывались».

А. Е. Ферсман, проведя анализ типоморфных особенностей минералов пегматитов, гранитов и щелочных пород, наглядно показал, как, пользуясь ими, можно по найденному отдельному кристаллу или обломку минерала определить, из какого типа месторождения он происходит.

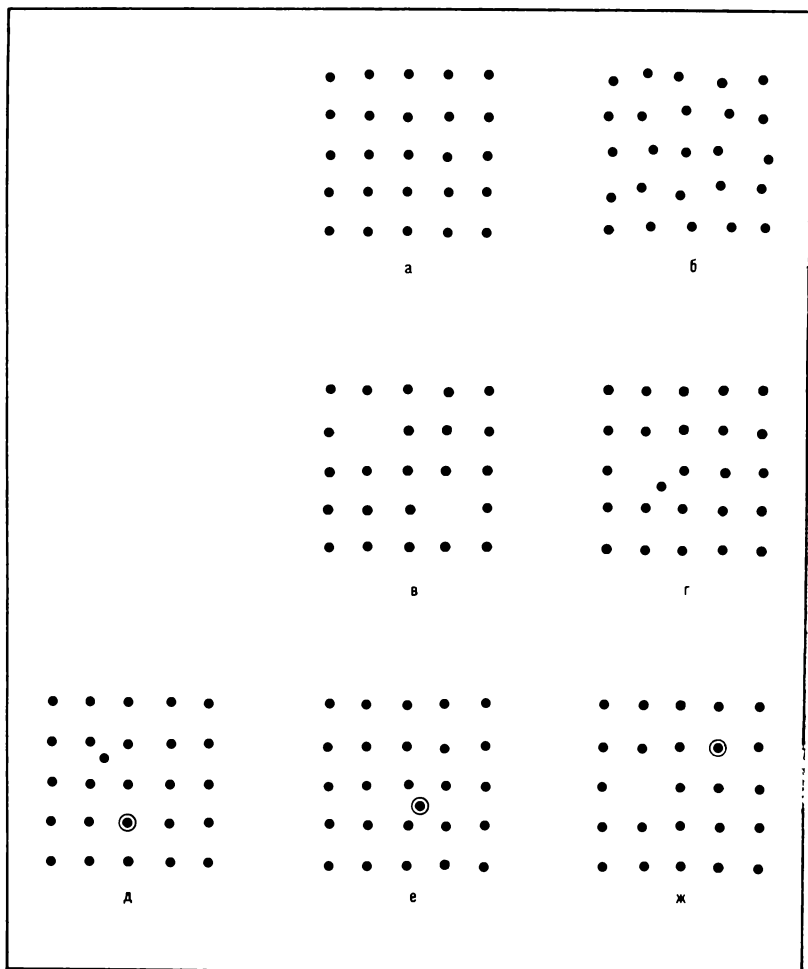
Спустя 30 лет после смерти А. Е. Ферсмана изучены типоморфные особенности многих десятков минералов, накоплен громадный фактический материал. Появилась возможность наблюдать минерал при увеличении в 200—300 тыс. раз под электронным микроскопом, а также исследовать при таких увеличениях с помощью рентгено-спектрального зондового микроанализатора распределение в минералах различных элементов. Все это подтвердило, что минералы, во многих случаях кажущиеся даже под микроскопом однородными, представляют собой сложные «микромирь» — минеральные системы, состоящие из одного минерала с многочисленными включениями. Оказалось, что большинство минералов микронеоднородны, при

этом состав включений в них зависит прежде всего от условий образования. В то же время часть элементов-примесей входит изоморфно в кристаллическую решетку.

Естественно, в процессе минералообразования, когда один и тот же минерал длительное время выделяется при разных термодинамических условиях и составе минералообразующей среды, в каких-то пределах меняется в нем и состав элементов-примесей — как изоморфно входящих в его структуру, так и связанных с микровключениями. Поэтому, изучая содержание в минералах элементов-примесей и их соотношения, можно проследить всю геохимическую эволюцию состава минералообразующей среды и воспользоваться этими примесями как своего рода реперами для определения местоположения данного минерала в общем ходе минералообразования. Например, чем позже выделяется калиевый полевой шпат из гранитного расплава, тем больше в нем накапли-

■

Дефекты кристаллической решетки и явления разупорядочения: а — идеальная кристаллическая решетка; б — неупорядоченная решетка. Атомы или ионы несколько смещены со своих положений — узлов; в — в кристаллической решетке не все узлы заняты атомами или ионами, возникают вакансии; г — в кристаллической решетке отдельные атомы или ионы смещены со своих узлов в межузельное пространство; д — в кристаллической решетке чужеродный ион, несущий на себе аномальный заряд, замещает собствен-



ный ион решетки. Валентность компенсируется появлением в решетке дополнительных собственных ионов в межузельном пространстве («изоморфизм с прибавлением»); е — в кристаллической решетке в межузельном пространстве располагают-

ся чужеродные атомы; ж — в кристаллической решетке чужеродный ион, несущий на себе аномальный заряд, замещает собственный ион решетки. Валентность компенсируется появлением в решетке вакансии («изоморфизм с вычитанием»)



вается рубидия (Rb). Узнав, сколько в калиевом полевоом шпате рубидия и калия, каково отношение Rb:K, можно определить, на каких стадиях кристаллизации гранитного расплава образовался этот минерал и т. д.

Тонкие исследования структур минералов рентгеновской дифрактометрией, инфракрасной спектроскопией и современными радиочастотными методами (электронно-парамагнитный резонанс) показали, что природные минералы по своей структуре всегда чем-то отличаются от тех идеальных моделей, по которым их изучают.

Во-первых, не все узлы кристаллических решеток заняты ионами. В большинстве природных минералов есть вакансии-дефекты. Несмотря на сохранение общего электростатического баланса решетки, каждый дефект представляет локальное нарушение электронеutrальности.

Во-вторых, структуры природных минералов большей частью неупорядочены, то есть некоторые составляющие их атомы или ионы располагаются не строго правильно в пространстве, что влечет за собой и некоторые нарушения симметрии; это может привести в конечном счете и к ее изменению. Если при полиморфных превращениях минерал, не меняя своего состава, вследствие резких изменений условий (например, нагревания) изменяет свою структуру скачкообразно, то при разупорядочении структуры процесс протекает постепенно, непрерывно. Процессы упорядочения или разупорядочения кристаллических структур отражают физико-химические условия образования, а также изменения

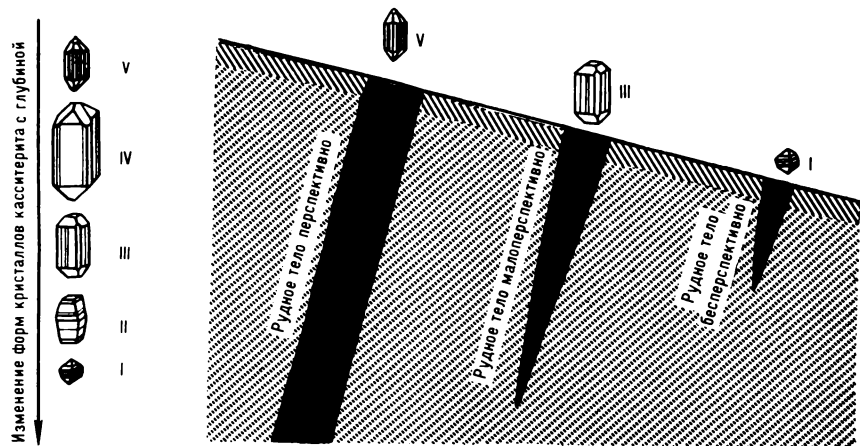
минералов, и сказываются, естественно, и на их свойствах.

В-третьих, помимо полиморфных модификаций природных соединений одного и того же состава, но разной структуры, в природе широко распространены явления, когда отдельные блоки или слои кристаллической решетки оказываются закономерно повернутыми друг к другу, вследствие чего возникают разные политипные модификации. Подобные явления наиболее характерны для минералов со слоистой структурой (слюды, молибденит и др.). Одно и то же по составу соединение, но из разных типов месторождений бывает представлено разными полиморфными или политипными модификациями.

Таким образом, физико-химические условия образования и последующие процессы изменения минералов всегда как-то отражаются на них самих и фиксируются в тонких особенностях их состава и структуры, вследствие чего минералы приобретают определенные типоморфные свойства (по Ферсману). Современные методы исследования позволяют с известной степенью достоверности «снять» с минерала параметры, определяющие условия его образования, — температуру, давление, щелочность — кислотность минералообразующей среды, порядок концентрации отдельных компонентов, величину, характеризующую окислительно-восстановительную обстановку минералообразования. Далекое не всегда получаемые данные — строго количественные, они часто требуют проверки несколькими независимыми методами и экспериментами. Однако самое важное состоит в том, что от

чисто субъективных представлений удается перейти к получению количественных данных, то есть выразить числом и мерой условия образования минералов. Основная задача генетической минералогии на современном этапе и состоит в расшифровке той информации, которая заключена в минералах. Поэтому **учение о типоморфизме минералов, созданное работами А. Е. Ферсмана, служит фактически основой современной генетической минералогии.** Важная информация заключается также в тех минералах-спутниках, которые постоянно сопровождают данный минерал в том или ином месторождении. Анализ этих совместно образующихся типоморфных парагенетических ассоциаций позволяет лучше восстановить всю геохимическую обстановку, а соотношения распределенных в них одних и тех же элементов являются функцией температуры их образования и могут служить известным геотермометром. Таким образом, типоморфизм минералов, в широком смысле слова, включает те характерные тонкие особенности состава (типохимизм), структуры (структурный типоморфизм), морфологии (кристалломорфологический анализ) и свойство парагенных ассоциаций, которые изменяются в зависимости от физико-химических условий их образования.

Изучение типоморфизма важно не только для получения генетической информации и расшифровки происхождения месторождений. Знания типоморфных особенностей минералов и типоморфных ассоциаций могут резко повысить эффективность поисковых работ, на что А. Е. Ферс-



ман обращал внимание еще в 1940 году. Действительно, важнейший поисковый метод, как известно, — шлиховой. Отмывая пробы, взятые из рыхлых отложений, получают тяжелую фракцию, в которой концентрируются рудные минералы, устойчивые к выветриванию (например, золото, алмазы, касситерит, вольфрамит, тантало-ниобаты и многие другие). Сотни минералогов, анализируя шлихи из разных долин и логов, ищут в этих районах рудные минералы, а обнаружив, устанавливают области предполагаемого сноса, где должны находиться коренные рудные месторождения, и очень часто после долгих поисков открывают вместо крупных месторождений мелкие рудопроявления, не пригодные для разработок.

А ведь в ряде случаев, изучая современными методами минералы шлихов, можно по их типоморфным особенностям определить, с какого типа месторождений происходил их снос и представляют ли они какой-

либо практический интерес. Например, колчеданно-свинцово-цинковые месторождения, залегающие в древних метаморфических толщах, обычно сопровождаются шпинелью, богатой цинком. На одном из самых крупных месторождений мира (Брокен-Хилл в Австралии) слепые рудные тела определяются только по цинковой шпинели. Она очень устойчива на поверхности и, накапливаясь в шлихах, служит минералом-индикатором свинцово-цинковых месторождений.

Типоморфные черты минералов, на которые обычно обращают мало внимания, могут быть важнейшими поисковыми признаками.

Еще большее значение приобретает учет типоморфизма минералов при поисковых работах и определе-

Оценка перспективности оловорудных месторождений по формам кристаллов касситерита.

нии перспективности отдельных массивов изверженных пород, оценки различных рудных тел и рудопроявлений.

Весьма сложная проблема — поиск цезиевых месторождений, представленных редкометальными пегматитами, содержащими основной рудный минерал цезия — поллуцит. Дело в том, что он по внешнему виду очень напоминает кварц и его весьма легко пропустить. Кроме того, распределен он в пегматитах крайне неравномерно — гнездами. На вскрытой поверхности пегматитовых тел эти гнезда могут и не выходить, при этом из сотен пегматитовых тел довольно близкого состава поллуцит может быть встречен только в нескольких. Как же искать эти единичные рудные тела? Разбуривать их на глубину? Но это стоит больших средств и займет очень много времени. Однако при использовании типоморфных особенностей характерных спутников поллуцита эта задача решается элементарно. Как известно, резко повышенные содержания цезия в пегматитах приводят не только к появлению поллуцита, но и к повышенному содержанию этого элемента во многих минералах-спутниках, содержащих калий, который цезий способен изоморфно замещать. Выяснив содержание цезия в литиевых слюдах-лепидолитах, можно безошибочно выбрать для вскрытия бурением или горными работами только те жилы, которые содержат поллуцит. Определение же цезия в минералах можно проводить в полевых условиях, используя для этой цели легкие передвижные ядерно-физические приборы.



В последнее время появилась возможность по типоморфным особенностям минералов оценивать уровень вскрытия месторождения эрозионными процессами. Другими словами, выявлять, что именно обнаружено: надрудные участки или «верхушки» рудных тел, в то время как сами они находятся на глубине, или же перед нами — только глубокие «корни», тогда как наиболее продуктивные части рудных тел уничтожены эрозией. Основанием для подобных оценок является закономерное изменение состава, структурных характеристик и свойств минералов с глубиной. Есть несколько независимых друг от друга способов решения этой задачи.

Так, для отдельных типов месторождений доказано, что с глубиной ведущие, наиболее развитые формы кристаллов одного и того же минерала существенно меняются.

С глубиной, естественно, меняется и состав элементов-примесей в минералах: содержание одних уменьшается, других — нарастает.

Для ряда минералов изменения содержания примесных ионов с глубиной происходят в ничтожной степени. Но и они при современном уровне анализа могут указывать на перспективность месторождений.

В вертикальном разрезе рудных месторождений летучие компоненты, естественно, концентрируются у самой верхней части. Это влияет и на состав минералов, в которых по мере перехода от нижних участков жильных месторождений к верхним должно увеличиваться содержание фтора, серы, мышьяка и других летучих элементов. Поэтому количе-

ство фтора, например, в минералах (слюдах, апатите и даже топазе) может свидетельствовать о степени среза рудных тел.

Фактически только сейчас начинает развиваться разработка методов поисков и оценки минералогических месторождений полезных ископаемых — «поисковая минералогия», основанная на изучении типоморфизма минералов. Об этом направлении А. Е. Ферсман писал в 1940 году в своей книге «Геохимические и минералогические методы поисков ископаемых».

Геохимические методы, основанные на спектральном анализе проб из рыхлых отложений и коренных пород, действительно, весьма широко развились и внедрены в практику, они стали составной частью геолого-разведочного процесса. Поисковые работы сегодня немыслимы без применения геохимических методов. Что же касается минералогических методов поисков, то вследствие сложности и длительности изучения минералов, необходимости выделения мономинеральных фракций и их тонкого исследования, несмотря на их большую информативность, они до сих пор не вошли органически в практику нашей геологической службы. Только создание и быстрее внедрение полевых передвижных минералогических лабораторий, оснащенных современными микрообогатительными установками и ядерно-физическими приборами, позволяющими быстро выделять из пород и руд отдельные минералы и их анализировать, а также компактными портативными установками для исследования минералов, помогут ши-

роко внедрить в практику геолого-разведочных работ минералогические методы поисков. Накопленный опыт работы первых созданных лабораторий себя вполне оправдал. Крайне важной проблемой, еще требующей своего решения, остается разработка рационального комплекса геохимических и минералогических методов поиска, о чем мечтал А. Е. Ферсман.

Таким образом, учение о типоморфизме минералов, созданное трудами А. Е. Ферсмана, привлекает в последние годы особое внимание. Оно получает как бы «второе дыхание» и становится основой для расшифровки той генетической информации, которая записана в самих минералах. Эта информация может быть использована как для прочтения истории образования минералов и получения объективных данных о физико-химических условиях протекания процесса минералообразования, так и в практических целях — для повышения эффективности поисковых и оценочных работ, то есть решения той основной задачи, которая поставлена перед геологической службой СССР решениями XXV съезда КПСС.



Доктор геолого-минералогических наук
Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ

Каким я помню Александра Евгеньевича Ферсмана

Мое знакомство с Александром Евгеньевичем Ферсманом состоялось в Москве, после того как в 1937 году три геологических института Академии наук — ГИН (директор А. Д. Архангельский), ЛИГЕМ (директор А. Е. Ферсман) и ПЕТРИН (директор Ф. Ю. Левинсон-Лессинг) — были слиты в единый Институт геологических наук — ИГЕН. Вероятно, познакомились мы в 1938 году.

Хотя сначала встречались мы не часто, наше сближение происходило довольно быстро. Этому не мешали разница в возрасте, положении, направлении научных интересов. Одновременное пребывание летом 1940 года в санатории «Узкое» способствовало укреплению наших отношений.

Своего пика они достигли в начале войны, когда в ноябре 1941 года мы встретились в Свердловске. В числе других академиков Ферсман незадолго перед тем был эвакуирован из Москвы. Только что сменив на посту директора ИГЕНа И. Ф. Григорьева, Александр Евгеньевич решил обосноваться поближе к Москве и не согласился ехать в Боровое, Ташкент или Алма-Ату. Чете Ферсманов выделили квартиру в одном из тогда еще немногих новых удобных жилых домов в центральной части Свердловска. Вся площадка одного этажа была «академической» — с Ферсманом соседствовали В. А. и Е. С. Обручевы, а квартиры напротив занимали В. Л. Комаров и В. П. Волгин и их семья.

Я же застрял на Урале, куда уехал летом 1941 года в экспедицию для изучения бокситов Каменского района, — осенью нам не разрешили

вернуться в Москву. В Свердловск мы ездили часто — там находилось руководство Уральской экспедиции. Поездки эти участились, когда туда прибыл наш директор и начал функционировать на новом месте Президиум Академии наук.

В обширном подвале дома, где жили академики, одно время существовало общежитие. В нем размещались академические сотрудники, работавшие на Урале и наезжавшие в Свердловск по делам, а также сотрудники, с пылу с жару переброшенные в тыл во время октябрьских боев на подступах к Москве.

Тогда я не замечал, а теперь отчетливо вижу, насколько живописен был этот подвал. Люди, жившие здесь относительно долго, особенно семейные, обрастали кое-какой утварью, отгораживали свою площадку (чуть больше ширины и длины стоявших в ряд коек-раскладушек) занавесками. Это были, так сказать, солидные зажиточные старожилы. Другие — холостяки или только что приехавшие — новичковая беднота — жили в открытую, койка к койке под высоким потолком едва ли не круглые сутки освещенного электричеством подвала; у изголовья коек — рюкзак или маленький чемоданчик.

Приезжая в Свердловск и поселяясь в этом общежитии, я почти ежедневно бывал у Обручевых и Ферсманов. Хотя с Обручевыми я был знаком гораздо лучше и дольше, я охотнее звонил в дверь Ферсмановской квартиры — там мне было интереснее. Екатерина Матвеевна кормила меня обедом — от этого тогда не отказывались, даже если обед

приходился на поздний вечер. Обычно сервировка происходила в кухне, чтобы не нарушать рабочего распорядка Александра Евгеньевича. Но он нарушал его сам, вскоре же заходя в кухню, и немедленно начинались разговоры на самые разные темы, из-за которых я и любил приходить сюда. Потом мы все вместе здесь же пили чай, а разговоры продолжались. Порой меня оставляли ночевать, и всякий раз я испытывал так нехватавшее в те месяцы животворное ощущение домашнего уюта и спокойствия. Ощущение это благодарно запомнилось на всю жизнь.

В мае 1942 года я был призван в армию, попал в лейтенантское училище в Томске и провел там полтора месяца. В моей скорой демобилизации в равной мере повинна инициатива командования училища и содействие академика Ферсмана, о чем рассказывается ниже.

Наши непосредственные отношения на этом фактически закончились. Вернувшись после демобилизации в Свердловск, я не застал Александра Евгеньевича — он был в Москве. Потом я уехал на полевые работы, а в августе меня вызвали в Москву, в Комитет по делам геологии при СНК СССР, куда я вскоре и перешел. В последующие годы мы едва ли виделись с Александром Евгеньевичем больше трех-четырех раз, и встречи эти не запомнились.

В конце мая 1945 года пришел недобрый день, когда я узнал о смерти Александра Евгеньевича. Это было в экспедиции, в Фергане. На нашей базе, в кишлаке Пап, под огромным раскидистым абрикосовым деревом,



как всегда, журчал маленький арычок, лежала густая благодатная тень и почти не чувствовался окружающий нас иссушающий жар. Кто-то положил на стол свежие газеты. И я увидел траурное объявление — в Сочи кончался академик Александр Евгеньевич Ферсман. Это было и неожиданно, и до нелепости обидно — умереть на сияющем морском побережье, сразу после победоносного окончания войны. По-прежнему журчал арычок, и тень под деревьями не побледнела, но академика Ферсмана больше не было. А я так отчетливо видел его большую, круглую, коротко остриженную голову, его легкие и быстрые, несмотря на тучность, движения, слышал громкий смех. В то яркое утро было немыс-

лимо представить себе, что всего этого уже нет...

Такова голая схема нашего знакомства и встреч, из которой следует, что общение наше основывалось не на сходстве научных интересов или плодотворности споров на научные темы. Дело было во влечении двух людей друг к другу. Возможно, что с позиции историографа науки это большой недостаток. Но я сейчас просто рассказываю, каким мне запомнился академик Ферсман, и думаю, что под этим углом зрения отмеченные обстоятельства должно считать удачей. Ибо они позволили мне лучше судить о Ферсмани — человеке и о тех чертах его характера, которые кажутся мне главными.

В качестве главной из них я назвал бы неизменно активный, очень непосредственный и одновременно хорошо продуманный интерес Ферсмана ко многим явлениям и событиям сразу. Конечно, на первом

месте стояла наука, но отнюдь не только одна какая-то ее отрасль, а комплекс явлений и проблем. Например, от вопросов глобальной геохимии (да порой еще в их связи с вопросами глобальной же тектоники) до выяснения причин образования барханов в Каракумах.

Но это лишь начало того, что интересовало Ферсмана. Общественные отношения людей; политика и ее представители; причины и ход войны; геологическая специфика качества, запасов и добычи минерального сырья, без которого не может идти война; сравнительный анализ сырьевых возможностей воюющих стран и т. д., и т. п. А наряду с этими капитальными вопросами — вопросы внутренней жизни Академии наук в целом и на этом фоне — нашего института и его, Ферсмана, лаборатории — комиссии, возникшей в первые месяцы войны (она занималась минеральным сырьем военного зна-

С. М. Киров и А. Е. Ферсман в Хибинах. Фотография картины художника В. Федорова (масло). 1937 год

чения), а также других лабораторий и подразделений института, равно как и дел сотрудников с их обычными и военного времени трудностями и запросами. Сегодня Александр Евгеньевич с беспокойством говорил, что по-прежнему ничего не слышно о Л. А. Кулике. Немолодой ученый, давний сотрудник ЛИГЕМа, неутомимый исследователь тайны Тунгусского метеорита Кулик летом 1941 года ушел в ополчение и уже несколько месяцев не подавал о себе вестей.* На завтра Ферсман с восторгом рассказывал, как самоотверженно работает московский представитель нашего института В. В. Меннер (ныне академик), посылает из Москвы необходимую для уральских лабораторий аппаратуру, организует упаковку библиотеки, руководит отправкой на восток оставшихся в Москве сотрудников. Здания института удручающе пусты, насквозь промерзли, но Меннер, как всегда, бодр и раскатытое «р-р-р» его голоса по телефону даже задорнее и картавее, чем при живой беседе.

И здесь же шли разговоры о прошлых и будущих экспедициях и красоте камня, о встречах с интересными людьми и только что прочитанной книге, о давних первых исследовательских шагах на Кольском полуострове и еще более давних работах КЕПСа — Комиссии естественных производительных сил России, организованной при Академии наук во время первой мировой войны.

Но и это было не все. Помню мое восхищенное изумление перед той горячностью, с которой Александр Евгеньевич окунул в подготовку шарад для вечера самодеятельности летом 1940 года в «Узком». На репетициях он до того проникался задором готовившихся представлений, что начинал жестикулировать, кричал «давай, давай!» и требовал условия шарады, предлагал свои варианты. Он так искренно веселился в эти минуты, так беззаботно смеялся, откинув назад голову, что любо-дорого было посмотреть!

* Осенью 1941 года Л. А. Кулик был взят гитлеровцами в плен и умер от тифа в 1942 году.

Ферсман вообще ценил и любил юмор, шутку, острое слово, потешался, когда кто-нибудь попадал в смешное положение. Исключения не составляло, если это оказывался он сам. Как-то Александр Евгеньевич показал мне свою фотографию времен начала исследования Кольского полуострова. На снимке стоял плечистый крепкий мужчина, обросший клочковатой бородой, в лаптях и латаных штанах — эдакий типичный бродяга. Заранее радуясь и хохоча, Александр Евгеньевич рассказал историю, которую я слышал, но считал анекдотом. Однажды он возвращался с полевых работ в Ленинград и должен был садиться в «Полярную стрелу» на маленькой станции. Ему забронировали место в международном вагоне. Но едва бородатый оборванный дядя с большим грязным рюкзаком приблизился к международному вагону, проводник принялся кричать:

— Эй ты, борода, проходи, проходи! Бесплацкартные вагоны сзади! Ферсман объяснил, что его место здесь, но проводник не слушал. Тогда Александр Евгеньевич пустил в ход решающий аргумент:

— Мне сюда,— громко заявил он,— я академик, действительный член Академии наук!

— Проваливай! По физии вижу, что академик! — издевательски прокричал проводник.

Через несколько минут, когда Ферсман вскочил в международный вагон трогавшегося поезда и дело объяснилось, проводник почти плакал, вымаливая прощение. Ферсман бушевал, и ссора была слышна по всему вагону. Но затем она вдруг

оборвалась, и из купе, где только что кричали, раздался оглушительный хохот. Пассажиры повскакали с мест — взглянуть, что случилось. Это академик Ферсман потешался над собственным смешным положением.

В своей работе Ферсман всегда строго учитывал фактические данные, опирался на них, клал их в основу любых предположений и построений. Можно было спорить с интерпретацией этих фактов; таких споров и критики в адрес Александра Евгеньевича было немало за его жизнь; но и при наиболее острых дискуссиях противники хорошо знали, что речь идет именно об интерпретации, а не об ошибочности исходного фактического материала.

Еще о двух особенностях характера Ферсмана хотелось бы сказать. Во-первых, о его несокрушимом оптимизме, который не могли поколебать ни личные, ни общественные трудности и невзгоды, никакие неудачи, будь то по научной или общественной линии. Самые жестокие удары войны не нарушили его веры в силу и стойкость нашего государства. Сужу об этом тем увереннее, что встречался с Ферсманом в горячайшие военные недели, когда передовые гитлеровские мотоциклетные разъезды прорывались чуть не до Поклонной горы.

Было поучительно видеть разную реакцию на отступление наших войск и сдачу все новых городов у двух соседей по дому, двух крупных ученых — академиков В. А. Обручева и А. Е. Ферсмана. При плохой сводке Совинформбюро Обручев мрачнел, становился еще молчаливее и часами не вылезал из-за письменного



стола — в работе до полной усталости (и в полном одиночестве) было единственное облегчение. Ферсман же оставался самим собой — подвижным, общительным, шумливым, не только не скрывавшим веры в конечную победу, но подчеркивавшим ее настойчиво и неуклонно. «Вы подумайте, — восклицал он, — Можайск они взяли, Малоярославец! Немыслимо, невозможно, как далеко зашли! Но вот увидите, отдадут обратно. Все отдадут, все!» Не могу передать, насколько ободряюще действовала тогда эта уверенность.

Вторая интереснейшая особенность Ферсмана — это его манера

работать. Как и всякий подлинно талантливый и крупный ученый, работал он очень много, и вне работы, вне научной деятельности не было для него жизни. Но подобно тому, как этот полный человек большого роста всегда на удивление легко двигался, ходил быстро, говорил много, громко, свободно, так же внешне легко и свободно он и работал. Разумеется, многие трудности,



Начальник Хибинской экспедиции академик А. Е. Ферсман после 45-дневного пребывания в тундре. 1923 год

малые, большие и огромные, стояли на научном пути академика Ферсмана, особенно когда он входил в неизведанные области знания. А случилось это с ним, вероятно, чаще, чем с большинством других ученых высокого ранга. Однако со стороны неизменно казалось, что все дается ему легко, чуть ли не само собой. От близких его сотрудников знаю, насколько благотворно сказывался на их работоспособности этот непосредственный личный пример Александра Евгеньевича.

У Ферсмана была любимая присказка, которую он употреблял преимущественно по отношению к молодым сотрудникам, но иногда — и к немолодым. После разговора, пожимая на прощание руку собеседника, говорил он скороговоркой: «Ну-ну-ну, работай. Давай, работай! Будь полезен человечеству!» Очень хорошая была присказка — фамильярно-ласковая, ободряющая, жизне-радостная.

Активность отношения к науке, к своей работе, ко всему происходящему вокруг, непосредственность, живость, энергичность — все это делало А. Е. Ферсмана центром едва ли не любого общества, в котором он оказывался. Подчас здесь не говорили о чем-либо принципиально важном, но было здесь так оживленно, весело, интересно и так не шаблонно, что этому могли бы позавидовать многие научные собрания, собрания.

Во всем этом отчетливо выступает еще одна черта характера Ферсмана, прекрасно дополняющая его активный интерес ко многим проявлениям жизни сразу, а именно: отно-

шение к людям, с которыми он работал и общался. Это отношение недостаточно назвать просто хорошим. Однако вряд ли можно назвать его и горячностью в обычном понимании этого слова. Пожалуй, правильнее всего говорить о внутренней сердечности и участливости Ферсмана к людям, при общей значительной трезвости. Сердечность поэтому не была безудержной. Желая помочь человеку, Александр Евгеньевич учитывал окружающую обстановку и свои, вовсе не безграничные возможности. Но если уж он приходил к выводу, что должен помочь, то действовал порой так, как в данной конкретной ситуации, возможно, не решился бы поступить и близкий друг нуждающегося в помощи.

Сужу по собственному опыту. В феврале 1942 года я поехал из Каменска в соседний район, познакомиться с материалами бурения на бокситовые руды. И заболел. В сельской больничке (рядом с железнодорожной станцией Багаряк) был поставлен диагноз: сыпной тиф и крупозное воспаление легкого. Выходила меня доктор Любовь Тимофеевна Дорошенко, эвакуированная с Украины, и ее больничные помощницы.

Только я начал поправляться, как пришло извещение о призыве в армию. Из-за болезни я смог выехать по месту назначения — в военное училище в Пермь (тогда — Молотов) — лишь в конце апреля. Училище было уже укомплектовано, и меня перекомандировали в Томск. И здесь произошло нечто совершенно неожиданное.

Я был направлен в Днепропетровское Краснознаменное артиллерийское училище, эвакуированное в Томск после жестоких боев на Украине, за которые училище одним из первых в стране получило орден боевого Красного Знамени. В момент моего приезда шел набор новых курсантов. Все они были фронтовиками, отличившимися в боях. Люди с «гражданки» были наперечет, а людей с ученой степенью среди нескольких тысяч курсантов оказался один я.

Командование училища усмотрело

в этом непорядок. По его мнению, готовить из не очень молодого кандидата геологических наук обыкновенного лейтенанта было неоправданным расточительством в условиях войны. Первым высказал это мнение председатель комиссии, а затем и начальник училища, генерал-майор Петров. Генерал приказал обратиться к моему гражданскому начальнику с запросом о характере моей работы перед призывом, и если подтвердится, что я работал по оборонной тематике, то демобилизовать меня. Когда мне все это рассказали, я дал адрес А. Е. Ферсмана, а также написал о сути дела родным.

В двадцатых числах мая училище ушло в лагерь, в Томске осталась только наша 11-я батарея. Недели через две был получен приказ отправить меня в лагерь и демобилизовать. От сконфуженных сотрудниц канцелярии я узнал, что запрос обо мне Ферсману позабыли послать в лавине хлопот при лагерном выходе. Но Ферсман узнал обо всем от моих родных, а также от Меннера. И хотя запроса из училища не было, Александр Евгеньевич отправил следующую телеграмму (ее копию за печатью училища я получил в канцелярии, и она по сей день хранится у меня):

«Молния Томск Начальнику училища
Из Москвы № 29003 4.6.42 22.00

Сообщаю что курсант Петрушевский был мобилизован находясь ответственной работе поискам алюминиевого сырья Каменске тчк
Продолжение им этих работ весьма важно

Академик Ферсман»

Сейчас этот текст кажется достаточно бесстрастным, ведь в нем нет прямой просьбы. Однако в разгар войны, когда гитлеровцы наступали на Кавказ и Нижнее Поволжье, этот текст, посланный без запроса от командования училища, представлялся явным нарушением существовавших правил. Ибо не полагалось, чтобы руководители гражданских учреждений хотя бы косвенно ходатайствовали перед начальниками воинских частей о демобилизации военнослужащих. Ферсман без проволочек пошел на такое нарушение.

Запрос из училища не был послан, но генерал-майор Петров помнил о своем решении и на телеграмме Ферсмана наложил резолюцию о моей демобилизации. Меня отправили по месту призыва в Каменск, и я вернулся на «гражданку».

Этим эпизодом я заканчиваю мои воспоминания об А. Е. Ферсмане. Не так уж долго и глубоко были мы знакомы, и свыше тридцати лет прошло с его смерти, но образ большеголового подвижного человека с умными пронизательными глазами и готовыми мягко улыбнуться губами, образ Александра Евгеньевича Ферсмана стоит передо мной совершенно ясно.

Фотографии любезно предоставлены вдовой А. Е. Ферсмана — Е. М. Ферсман



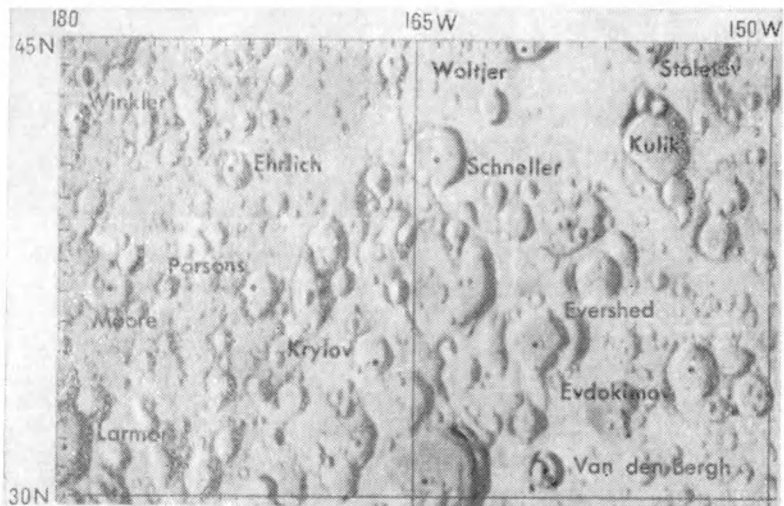
АСТЕРОИДЫ, НОСЯЩИЕ ИМЕНА ГЕРОЕВ



Советский народ свято чтит память героев, павших в борьбе с фашистской Германией. Их имена носят школы и пионерские дружины, улицы и парки, населенные пункты и океанские корабли... Героям Великой Отечественной войны установлены на земле тысячи памятников и обелисков. Память о них увековечена в названиях лунного кратера и малых планет.

На первых снимках обратной стороны Луны, переданных советскими межпланетными станциями «Луна-3» и «Зонд-3», советские астрономы выявили около четырех тысяч различных образований лунного рельефа. Пользуясь правом первооткрывателей, они предложили назвать наиболее крупные лунные кратеры в честь великих русских, советских и зарубежных ученых. Одному кратеру присвоено имя известного исследователя метеоритов, советского патриота Леонида Алексеевича Кулика.

■
Леонид Алексеевич Кулик (1883—1942)



Когда началась Великая Отечественная война, Л. А. Кулику было почти 58 лет. Несмотря на возраст, 5 июля 1941 года ученый в числе первых вступил в ряды Московского народного ополчения. Он самоотверженно сражался с фашистами, но в октябре 1941 года тяжело раненный попал в плен. Немцы доставили Л. А. Кулика в лагерь военнопленных в небольшом городке Спас-Деменске на Смоленщине. Там он заболел сыпным тифом и 14 апреля 1942 года умер («Земля и Вселенная», № 3, 1975, с. 72).

Кратер Кулик находится в западном секторе обратной стороны Луны. Его координаты: 42° с. ш. и 155° з. д. Диаметр кратера 70 км.

Носят имена героев Отечественной войны и некоторые малые планеты.

■
Фрагмент лунной карты с изображением кратера Кулик

Это — астероид № 1030, названный, вопреки традиции, мужским именем Витя в честь рядового Советской Армии Виктора Заславского; астероид № 1330, получивший название Спиридония в память о черноморском моряке Спиридоне Ильиче Заславском («Земля и Вселенная», № 4, 1975, с. 59—64). Увековечено имя бесстрашной партизанки, Героя Советского Союза Зои Космодемьянской. Зойей названа малая планета № 1793 («Земля и Вселенная», № 2, 1975, с. 88—89). В Солнечной системе движется и астероид Гайдария. Имя известного детского писателя Аркадия Гайдара присвоено малой планете № 1835.

А вот еще один космический «монумент» участнику Великой Отечественной войны, советскому астроному Дмитрию Кузьмичу Куликову. Это — малая планета № 1774 Куликов.

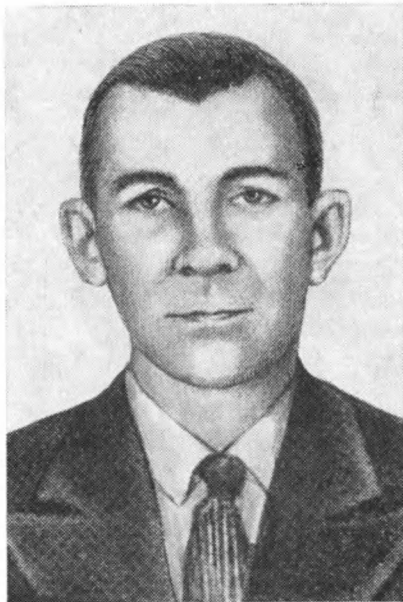
Д. К. Куликов родился в 1912 году

в Ивановской области. в семье лесного сторожа. В 1930 году Дмитрий Кузьмич поступил в Ленинградский университет, а после его окончания был оставлен в аспирантуре. В 1939 году Д. К. Куликова призвали в Красную Армию. Он воевал под Ленинградом и на Втором Дальневосточном фронте. За успешное выполнение боевых заданий Дмитрий Кузьмич Куликов был награжден орденами и медалями.

К научной деятельности, прерванной войной, Д. К. Куликов смог вернуться только в 1946 году. Он поступил на работу в Институт теоретической астрономии АН СССР, вскоре блестяще защитил диссертацию и получил степень кандидата технических наук. Исследования, выполненные Д. К. Куликовым в области практической астрономии, имели важное народнохозяйственное значение. Он намного упростил обработку астрономических наблюдений, необходимых для определения времени. Монография Д. К. Куликова «Теория эфемерид пар Цингера» была удостоена Государственной премии 1952 года.

Дмитрий Кузьмич Куликов временно ушел из жизни. Он похоронен на Пулковском кладбище астрономов — в земле, которую в годы войны защищал с оружием в руках.

Недавно в каталогах малых планет появились новые «космические памятники». Ряду безымянных планет, открытых советскими астрономами, присвоены имена отважных героев нашей Родины. Так, астероид № 1900 получил имя Катюша в честь Екатерины Ивановны Зеленко — советской летчицы, героически погибшей



■ *Дмитрий Кузьмич Куликов (1912—1964). В его честь малая планета № 1774 названа Куликов*

■ *Владимир Григорьевич Шапошников (1905—1942). Его имя носит малая планета № 1902*

на фронте в сентябре 1941 года. Малая планета № 1902 названа Шапошников в память об известном астрометристе Владимире Григорьевиче Шапошникове. Он ушел на фронт добровольцем. 7 февраля 1942 года в боях на харьковском направлении, у села Глазуновки В. Г. Шапошников пал смертью храбрых. Название малой планеты № 1903 Аджимушкой, которую астроном Т. М. Смирнова открыла в День Победы 9 мая 1972 года, увековечило память защитников Аджимушкай.

Имя Героя Советского Союза Евгении Максимовны Рудневой дано астероиду № 1907. Женя готовилась стать астрономом, но в 1941 году она, студентка 4 курса астрономического отделения Московского университета, ушла на фронт. Евгения Максимовна сражалась в знаменитом 46-м Гвардейском Таманском авиационном полку ночных бомбардировщиков и совершила 645 боевых вылетов. В часы, свободные от полетов, она подготовила 20 молодых штурманов. 9 апреля 1944 года при бомбежке вражеских укреплений под Керчью Е. М. Руднева погибла.

Победа, завоеванная советским народом в битве с фашизмом, досталась дорогой ценой. И еще многие бесстрашные герои этой небывалой в истории человечества войны достойны того, чтобы их имена увековечили в названиях астрономических объектов.

О. Н. КОРОТЦЕВ



Руководитель экспедиций
Московского отделения ВАГО
В. И. КОВАЛЬ

Тасеевский метеорит

26 марта 1936 года в 21 час 15 минут по Красноярскому времени в земную атмосферу вторглось космическое тело, которое, двигаясь под углом 25° к горизонту и излучая яркий оранжевый свет, пронеслось над селениями Больше-Муртинского района Красноярского края и исчезло из поля зрения многочисленных наблюдателей в хребтах Енисейского края.

В редакции Красноярских газет стали поступать письма от очевидцев этого явления, в которых указывалось, что полет метеорита сопровождался ярким свечением, гулом, сотрясанием домов, дребезжанием окон. 28 марта 1936 года Краевой совет Общества изучения Красноярского края и редакция газеты «Красноярский рабочий» откомандировали своего сотрудника Ефима Ильича Владимирову для сбора сведений о полете и месте падения метеорита. Е. И. Владимирову удалось собрать обширный материал. Переезжая из поселка в поселок, он выяснил, откуда был виден болид, и построил его предварительную траекторию. Наметив район выпадения метеорита, 15 апреля 1936 года Е. И. Владимиров отправился туда с охотниками А. А. Лулиняком и И. П. Першиным. Они обследовали большую площадь в истоках реки Мурмы, но только сведения, полученные отрядом в небольшом поселке золотоискателей на реке Посольной, навели их на след. Жители поселка сообщили, что метеорит пролетел у них над головами. В поселке слышали взрыв, раскаты грома, ощущали сотрясение земли после того, как метеорит скрылся в тайге, где-то недалеко в

истоках рек Таловок и Телькуна. «Утром 21 апреля,— пишет в своем отчете Е. И. Владимиров,— направившись по следу пролетевшего метеорита и пройдя по застывшему насту еще километров 20 на север по долине реки Большой Таловки, отряд впервые заметил на тающем снегу множество хвойных игл сосны, ели, лиственницы. На следующий день, следуя через небольшие водораздельные хребты между Малой Таловкой и Телькуном, отряд всюду на тающем снегу видел густой слой свежей хвои, местами среди хвои валялись и мелкие ветки». Из-за нехватки продуктов и сильной распутицы отряд был вынужден покинуть тайгу. Обследовать северную часть района падения метеорита Е. И. Владимирову не удалось. Свой отчет он опубликовал лишь в 1971 году.

Летом 1973 года в район падения метеорита, в Тасеевскую тайгу, выехала группа школьников из астрофизической лаборатории Дворца пионеров Фрунзенского района города Москвы. Этот небольшой отряд из восьми человек возглавлял автор статьи. Предварительный осмотр территории с патрульного самолета позволил составить представление о районе, нанести на карту зоны с различным видовым составом леса, гарью, завалами. Лесозаготовители помогли нам забросить снаряжение в базовое зимовье на речке Телькун. Наземными маршрутами был обследован район, где отряд Е. И. Владимирову заметил сбитую воздушной волной хвою. Удалось разыскать деревья, которые после 1936 года резко замедлили свой рост, что, по-видимому, связано с потерей хвои.

Продвигаясь дальше на север, на вершинах водораздельных сопок мы отметили большое количество деревьев (кедров, пихт, елей) с засохшими старыми макушками и с многочисленными новыми (у одной пихты их было девять). Следуя вдоль траектории на северо-восток, мы обнаружили вблизи предполагаемого «эпицентра» сильный ветровал и недавний лесной пожар. Огромные вывороченные с корнем и обгорелые деревья, в беспорядке разбросанные на многокилометровой территории, осложняли продвижение. Рои ненасытной мошки, слепней и комаров, казалось, делали невозможной работу на гари, но юные исследователи, черные от сажи и мокрые от пота, упорно прокладывали маршруты. В различных точках под траекторией метеорита были взяты пробы грунта, чтобы в лабораторных условиях выявить мелкодисперсное распыленное вещество. За трудной и интересной работой быстро пролетел летний месяц.

Через год, в июне 1974 года, мощный лесовоз доставил в Тасеевскую тайгу новую партию изыскателей. Теперь в группу из восьми человек вошли лишь двое школьников — Юрий Шапка и Дмитрий Степнов. Они должны были промывать пробы, доставленные в лагерь геологическим отрядом, и просматривать фракции под микроскопом. Остальным участникам экспедиции — членам Московского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества — предстояло «прочесать» междуручье Таловки и Телькуна, покрыв весь «подозреваемый» прямоугольник площадью 150 км^2 густой сегойю проб.



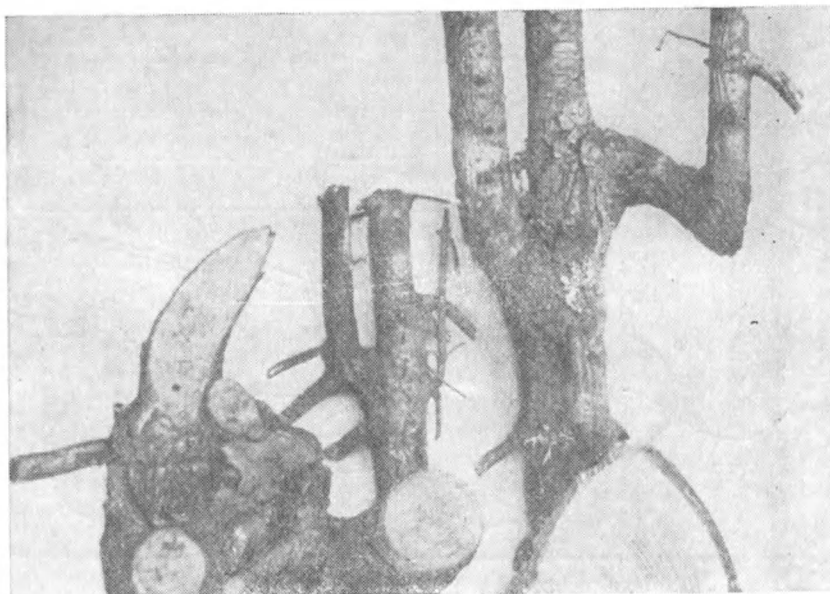


ЭКСПЕДИЦИИ

Активную помощь экспедиции оказывал житель поселка Ялай лесник Федор Романович Железовский и его сын Дмитрий Федорович. В 1936 году отец лесника Роман Сергеевич Железовский помогал Е. И. Владимирову собирать сведения о падении. Помог он и нам замерить точный азимут на район взрыва. Прибыл с нами в Ялай и Е. И. Владимиров. Состояние здоровья не позволило ему отправиться в тайгу, но он любезно согласился взять на себя «городские» дела — предстояло дать несколько заметок в местную газету.

Тщательно проанализировав рассказы очевидцев, мы установили, что метеорит пролетел гораздо дальше на северо-восток, чем предполагал Е. И. Владимиров. Именно поэтому отбор проб начали с самых северных участков. Пробы брались через 2 км на сухих возвышенных плоскогорьях и вершинах сопек. Затем мы маркировали пробы и доставляли в лагерь. Маршрут в 30—40 км от Телькуна до Большой Таловки и обратно, на котором нужно было взять около пятнадцати проб, занимал 3—4 дня. Необходимо было выполнить шесть таких маршрутов, то есть собрать и обработать около сотни проб. Обработка заключалась в процеживании почвы и дерна через сита с различным диаметром ячеек и извлечении из полученного материала магнитной и силикатной фракций. Исследовались частицы размером от 20 мк и более.

Падение Тасеевского метеорита. Офорт на стали Демьяна Утенкова — участника двух экспедиций на место падения метеорита

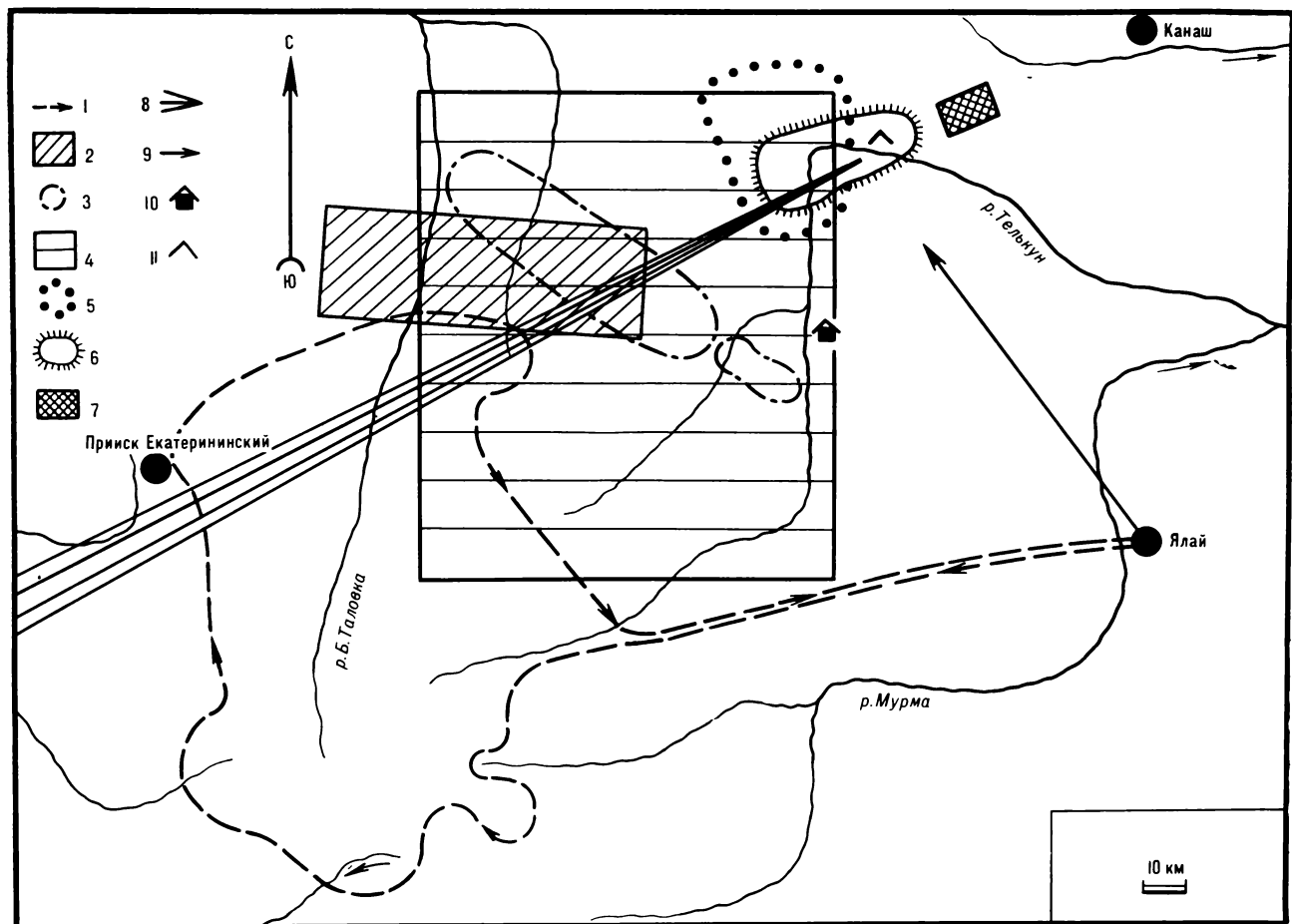


Еще не были пройдены все маршруты, как было замечено резкое увеличение сферических частиц в северо-восточном участке исследуемого района, сюда же на северо-восток указывали и замеры траектории из Ялая. Кстати, в 1973 году участник экспедиции Виктор Травин обнаружил здесь полосовой вывал. Старые деревья шеренгами лежали на западных и юго-западных склонах сопек. Было решено перенести работы на 15 км в сторону «богатых» частицами мест — туда, где река Телькун резко меняет направление своего течения с меридионального на широтное.

Обследование вывала и замеры азимутов поваленных деревьев указывали на возможную связь данного

ывала с метеоритом 1936 года. До нас уже доходили сведения о том, что в этом районе лесорубы встречали какие-то воронки. А когда из опубликованных Е. И. Владимировым статей о наших поисках узнал Александр Степанович Морозов — бывший житель поселка Канаш Тасеевского района, он приехал к нам, чтобы показать место, изрытое воронками, «как после бомбежки». На воронки он наткнулся во время охоты лет 25 назад. Всего на площади около

Эти многочисленные верхушки появились у деревьев в 1936 году, когда в результате падения метеорита деревья лишились хвои и у них засохли старые верхушки



ло 1 км² находилось, по его словам, более пятидесяти воронок, диаметром от одного до десяти метров. Сведения о воронках хорошо со-

Окрестности падения Тасеевского метеорита, где работали экспедиции в 1936, 1973—1975 годах. Условные обозначения: 1 — маршрут экспедиции Е. И. Владимирова в апреле 1936 года; 2 — предполагаемое Е. И. Владимировым место падения Тасеевского метеорита; 3 — гарь и сильный ветровал; 4 — площадь, где экспедиции Московского отделения ВАГО брали пробы грунта; 5 — участок с большим количеством сферических частиц; 6 — зона полосового вывала леса; 7 — участок, изрытый траекторией Тасеевского метеорита; 8 — азимут на точку взрыва метеорита (согласно Р. С. Железовскому); 10 — лагерь экспедиций 1973—1974 годов; 11 — лагерь экспедиции 1975 года

гласовывались со всеми траекторными данными, с результатами анализов и проб и наличием старого полосового лесовала. Решили отправиться в район воронок. А. С. Морозов вызвался быть нашим проводником. Рано утром небольшой отряд вышел в тайгу, за спиной у каждого висел тяжелый рюкзак — «система жизнеобеспечения», как его шуточно называли участники экспедиции. Однако сразу отыскать воронки не удалось, вековые сосны и кедры с густым подлеском и кустами смородины надежно спрятали их от глаз. Еще раз уточнив все подробности, мы простались со старым охотником. Он сожалел, что не сумел сам показать нам воронки, которые были где-то здесь, совсем рядом. Последний раз он видел их в 1962 году, тогда, по его словам, они уже стали гораздо мельче.

Недалеко от предполагаемых воронок мы разбили лагерь, перенесли сюда снаряжение и продовольствие. Удалось найти и сами воронки. Многие из них, в особенности мелкие, были засыпаны во время лесозаготовок.

Здесь, в районе воронок, участники экспедиции собрали пробы грунта для обработки в Москве. Был составлен приблизительный план местности и намечен будущий объем работ. Ведь если экспедиции 1936, 1973, 1974 годов были поисковыми — поиск приходилось вести на большой территории в сложной горно-таежной местности, то экспедиция 1975 года намечалась стационарной: ей предстояло обследовать сравнительно небольшую площадь, составить подробный план местности и вскрыть несколько наиболее интересных воронок. Именно этим и занялись участ-

ники экспедиции в июне 1975 года.

В состав очередной экспедиции вошли и «ветераны» исследований — радиотехник Николай Тихомиров, журналист Ефим Владимиров, педагог Александр Коваль, студент Александр Туманов, художник Демьян Утенков, и «новички» — студент Сергей Калинин, школьники Олег Телицын и Михаил Биленкин.

Весна 1975 года выдалась поздняя, большая воронка, намеченная под раскопки, оказалась до краев заполненной водой. Так что, пока топографический отряд составлял план местности и отыскивал воронки, геологический отряд занимался осушительными работами. Было решено спустить воду из главной воронки. Расчищая вокруг нее территорию, мы обнаружили молодую пихту с заросшей старой раной на стволе, обращенной в сторону воронки. Возникшее подозрение о связи этой раны с падением 1936 года подтвердилось: а спиле отчетливо было видно, что она появилась 39 лет назад. Ствол 15-летней пихты ободрало соседнее дерево, упавшее в воронку.

Копать в мягком песчаном грунте пришлось глубоко, а проливные дожди усложняли и без того трудоемкую работу. Но все-таки была осушена и расчищена главная, наиболее крупная воронка диаметром 12 м и вскрыты две мелких. На борту одной из них росла невысокая (34-летняя) елочка, что также говорило в пользу недавнего происхождения воронки. Темный круг диаметром 30 см в центре воронки — канал, пробитый метеоритом, уходил на значительную глубину. Землю пришлось извлекать из прорытого «колодца» с

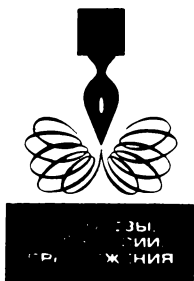


помощью ведер и нехитрого блока.

Выбранную землю тщательно «прослушивали» миноискателями, затем промывали и извлекали из нее магнитную и твердую фракции, которые изучались под микроскопом. Однако твердых фрагментов метеорита обнаружить не удалось. Видимо, за прошедшие 40 лет вода, стекавшая по пробитому каналу, полностью разрушила метеорит. Но тогда метеорит должен быть очень рыхлым.

■
Участники экспедиции 1975 года роют траншею через главную воронку

Каким же был Тасеевский метеорит, который наблюдался более чем за 300 км от района падения, породил в плотных слоях атмосферы мощные ударные волны, раскачал деревья в радиусе 70 км от места падения, за 15 км от него сбил хвою и за 5 км вызвал частичный лесоповал? На этот вопрос исследователям еще предстоит дать окончательный ответ, но уже сейчас следует иметь в виду, что Тасеевский метеорит мог состоять из замерзших газов и льдов с различными тугоплавкими включениями. Подобный «космический лед» сравнительно редко достигает поверхности Земли, но достигнув, очень быстро разрушается.



Профессор
С. А. КАПЛАН
Член-корреспондент АН СССР
Н. С. КАРДАШЕВ

Астроинженерия

Ученые современности озабочены экологической обстановкой в отдельных районах и даже на всем земном шаре, «демографическим взрывом» и другими острейшими проблемами. Предлагаются различные подходы к разрешению этих проблем. Среди них и такие «экзотические», как возможное переселение землян в Космос. В журнале «Земля и Вселенная» уже выступал доктор философских наук А. Д. Урсул с критикой концепции «бегства с Земли» («Земля и Вселенная», № 2, 1976, с. 32—39).

Ниже публикуются еще две статьи. Профессор С. А. Каплан и член-корреспондент АН СССР Н. С. Кардашев рассматривают различные астроинженерные вопросы. Профессор В. Н. Степанов знакомит читателей с исключительной ролью Мирового океана в разрешении проблем, которые волнуют человечество.

ЧТО ТАКОЕ АСТРОИНЖЕНЕРИЯ?

Термина «астроинженерия» еще нет в энциклопедиях и словарях. Однако он все чаще встречается в литературе, причем не только в фантастической или популярной, но в серьезных научных трудах и даже в официальных отчетах международных конференций.

Еще К. Э. Циолковский считал, что по мере развития земной цивилизации все большая часть человечества будет переселяться в космос на «постоянное жительство». Если это случится, то когда-нибудь придется создавать в космосе «эфирные города». Постройка их — основная проблема астроинженерии.

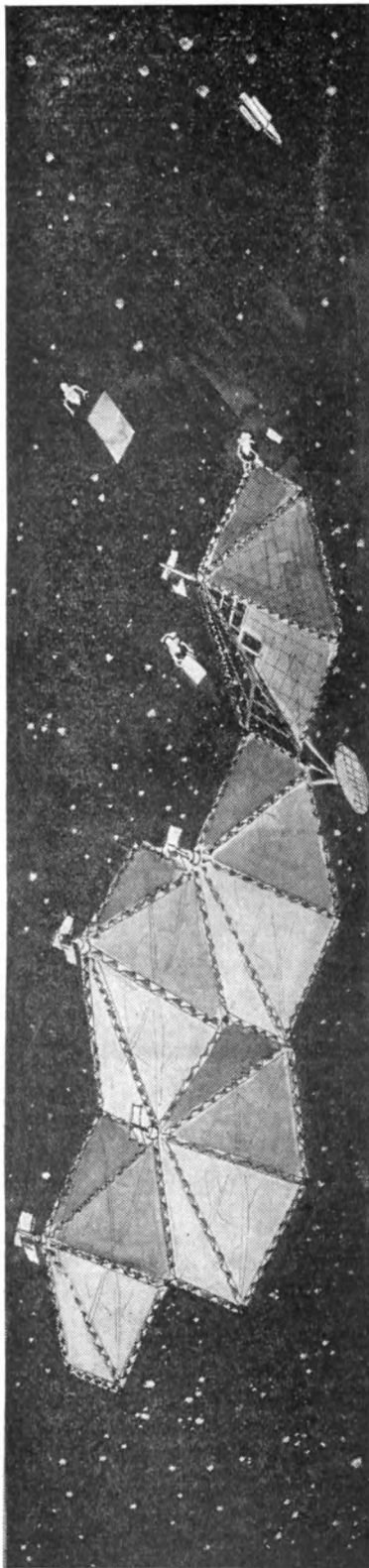
Переселившаяся в космос цивилизация до поры до времени оставит в покое свою «материнскую» звезду, но потом, может быть, захочет и ее переделать в соответствии со своими быстро возрастающими потребностями. Перестройка или преобразование характеристик звезд — это тоже проблема астроинженерии.

Астроинженерной деятельностью заинтересовались в связи с проблемой СЕТИ — проблемой связи с внеземными цивилизациями. Ведь именно астроинженерная деятельность внеземных цивилизаций позволяет судить об их существовании и степени развития. Астрономические проявления такой деятельности получили название «космического чуда». Если космических чудес нет, то есть все наблюдаемые явления объясняются естественными природными законами (презумпция «естественности», по определению И. С. Шкловского), то

не существует и астроинженерной деятельности в больших масштабах, а следовательно, и очень развитых внеземных цивилизаций. Не будем сейчас обсуждать, до каких пор мы можем ожидать появления космического чуда, как оно выглядит и когда истощится наше терпение настолько, что можно будет сказать: «Мы одни в космосе» (И. С. Шкловский «О возможной уникальности разумной жизни во Вселенной». «Вопросы философии», № 9, 1976). Наша земная цивилизация существует, к астроинженерной деятельности она должна перейти (если не быть неисправимым пессимистом), и поэтому обсуждать перспективы астроинженерной деятельности необходимо. А наше терпение в ожидании космического чуда очень далеко от своего истощения, и поэтому еще более необходимо обсуждать те проявления астроинженерной деятельности, которые могут быть замечены современными астрономическими средствами.

АСТРОИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Интерес к той или иной области человеческого знания особенно усиливается, когда появляется какое-то конкретное, хотя, может быть, и не сразу осуществимое предложение. Например, проблема связи с внеземными цивилизациями на уровне беспочвенной фантастики обсуждалась много десятилетий и даже сотни лет тому назад. Но вот в 1959 году Ф. Моррисон и Г. Кокони предложили конкретный проект поиска сигналов на волне 21 см. И хотя радиоастрономические наблюдения на волне 21 см пока не дали никакого



результата, после этого предложения проблема SETI стала рассматриваться как научная. Так и с астроинженерией. О фантастических проектах писали давно, но конкретный проект Д. О'Нейла, разработанный в 1974 году, превратил астроинженерию в такую область науки и техники, где уже начались вполне серьезные обсуждения реальных конструкций. Конечно, в настоящее время довольно трудно говорить о деталях астроинженерных сооружений. Это дело не сегодняшней и даже не завтрашней техники. Какой будет уровень технических достижений к тому времени, когда цивилизация приступит к сооружению «астроконструкций», можно предсказывать только в самых общих чертах. Поэтому мы рассмотрим лишь принципы астроинженерных сооружений.

Астроинженерные сооружения должны быть огромны как по объему (чтобы разместить значительную часть населения цивилизации), так и по размерам поверхности (чтобы перехватить значительную часть энергии излучения центральной звезды). Между тем материальные и энергетические ресурсы любой цивилизации всегда ограничены. Поэтому астроинженерные сооружения должны, вероятно, удовлетворять принципу: максимальные объем или поверхность при минимальных затратах материалов. Этому требованию соответствуют сооружения двух различных типов, которые можно назвать

«иерархическими» и «оболочечными».

Конструкции иерархического типа состоят из последовательных ступеней примерно одинаковой структуры, но увеличивающихся размеров. Рассмотрим конструкцию, предложенную в 1966 году Ф. Дэйсоном («Земля и Вселенная», № 6, 1969, с. 68—74).

Элементом первой ступени конструкции может быть металлическая балка, длина которой в 100 раз превосходит ее поперечный размер. Из двенадцати балок строится прочная фигура в виде правильного октаэдра. Затем сто подобных октаэдров скрепляются в линейную конструкцию — столб октаэдров, у которого линейный продольный размер также в 100 раз превышает поперечный. Каждый такой столб может служить элементом второй ступени конструкции, то есть ребром в 100 раз большего октаэдра. Затем сто октаэдров второй ступени соединяются в столб — ребро октаэдра третьей ступени и т. д. Легко убедиться, что количество материала, затрачиваемого на построение всего каркаса из октаэдров, растет пропорционально увеличению размеров в степени $3/2$, а объем внутри конструкции увеличивается пропорционально кубу размеров. Значит, средняя плотность вещества внутри конструкции уменьшается как корень квадратный из объема всей конструкции. Обтянув каркас тонкой пленкой, можно получить, например, колоссальный экран. Совокупность подобных конструкций, каждая из которых движется по своей орбите, способна перехватить заметную долю излучения центральной звезды. Та-

■
Астроинженерная конструкция иерархического типа — фрагмент сферы Дэйсона



ГИПОТЕЗЫ,
ДИСКУССИИ,
ПРЕДЛОЖЕНИЯ

кую систему теперь принято называть **сферой Дайсона**.

Конструкции иерархического типа предоставляют наибольшую площадь и объем при минимальной затрате материала. Но с ростом размера быстро уменьшается прочность сооружения, поэтому оно может оказаться не очень эффективным для построения колоний, в которых будет расселяться цивилизация.

Более выгодны **конструкции оболочечного типа**. Принципы их построения мы разберем на примере станции-колонии, предложенной О'Нейлом («Physics Today», 27, 9, 1974). Основной модели служат большие замкнутые объемы, внутри которых и располагаются необходимые сооружения, сельскохозяйственные площади и места постоянного жительства. Масса вещества, затрачиваемого на строительство колонии, растет пропорционально квадрату или даже кубу размера. И хотя на оболочечную конструкцию идет больше материала, чем на конструкцию иерархического типа, станции-колонии прочнее, а потому можно полнее использовать их объем.

Попытаемся на основе современной технологии оценить максимальные размеры астроинженерных сооружений. Конечно, в будущем технологический уровень намного превзойдет современный, но принципиальные характеристики вряд ли сильно изменятся.

Очевидно, что максимальный размер астроинженерной конструкции определяется балансом между действием приливных гравитационных сил, стремящихся разорвать конструкцию, и сопротивлением элементов кон-

струкции изгибам или разрывам, то есть в конечном счете — действием сил упругости. Используя этот вывод, оценим высоту неровностей на поверхности планеты, например высоту гор на Земле. В земном поле тяжести (ускорение g_0) твердое тело сопротивляется сжатию, если его размер D , предел прочности материала T и плотность ρ связаны соотношением:

$$g_0 D \lesssim \frac{T}{\rho}.$$

На Земле ускорение силы тяжести около 10^3 см/с², отношение $\frac{T}{\rho}$ для скальных пород порядка 10^9 см²/с², и потому высота земных гор не может заметно превышать 10 км, иначе они будут раздавлены собственной тяжестью.

При расчете прочности астроинженерной конструкции, находящейся на орбите вокруг центрального тела (планеты или Солнца), роль силы тяжести играет приливная сила. Она приблизительно равна разности сил тяжести в самой близкой и самой далекой от центрального тела точках конструкции. Если конструкция движется по круговой орбите радиусом R , то приливная сила в $\frac{D}{R}$ раз меньше силы тяжести, а потому в приведенном выше соотношении вместо g_0 надо подставить $g \frac{D}{R}$. Тогда находим максимальный размер астроинженерной конструкции:

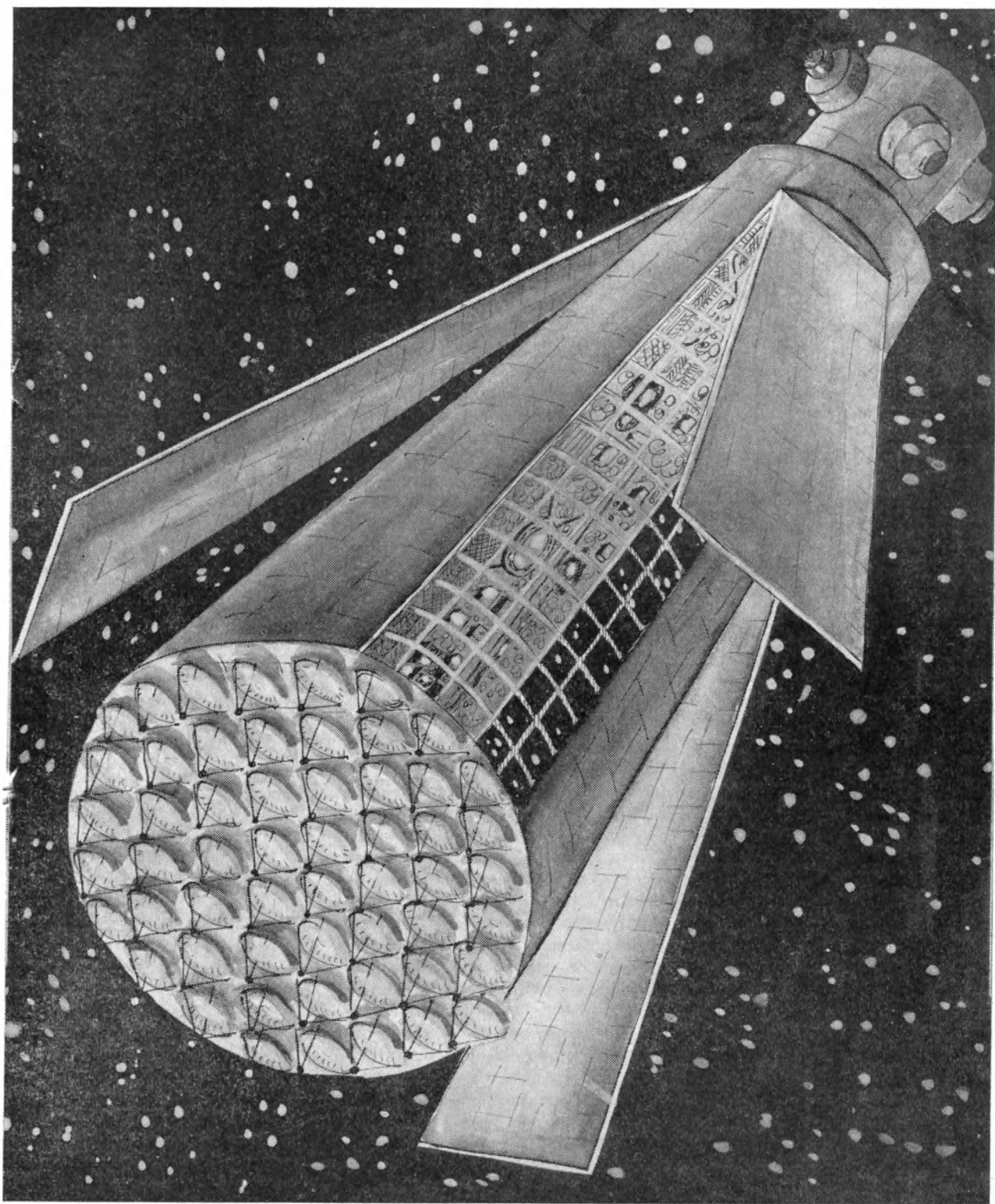
$$D \lesssim \sqrt{\frac{T}{\rho} \cdot \frac{R}{g}}.$$

(Необходимо учитывать, что величина g обратно пропорциональна квадрату расстояния от центра Земли и ее сле-

дует вычислять для каждой орбиты.) Например, астроинженерная конструкция, вращающаяся на околоземной орбите радиусом 42 000 км и построенная из материала, для которого $\frac{T}{\rho}$ около 10^9 см²/с², не может иметь размер больше 4000 км. Аналогичным образом размер астроинженерной конструкции, движущейся вокруг Солнца на орбите радиусом 1 а. е., не должен превышать $1,5 \cdot 10^6$ км. Конечно, эти оценки дают максимальный размер слишком идеализированных астроинженерных сооружений, находящихся на самом хрупком пределе неустойчивости.

Приведенные выше оценки справедливы для любой модели астроинженерной конструкции — как иерархического, так и оболочечного типа. Однако масса вещества, необходимого для создания конструкций подобных размеров, конечно, различна в разных типах. Например, для идеализированной модели иерархической конструкции Дайсона имеем следующую оценку. Будем считать, что основа конструкции — стальная балка длиной 1 м и толщиной 1 см. Тогда для создания гигантской предельной конструкции размером в миллион километров понадобятся всего шесть ступеней общей массой $3 \cdot 10^{11}$ т, что составляет $5 \cdot 10^{-11}$ массы Земли.

■ *Астроинженерная конструкция оболочечного типа — станция-колония О'Нейла. На торце, обращенном к Солнцу, расположены энергетические установки, на противоположном торце — причал для транспортных ракет. Окна станции открыты*



Дайсон полагает, что развитая цивилизация, построив около 200 000 таких конструкций и затратив на их сооружение всего 10^{-5} земной массы, сможет полностью использовать для своих нужд электромагнитное излучение центральной звезды. Благодаря тепловому излучению сферы Дайсона внешний наблюдатель увидит на ее месте интенсивный инфракрасный источник без заметного оптического излучения. Цивилизация может, модулируя инфракрасное излучение, передавать информационные сообщения.

В своей работе, опубликованной в 1966 году, Дайсон предложил и способ добычи вещества для строительства сфер. Он показал, что современная технология доступно искусственное ускорение вращения планет до такой степени, что с их поверхности в экваториальной области начнется истечение вещества, которое можно направить в район сооружения астроинженерных конструкций.

С точки зрения современного уровня развития земной цивилизации создание сфер Дайсона — дело очень далекого будущего, и трудно сказать, когда они станут реальностью и могут ли вообще когда-нибудь понадобиться нашей цивилизации. Но проводя поиски сигналов внеземных цивилизаций, следует учитывать возможность построения таких астроинженерных сооружений.

ПРОЕКТ О'НЕЙЛА

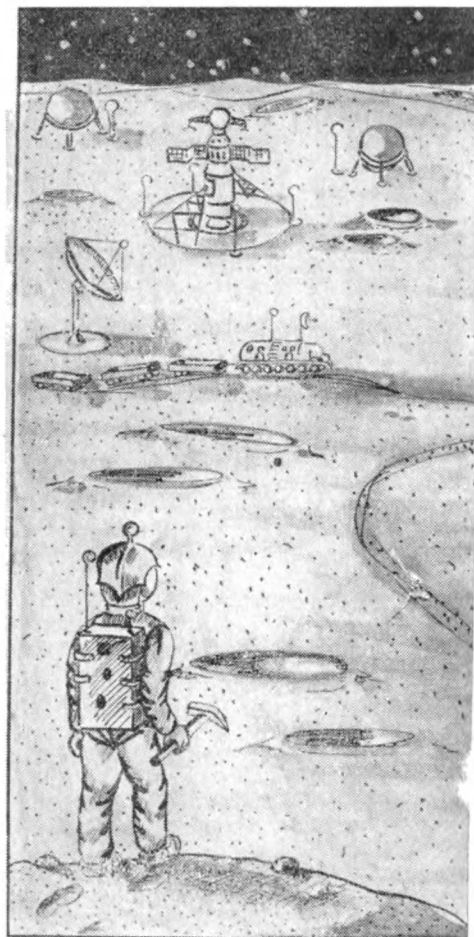
В отличие от гипотетических сфер Дайсона, предложенный О'Нейлом проект космической станции-колонии может быть в принципе реализо-

ван в ближайшие 30—50 лет. К этому проекту весьма серьезно отнеслись многие организации, в частности НАСА, занимающаяся осуществлением программы космических полетов в США.

По проекту О'Нейла, космическая станция-колония представляет собой замкнутую экологическую систему, полностью обеспечивающую себя энергией и почти полностью — технологическими материалами и сельскохозяйственными продуктами. Каждая колония может существовать почти независимо долгое время, не загрязняя окружающей среды и используя для своего развития лишь тот материал, который она будет добывать, например, на астероидах. Мы приведем здесь некоторые технические детали этого проекта, хотя, конечно, реальные колонии будущего могут отличаться не только в деталях.

Основной структурный элемент колонии — цилиндр, разделенный на шесть продольных секторов. Такой цилиндр может быть собран из продольных лонжеронов (например, стальных канатов) и кольцевых шпангоутов. Три его сектора делаются из прозрачного материала (солнечные окна), на трех других, чередующихся с ними, располагаются полезные площади (О'Нейл называет их долинами). Прозрачные секторы покрыты стеклом, а в основании долин имеется покрытие из титана и алюминия. Атмосфера внутри цилиндров обычного для Земли состава и давления.

Цилиндры должны вращаться вокруг своей оси с такой скоростью, чтобы центробежное ускорение на их внутренней поверхности было равно (или несколько меньше) земному ус-



корению силы тяжести. Требования к прочности конструкции, количеству используемого материала определяются именно тем, что надо обеспечить атмосферное давление внутри цилиндра и прочность по отношению к разрыву центробежными силами.

Цилиндры ориентируются в пространстве так, чтобы их основание было всегда направлено на Солнце. На обращенной к Солнцу торцевой части цилиндра расположена солнечная электростанция. Ее мощность 120 кВт в расчете на одного человека.

При разработке проекта О'Нейл особое внимание уделял проблеме создания на астроинженерных сооружениях условий, максимально прибли-

■ Добыча лунного материала, необходимого для строительства космических станций



женных к нормальной жизни на поверхности планет.

Прозрачные секторы снабжены подвижными ставнями-зеркалами. Когда окна открыты, ставни отражают солнечный свет внутрь цилиндра. Меняя угол наклона ставен, можно менять количество отраженного солнечного света и таким образом создавать иллюзию постепенного изменения освещенности в течение дня. На «ночь» ставни закрываются. В колониях возможна не только регулярная смена суток, но и столь же регулярная смена времен года.

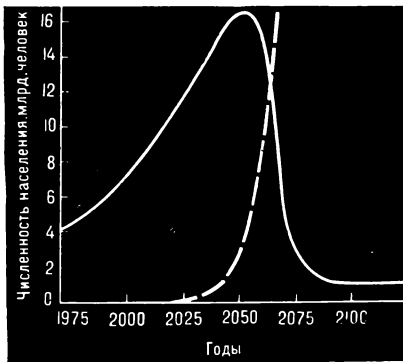
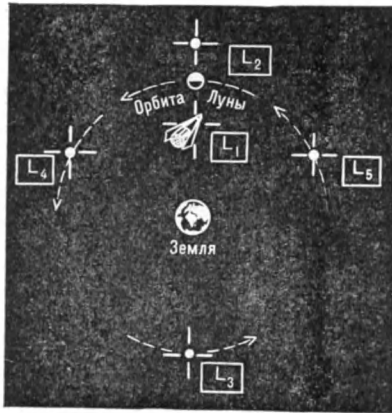
Непрозрачные секторы — долины — покрыты слоем грунта толщиной около полутора метров. Здесь может быть даже создан холмистый пейзаж. Можно сделать так, что с поверхности одной долины не будут видны две другие. Диаметр цилиндров на-

столько большой, что свет, рассеиваясь в воздухе, порождает иллюзию голубого неба. В атмосферу цилиндров можно добавить водяной пар такой концентрации, что появятся облака и пойдет дождь. Микроклимат внутри цилиндров зависит от вкуса населения.

Поверхности долин застраются жилыми домами, их будут окружать сады и парки. Здесь можно заниматься земными видами спорта и придумывать новые, используя специфику космических станций. Индустриальные и сельскохозяйственные площади будут вынесены в отдельные районы или на специальные сооружения, воздвигнутые с учетом требований максимальной эффективности технологических процессов и наибольшей экономии в выращивании сельскохозяйственных культур.

Наряду с «нормальными» условиями жизни, население станции будет избавлено и от многих неприятных сторон жизни на Земле. Например, значительно облегчится решение транспортных проблем. Внутри станций почти не будет трудностей с транспортировкой энергии, грузов и перемещений человека. Транспортировка между различными станциями столь же несложная. В научных лабораториях могут быть созданы условия эксперимента, не достижимые на Земле. Максимально упрощится проблема удаления или использования отходов производства.

По мнению О'Нейла, уже сейчас можно реально обсуждать последовательное строительство четырех моделей космических колоний. Он предлагает следующие сроки для их сооружения, которые, однако, кажутся



Расположение точек Лагранжа на лунной орбите. В этих точках планируется сборка станций-колоний конструкции О'Нейла. Наиболее устойчиво положение станций в точках L_4 и L_5 .

Изменение численности населения на Земле (сплошная линия) и в космических колониях (пунктир). О'Нейл считает, что население колоний будет постоянно расти, а численность населения на Земле — уменьшаться и примерно к 2100 году станет меньше 2 млрд. человек

нам чересчур оптимистическими: 1988, 1996, 2002 и 2008 годы.

Первая модель могла бы иметь радиус 100 м и длину 1 км, период вращения 21 с. В подобном сооружении разместится около 10 тыс. человек. Основная задача этой колонии — разработка и создание следующей модели с внутренней поверхностью, в 10 раз большей (размеры увеличиваются примерно в 3,3 раза). Затем еще дважды площадь колонии возрастет в 10 раз, и конструируется четвертая модель диаметром 6—7 км, длиной цилиндров 30—40 км. Период ее вращения около двух минут. В колониях четвертой модели должны постоянно жить до 20 млн. человек. Каждая колония может представлять собой отдельное государство. О'Нейл полагает, что через 30—40 лет до 90% земного населения переселится в колонии.

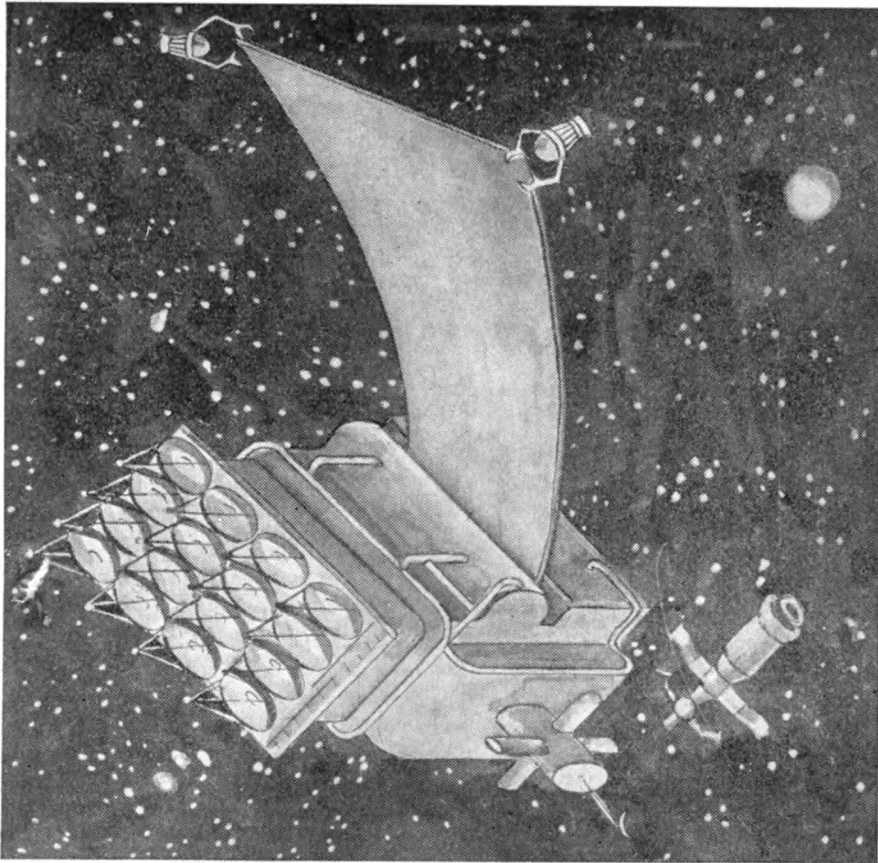
Астроинженерные конструкции, по мнению О'Нейла, лучше всего поместить в точках Лагранжа на орбите Луны. Это не только обеспечивает устойчивость положения станции в пространстве, но и облегчает транспортировку с поверхности Луны материалов для их постройки. Существует пять лагранжевых точек. Наиболее устойчиво положение станции в двух точках, расположенных так, что станция, Луна и Земля образуют равносторонний треугольник.

О'Нейл предлагает 98% материала для постройки колоний взять с лунной поверхности, поэтому выгоднее их строить из алюминия и стекла: соответствующих химических элементов на Луне много. С Земли следует привезти только машины, некоторое оборудование, жидкий водород (кис-

лород на Луне есть). Понадобится доставить с Земли на место сборки станции около 4000 т оборудования и 5400 т жидкого водорода. Разумеется, с Земли придут и 2000 строителей этой колонии.

О'Нейл считает, что на создание первой колонии потребуется около 30 млрд. долларов (по курсу 1972 года), что примерно равно стоимости всей программы «Аполлон». Из них только 8,5 млрд. долларов понадобится для того, чтобы перевезти свыше 400 000 т материала с поверхности Луны в место сборки станции. Доставка людей с Земли потребует 2,2 млрд. долларов, их зарплата (из расчета 20 тыс. долларов в год для работающих на Земле и 50 тыс. долларов в год для работающих на орбите) составит 7,8 млрд. долларов. Правда, сейчас все эти оценки кажутся преуменьшенными в несколько раз, может быть, реальная стоимость проекта раз в десять больше, но она все же в пределах доступных в настоящее время затрат.

Стоимость сооружения второй модели всего на 10% превзойдет первую, несмотря на десятикратное увеличение полезной площади. Дело в том, что сборка станции на уже функционирующей первой модели значительно упрощает и облегчает все работы. Вторую модель можно строить из лунного материала, но для сооружения третьей и четвертой моделей удобнее использовать вещество астероидов. Стоимость астроинженерных сооружений может расти медленнее, чем увеличиваются их размеры.



ПОИСКИ АСТРОИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Можно ли астрономическими методами наблюдений обнаружить астроинженерную деятельность внеземных цивилизаций? Вероятно, на том этапе, когда внеземная цивилизация начинает такую деятельность (как будет на Земле через несколько десятилетий), это трудно сделать, но на тех этапах, когда космос будет заселяться, внеземная цивилизация должна проявить себя таким образом, что удаленный наблюдатель «увидит» ее.

Астроинженерные конструкции представляют собой твердые тела,

температура которых не превышает 1000 К. Если такая конструкция собрана из сверхпроводящих материалов, то ее температура значительно ниже, она может быть даже близкой к температуре реликтового фона (около 3 К). Очевидно, что астроинженерная конструкция должна излучать тепловую энергию, и если спектр этого излучения близок к планковскому, то максимум спектра попадает в интервал от 2 мм (при температуре 3 К) до 7 мкм (при температуре 1000 К). Наиболее вероятно, что максимум спектра находится около 20 мкм, что соответствует температуре около 300 К.

Если внеземная цивилизация уже расселилась в окружающем центральную звезду пространстве и ее астроинженерные конструкции настолько велики, что перехватывают значительную часть оптического излучения звезды, то на месте цивили-

зации наблюдатель увидит инфракрасный источник со светимостью порядка солнечной.

В настоящее время известно много инфракрасных космических источников, максимум спектра которых лежит в диапазоне 3—7 мкм, а светимость — порядка солнечной. Как правило, их можно объяснить «естественным образом». К таким источникам принадлежат, например, протозвезды и звезды-гиганты с очень протяженными оболочками. Особенно интересен класс звезд-коконов. Их инфракрасное излучение обязано рассеянию и переизлучению света звезд на твердых частицах космической пыли, находящихся в окрестностях звезды. До сих пор ни в одном случае не было получено каких-либо данных, указывающих на искусственное происхождение инфракрасного излучения в каком-либо источнике. И все же один источник мы хотели бы выделить.

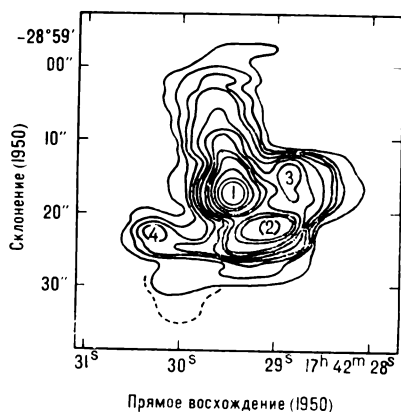
Давно известно существование инфракрасных источников в центре нашей и других галактик. Г. Рике и Ф. Лоу в 1973 году составили детальную инфракрасную карту центральной области Галактики. Они обнаружили пять источников, из которых один, самый интенсивный, расположен точно в центре Галактики. У всех источников спектр тепловой, причем у четырех из них, в том числе у центрального, температура равна 250—300 К, и только у одного источника температура выше — примерно 2000 К.

По величине потока и температуре излучения определили размер центрального источника — он оказался близким к 500 а. е. (его угловой поперечник равен 0,05"). В этой же

■
Космическая печь для выплавки листов алюминия из лунного материала



ИПОТЕЗЫ
ДИСКУССИИ
ПРЕДЛОЖЕНИЯ



области наблюдался и радиоисточник с угловым размером $0,02''$. Инфракрасная светимость источника в самом центре Галактики примерно равна 10^6 светимостей Солнца.

Согласно современным представлениям, в самом центре Галактики, по всей вероятности, имеется черная дыра с массой порядка 10^6 солнечных или даже больше. Можно ли ожидать существование внеземных цивилизаций в таких экстремальных условиях? Оказывается, астроинженерная конструкция размером порядка километров способна противостоять приливным силам в окрестности черной дыры массой около миллиона солнечных. А взаимодействие с черной дырой может дать многое для цивилизации. Например, станет возможным путешествие в будущее

Карта изофот инфракрасных источников, расположенных вблизи центра Галактики. Почти точно в центре находится самый мощный источник (1)

(И. С. Шкловский «Вселенная, жизнь, разум». М., «Наука», 1976, с. 309).

Поиск искусственных инфракрасных источников продолжается, но не будет ли проявляться астроинженерная деятельность в оптическом или радиодиапазонах? Конечно, обитаемые космические станции-колонии могут светиться, подобно большим городам на Земле, однако даже с расстояния ближайшей звезды нет никакой надежды увидеть этот свет. В то же время представляется вполне возможным обнаружить экранирующее действие больших астроинженерных конструкций. Такие конструкции экранируют свет и радиоизлучение центральной звезды или оптическое и радиоизлучения далекого фона (например, Млечного Пути). Возможно также, что в этих диапазонах удастся обнаружить проявление индустриальной деятельности внеземных цивилизаций. Вполне допустимо, как полагает Ч. Андерсон, что при очень высоком уровне технологии в атмосферах звезд будут созданы астроинженерные конструкции с сильным магнитным полем, защищающим их от прогрева горячим газом.

На Солнце наблюдаются большие «вкрапления» холодного газа внутри горячей короны. Например, температура газа в протуберанцах меньше $10\,000\text{ K}$, а в окружающей их короне температура больше миллиона градусов. Протуберанцы могут существовать месяцами, и они надежно защищены от прогрева со стороны короны магнитным полем. Как известно, в разрабатываемых проектах термоядерных установок магнитное поле защищает стенки установки от высо-

кой температуры плазмы внутри них. Правда, астроинженерные сооружения в звездной атмосфере придется защищать и от прогрева излучением звезды, но это можно сделать с помощью идеально отражающих зеркал. Размеры подобных конструкций должны быть невелики — порядка 100 м , так как большие сооружения не выдержат сильного гравитационного поля. Массы конструкций — порядка сотен и тысяч тонн, а магнитные поля, необходимые для теплоизоляции и поддержания конструкции, — около 10^3 — 10^4 Гс .

Может быть, некоторые внеземные цивилизации решили, что такие астроинженерные конструкции позволят им с большей выгодой извлекать энергию из звезд или получать нужные им химические элементы. Поэтому Ч. Андерсон предлагает искать проявления астроинженерной деятельности у пекулярных магнитных звезд класса Ap, которые отличаются странными аномалиями химического состава.

Многим исследователям проблемы SETI астроинженерная деятельность представляется неизбежным этапом в развитии цивилизаций. Именно поэтому для всей проблемы SETI наряду с поиском информационных сигналов очень важно обнаружение любых проявлений астроинженерной деятельности.

Рисунки Т. Волгиной



Профессор
В. Н. СТЕПАНОВ

Мировой океан — людям XX века

«ПРИГЛАШЕНИЕ» В КОСМОС

Никогда перед человечеством не возникало такого большого количества сложнейших проблем глобального масштаба, как в наше время. Резко обострились взаимоотношения между человеком и природой. Крайне усложнилась проблема обеспечения людей продуктами питания, а промышленности — сырьем.

Около тысячи лет назад на нашей планете жило всего 250—300 млн. человек. К началу XX века население земного шара увеличилось приблизительно в 5 раз, а сейчас на Земле живет уже 4 млрд. человек. Эксперты Организации Объединенных Наций полагают, что за последнюю четверть нашего века население планеты увеличится до 6,5—7 млрд.

Подсчеты показали, что при современных темпах развития промышленности минеральные богатства будут исчерпаны сравнительно быстро. Потребляются они человеком в миллионы раз быстрее, чем образуются и накапливаются в недрах Земли. Правда, открываются все новые и новые месторождения, но общее количество полезных ископаемых на суше все же довольно ограничено. В поисках решения всех этих вопросов выдвигаются всевозможные идеи и предложения. Из них самыми удивительными и странными нам кажутся проекты «бегства с Земли», которым уделяет большое внимание иностранная печать. Например, Д. О'Нейл предлагает переселить большую часть жителей нашей планеты в космическое пространство вблизи Луны. Технически проект американского ученого может быть осу-

ществлен и принципиально нет никаких сомнений в том, что люди смогут жить в космических летающих, лунных и других инопланетных городах, но лишь для освоения внеземных пространств на благо всех жителей Земли.

В летающих городах появятся научные лаборатории для изучения Космоса и его влияния на природу Земли. В такие города можно переместить промышленное производство, отрицательное воздействие которого невозможно нейтрализовать в земных условиях.

Инопланетные города будут использоваться для тех же целей, что и летающие научные обсерватории. В еще большей степени они окажутся необходимыми для разработки полезных человеку веществ других планет и переработки их в концентраты, упрощающие транспортировку на Землю. Есть ли другие возможности обеспечить бурно растущее население планеты необходимыми средствами существования? Несомненно, и притом немало.

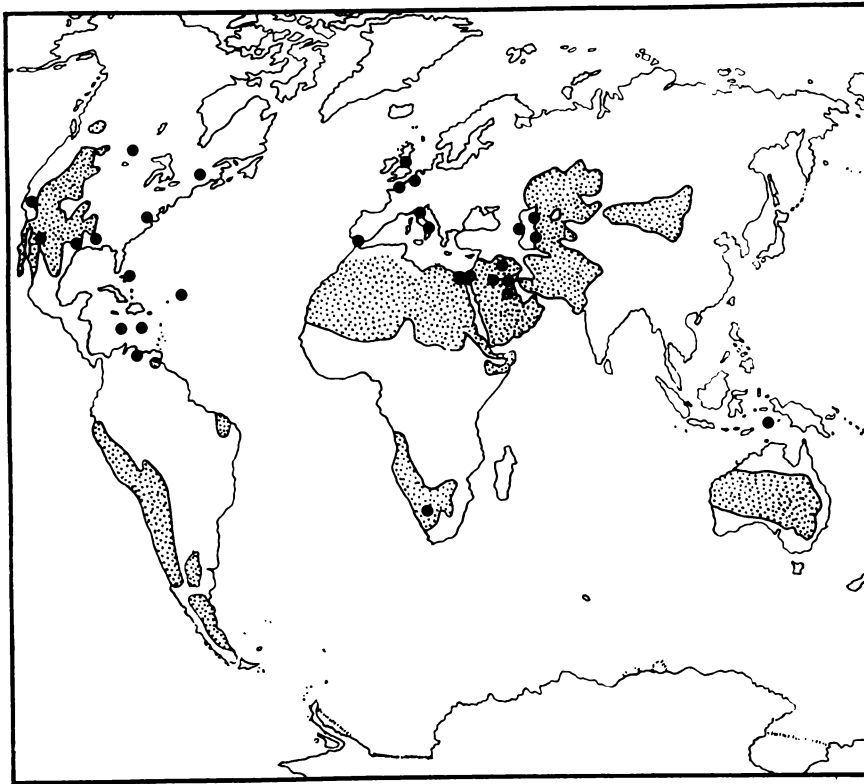
Совершенно особую роль должен сыграть в будущем человечества Мировой океан. В нем содержится огромное количество пищевых, минеральных и энергетических ресурсов. При рациональном их использовании и искусственном воспроизводстве богатства океана почти неисчерпаемы.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ МИРОВОГО ОКЕАНА

Из общей массы всего того, что человек в настоящее время получает из океана, $\frac{3}{4}$ приходится на долю

биологических продуктов — рыбы, беспозвоночных, морских водорослей и др. Из всех биологических объектов особенно большое значение имеет рыба. Улов рыбы составляет 85% продукции всего морского промысла, беспозвоночных (моллюски, ракообразные и иглокожие) — 8%, млекопитающих — 4%, прочих океанических животных — 1%, водорослей — 1%.

В последние годы мировая добыча рыбы достигла 60—70 млн. т в год. Однако она должна существенно возрасти, так как в сфере добываемой морской продукции должны оказаться и другие виды животных и организмов. Специалисты подсчитали продуктивность одного гектара поверхности моря и самых плодородных пастбищ на суше — получилось соотношение 2 : 1. Действительно, из Мирового океана человек добывает далеко не все продукты. Например, беспозвоночные, которых там в несколько раз больше, чем рыб, и мясо которых значительно калорийнее, еще не стали объектом регулярного промысла. Или морские водоросли. Эти «дары моря» содержат белки, жиры, углеводы, многие минеральные соли и витамины. В некоторых странах Азии в пищу употребляются около 60 видов различных водорослей. Их едят в свежем, вареном и сушеном виде. Водоросли — хорошее удобрение почв и ценнейшее сырье для пищевой, текстильной, химической и некоторых других отраслей промышленности. В дальнейшем морские растения должны стать важнейшей кормовой базой развития животноводства.



Несмотря на огромное значение биологических ресурсов океана, используются они еще мало. Добыча рыбы и других водных организмов в основном еще носит характер морской охоты. Лишь некоторые виды рыб, моллюсков и ракообразных разводят искусственно. На морских фермах выращивается только около 6% биологических продуктов от всей массы, даваемой морскими промыслами. В будущем морские фермы должны сыграть большую роль в обеспечении человечества высококачественной и разнообразной пищей. Например, уже сейчас на морских фермах у побережья Бретани выращивается 100 т лосося — цифра хотя и небольшая, но она в 6,5 раз больше того, что удается выловить французским рыбакам. В США на морских фермах также выращивают лососей, langoust, устриц, креветок. Япония добывает 450 тыс. т рыбы,

■ Засушливые районы земного шара (показаны точечной штриховкой) и распределение опреснительных установок (зачерненные кружки)

моллюсков и ракообразных, что составляет 6% всех «даров моря» этой страны.

ОКЕАН — ИСТОЧНИК ПРЕСНОЙ ВОДЫ

Недостаток воды уже начали ощущать не только засушливые зоны, но и многие другие территории. Ведь наряду с возрастающими потребностями в пресной воде увеличиваются темпы ее загрязнения промышленными отходами. Рекам и озерам уже трудно выполнять две противоположные функции — быть источниками чистой воды и в то же время резервуарами для промышленных сбросов.

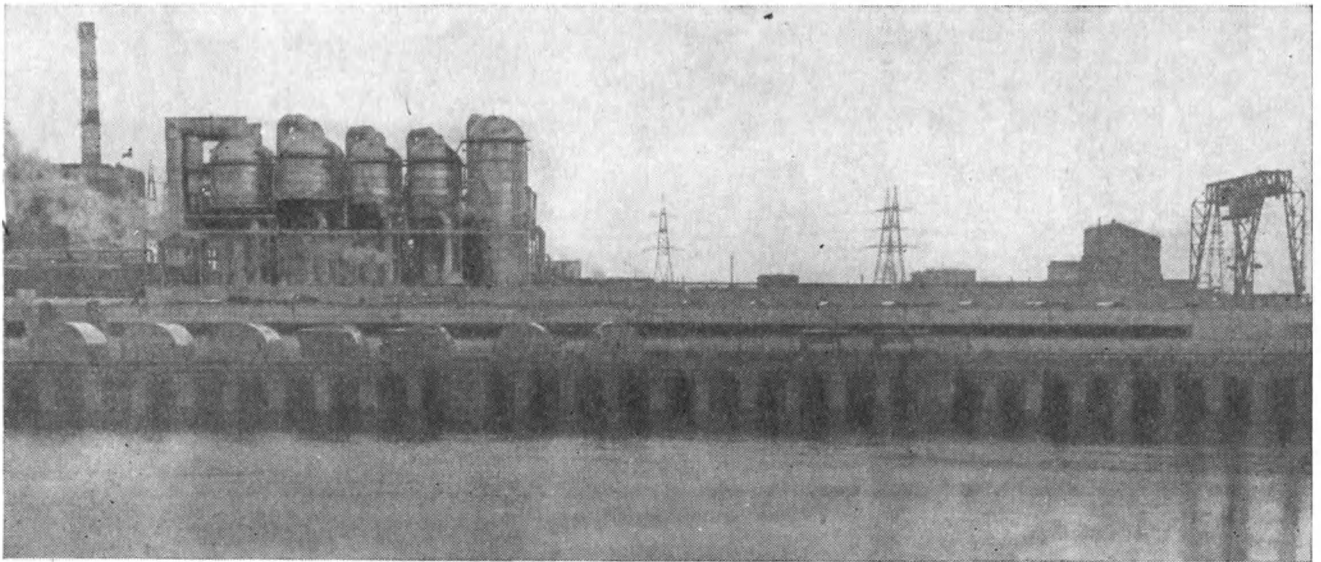
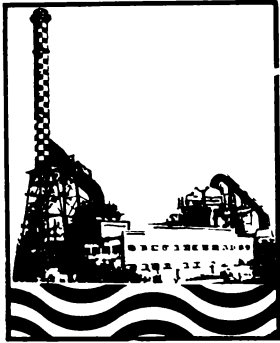
Несмотря на введение в ряде государств законов, запрещающих загрязнение вод, сброс промышленных и бытовых отходов продолжается (очистка их обходится очень дорого, и предприятия предпочитают платить большие штрафы). Сейчас в каждой стране с развитой промышленностью многие реки настолько

загрязнены, что в них гибнут растения и животные.

К 2000 году потребление воды должно повыситься примерно в 2 раза и достичь половины всех естественно восстанавливаемых водных ресурсов планеты. В настоящее время свободных резервов пресной воды нет. С дальнейшим же ростом населения и развитием промышленности расходы воды будут неукоснительно возрастать, что повлечет за собой еще большее загрязнение воды. Только переработка промышленных и сточных вод, а также охрана водных ресурсов позволят более рационально использовать имеющиеся запасы пресных вод («Земля и Вселенная», № 1, 1968, с. 39—44; № 4, 1976, с. 32—38.— Ред.).

В Советском Союзе ведется небольшая работа для объединения усилий различных стран в решении проблемы охраны и рационального потребления вод. В первую очередь это относится к странам СЭВ, которые осуществляют развернутую программу охраны природы и использования естественных ресурсов. Подписаны соответствующие соглашения с США, Францией, Англией, Италией и другими капиталистическими государствами. В некоторых странах, как например ФРГ, США, приняты специальные законы об охране вод.

В решении проблемы водного голода значительная роль отводится опресненным морским водам. Без опреснения они не могут быть использованы ни для питья, ни для промышленных нужд. Опреснение морской воды во многих районах проводится уже довольно давно. Например в СССР, город каспий-



ских нефтяников Шевченко, с населением свыше 50 тыс. человек, полностью снабжается опресненной водой. В будущем понадобятся высокопроизводительные комплексные предприятия, работающие на основе мощных атомных электростанций. Одновременно с выработкой энергии они будут давать большое количество пресной воды и солей, содержащихся в морской воде.

Общее количество растворенных веществ в Мировом океане достигает астрономической цифры — $5 \cdot 10^{16}$ т. Основную их массу составляют соли. Если бы удалось из морской воды извлечь всю поваренную соль (на ее долю приходится около 80% всех растворенных веществ),

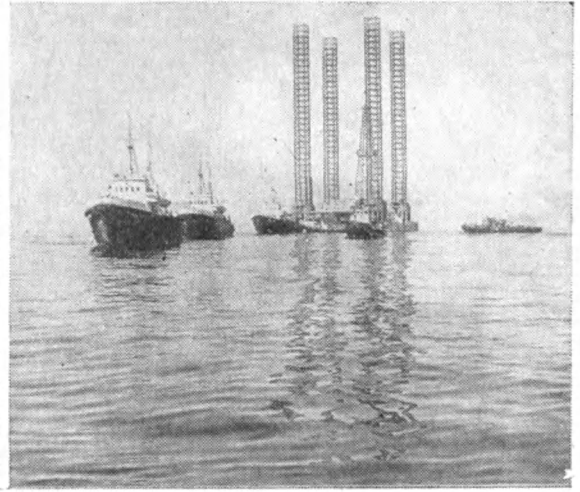
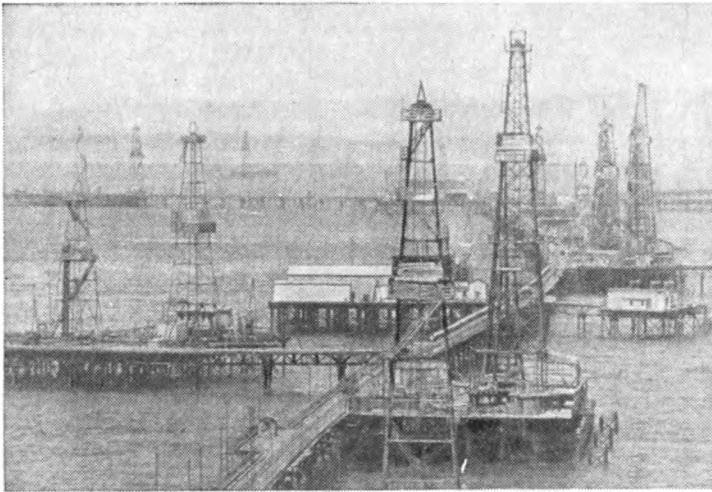
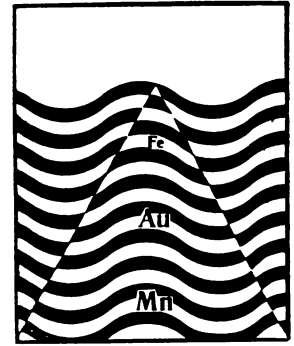
■
Опреснительные установки в городе Шевченко на Каспийском море

то она покрыла бы поверхность суши слоем в 150 м. Сейчас из морской воды получают хлористый натрий, магний, калий, бром и йод. Запасы химических веществ в водах Мирового океана неисчерпаемы. Они непрерывно пополняются в процессе планетарного круговорота минеральных продуктов, в результате выноса растворенных и взвешенных частиц с речным стоком, выпадения их из атмосферы с осадками и ветрового переноса пыли с суши, а также из космического пространства. Перспективы дальнейшего развития морской химии связаны с созданием комплексных предприятий, где минеральные продукты будут получать в процессе опреснения морской воды. Эти минеральные вещества послужат ценнейшим сырьем для различных отраслей промышленности.

Нередко выгоднее извлекать рассеянные элементы из водного раствора, чем перерабатывать горную породу. Поэтому использование химических ресурсов океана будет все время возрастать.

МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ОКЕАНА

Большие надежды возлагает человечество на морские месторождения полезных ископаемых. Богатейшие нефтяные источники обнаружены на дне Северного моря, в пределах материковой отмели Канады и в других прибрежных районах. Мировые запасы морских месторождений нефти оцениваются Геологической службой США в 15 млн. т, что составляет около 20% всех ее залежей на планете. Сейчас 40 государств добывают со дна моря нефть и газ. Предполагается, что в ложе Мирового

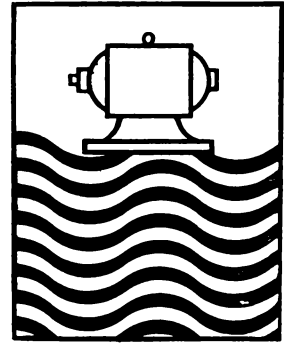


■
Нефтяные Камни на Каспийском море. Справа — буксируемые нефтяные вышки

■ Железомарганцевые конкреции

океана нефти в 3 раза больше, чем на суше. Но все же запасы нефти не безграничны. Допустимо ли, в таком случае, использовать нефть, а также газ, уголь, сланцы, лес и торф в качестве горючего? Ведь все это — химическое сырье для получения множества ценнейших продуктов.

За последние 30—40 лет из недр земли изъято около 40% угля, полученного за все время его добычи, 40—50% железа, 70—80% нефти и большая часть газа. По оценкам различных специалистов, разведанных запасов нефти может хватить лишь на ближайшие 50—100 лет; свинца, меди, олова, цинка, никеля, хрома, вольфрама, молибдена — приблизительно на 40—50 лет. Все увеличивающаяся потребность в техническом сырье будет в значительной степени удовлетворяться минеральными богатствами Мирового океана. Разработка



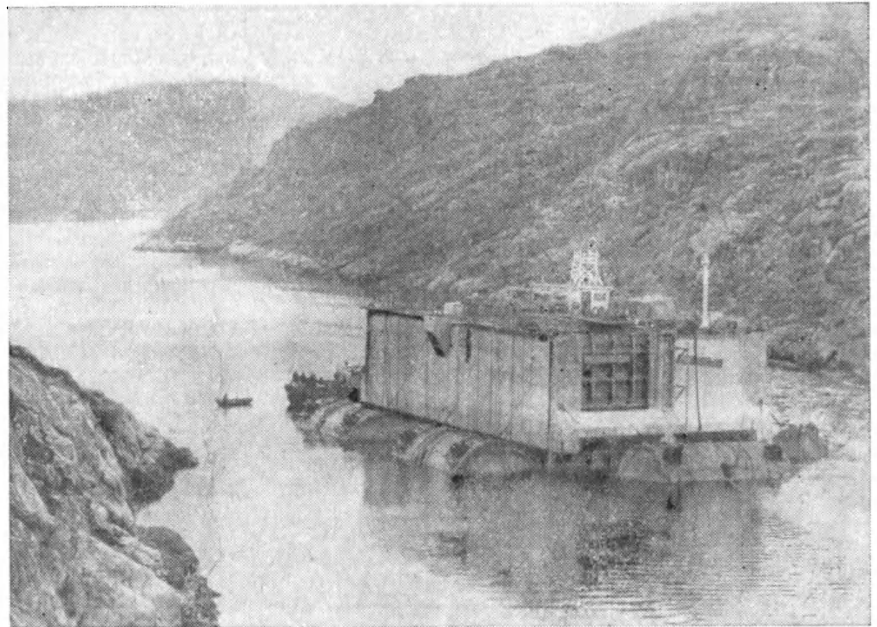
полезных ископаемых ведется сейчас лишь в прибрежной области.

Сравнительно недавно обнаружены огромные скопления железомарганцевых руд, залегающих непосредственно на поверхности дна в виде конкреций. Общие их запасы оцениваются в 300—350 млрд. т. По мнению французских специалистов, особенно перспективен район, расположенный в центральной части Тихого океана, где железомарганцевые конкреции покрывают площадь дна в 6 млн. км². Если отсюда извлечь только 40% этих руд, из них можно получить 16 млн. т кобальта, 65 млн. т меди, 85 млн. т кальция, 1700 млн. т марганца. Как это много, можно судить по тому, что на всю оставшуюся часть текущего века потребуется (по тем же расчетам) 1,2 млн. т кобальта, 30 млн. т никеля и 400 млн. т марганца. Поистине грандиозны запасы железомарганцевых руд в Мировом океане!

В ближайшем будущем следует ожидать бурного развития морской горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности. Вероятно, промышленными станут и те полезные ископаемые, которые скрыты километровой толщей морских вод.

МОРСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Дальнейшее развитие науки и техники, а также стремительный рост населения Земли требуют все большего увеличения выработки электроэнергии. За последние сто лет производство электроэнергии выросло почти в 100 раз. В ближайшее столетие потребление энергии на одно-



го человека должно повыситься примерно в 30 раз. Поскольку население планеты к этому времени увеличится в 2—3 раза, общий расход энергии должен возрасти почти в 90 раз. Существуют представления, что доля продукции атомных электростанций на земном шаре возрастет с 5% в настоящее время до 80% к 2000 году. Роль Мирового океана и здесь окажется значительной, поскольку в нем содержится огромное количество тяжелой воды, которая позволит обеспечить человечество энергией на многие миллионы лет («Зем-

■
Кислогубская приливная электростанция

Фото ТАСС

ля и Вселенная», № 3, 1969, с. 12—19.—Ред.). Источниками сырья для энергетики могут служить уран, радий и другие радиоактивные элементы, содержащиеся в морской воде. Например Япония, испытывающая острый недостаток энергетического сырья, начала эксперименты по извлечению урана из морской воды в промышленных масштабах. Опытная установка должна быть сдана через шесть лет. К 1990 году намечено добыть 2250 т урана, что составит 15% всего ядерного горючего, которое потребуется для атомных электростанций Японии.

Мировой океан обладает также и другими доступными и практически неисчерпаемыми видами энергии. Это, прежде всего, постоянно возоб-

новляемая энергия приливов. Общая энергия приливов, рассеиваемая в Мировом океане, оценивается в 1 млрд. кВт·ч в год. По данным экономической комиссии ООН, практически можно использовать $\frac{1}{3}$ энергии приливов, что составит около $\frac{2}{3}$ энергии всех рек планеты. Во Франции на реке Ранс приливная электростанция дает ток для промышленных целей. В нашей стране с 1968 года работает опытная станция вблизи Мурманска, у северного побережья Кольского полуострова намечено строительство станции мощностью в 340 тыс. кВт.

В Великобритании проводятся экспериментальные работы по использованию энергии волн. Первую такую электростанцию мощностью в 10 тыс. кВт намечено построить в 1986 году. Использование морских волн вполне удовлетворит потребности Англии в электроэнергии.

Освоение океана резко увеличит занятость людей. В большом количестве потребуются акванавты для морских ферм и различных видов морской промышленности. Одновременно будет решаться и проблема расселения людей. Появится множество морских городов. Особенно много таких проектов предложено японскими архитекторами. Действующая модель морского города Акваполис построена в 1975 году для Международной выставки ЭКСПО-75 («Земля и Вселенная», № 3, 1976, с. 77—80.—Ред.). Акваполис рассчитан на 2,5 тыс. человек, имеет ферму для разведения 20 видов рыб. Акваполис обошелся японскому правительству в 41 млн. долларов. Предложены проекты морских городов на 200—300 и 500 тыс. человек. Жители их будут работать на морских фермах, промышленных предприятиях по добыче и переработке морских минеральных ресурсов, на морских электростанциях. Японцев прельщает и антисейсмичность морских поселений.

Изучение и использование Мирового океана потребует объединенного усилия ученых разных стран.

ОСТАТКИ ВЗОРВАВШЕЙСЯ ЗВЕЗДЫ

В 1006 году средневековые наблюдатели повсеместно заметили появление новой звезды в созвездии Волка. После вспышки ее блеск довольно быстро уменьшился, и звезда стала невидимой. Летом 1976 года канадский астроном С. ван ден Берг, работая на 4-метровом телескопе Межамериканской обсерватории в Серро-Тололо (Чили), обнаружил остатки взрыва этой сверхновой звезды.

На снимках, сделанных в красных и синих лучах, в окрестностях Сверхновой 1006 года видна туманность. Она состоит из тонких нитевидных волокон. Туманность находится примерно в 10° к северо-западу от радиостанции — ядра взорвавшейся звезды.

«Astrophysical Journal Letters», 208, 1, 1976.

ВУЛКАНЫ НА ВЕНЕРЕ

Закончена обработка радарных изображений Венеры, полученных на 300-метровом радиотелескопе в обсерватории Аресибо. Наблюдения планеты проводились на волне 12,6 см. Среднее разрешение радарных изображений 22 км.

Составленная американскими радиоастрономами карта охватывает большую часть северного полушария

Венеры между 46 и 75° с. ш., вытянутую по долготе более чем на 80° . Эту область с севера на юг пересекает темноокрашенный «Северный бассейн». Его протяженность около 1500 км, а средняя ширина 1000 км. К «бассейну» примыкает местность, в которой видны светлые полосы. По мнению специалистов, полосы вполне могут быть ступенчатыми склонами метеоритного кратера. К юго-востоку от кратера находится светлый участок. Это, по-видимому, скопление породы, которая была выброшена при падении метеорита на поверхность планеты.

На северной границе «Северного бассейна» располагаются три светлых пятна. Одно пятно — депрессия Максвелла поперечником около 400 км. Два других объекта имеют меньший диаметр. Похоже, что эти светлые пятна образовались позднее «Северного бассейна», они имеют четкие границы и неправильные очертания. Происхождение пятен нельзя объяснить метеоритной бомбардировкой. Вероятно, они появились в результате вулканической деятельности.

«Science», 192, 4238, 1976.

МЕТЕОРИТЫ В АНТАРКТИКЕ

Свыше 1000 метеоритов обнаружили японские ученые на нескольких квадратных милях антарктического льда. Область, столь богатая находками метеоритов, расположена вблизи гор Ямато.

Образцы, каждый из которых весит свыше 12 фунтов (1 фунт=453,6 г), были собраны во время работы экспедиций 1969, 1974 и 1975 годов. Любопытно, что среди найденных метеоритов только один железный, хотя в музейных коллекциях железные метеориты так же многочисленны, как и каменные. Вероятно, при случайных поисках каменные метеориты привлекают внимание не больше, чем обломки обычной земной породы.

«Sky and Telescope», 52, 6, 1976.





ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Кандидат физико-математических
наук
А. И. ЕРЕМЕЕВА

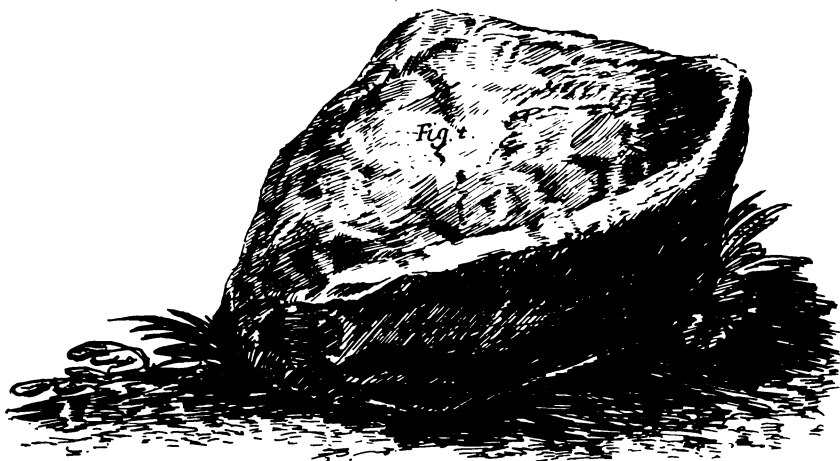
По следам Палласова Железа

ТАИНСТВЕННАЯ НАХОДКА

В мае 1977 года исполнилось 200 лет с того времени, когда после четырехлетнего пути из далекого Красноярска в Петербургскую академию наук поступила загадочная находка экспедиции академика П. С. Палласа (1741—1811). Это была железо-каменная глыба более полуметра в поперечнике, весившая 38 пудов, или около 620 кг (к моменту обнаружения вес ее превышал 40 пудов). Минералогов поражала ее структура: грубая «губка» из чистейшего ковкого железа была заполнена овальными и отчасти грановитыми зернами чистого до прозрачности желтоватого минерала, а снаружи кое-где сохранилась корка, похожая на железняк.

Паллас назвал свою находку «наиболее удивительной достопримечательностью минерального царства» Красноярского края, поскольку принял ее за редчайший по размерам «образец земного самородного железа, в существовании которого до тех пор вообще сомневались. Но дальнейшая судьба и научная роль находки Палласа оказались более удивительными, чем мог это предполагать он сам.

Таинственная глыба была открыта дважды. Впервые на нее случайно наткнулся инспектор Красноярских рудников, оберштейгер И. К. Меттих во время обследования небольшого железорудного месторождения, о котором сообщил в 1749 году местный житель, отставной казак Яков Медведев. Рудная жила выходила на поверхность близ вершины водораздельного хребта между притоками



Енисея Убеем и Сисимом, южнее самой высокой в этом районе горы Большой Имир (по-старому, Немир). Массивная глыба из железа, усаженная желтыми камешками, лежала на хребте метрах в трехстах от выхода жилы. Меттих оценил ее вес пудов в 30. Он удивился необычному виду глыбы и тому, что при ударе она издавала чистый металлический звон, но не принял активного участия в ее дальнейшей судьбе. Между тем Медведев, подозревая, что глыба может состоять из чего-то более благородного, чем железо, а также поддавшись уверениям местных «татар» (хакасов), что это, должно быть, «упавшая с неба святыня», с большим трудом перевез ее к себе в де-

ревню Медведево близ устья Убея. Не найдя ожидаемого и убедившись, что железо это не пригодно в хозяйстве, он утратил интерес к находке, и более двух десятков лет глыба пролежала у него во дворе. Здесь-то и увидел ее «татарский» солдат Якуб, когда в ноябре 1771 года возвращался в Красноярск из Абаканска, куда ездил по поручению Палласа. Якуб был в услужении у Палласа во время его экспедиции и с энтузиазмом помогал ученому в поисках диковинок минерального царства.

По небольшим образцам Паллас оценил редкость находки и тут же приказал доставить всю массу в Красноярск (за 220 верст от Медведева вниз по Енисею). Паллас уточнил через Медведева и Меттиха обстоятельства находки и в дальнейшем сам обследовал указанную местность. По его просьбе вещество глыбы срочно исследовал в лаборатории Барнаульского медеплавильного завода крупный специалист горного дела А. Ган

■
Рисунок железо-каменной глыбы, заимствованный из сочинения академика П. С. Палласа «Путешествие по разным провинциям Российского государства»



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Уже осенью 1772 года Паллас отправил в Петербург пудовый образец таинственного «самородка». Он же организовал и доставку в столицу всей массы (для чего в Академии наук учредили специальную комиссию).

РАЗГАДКА ПРИРОДЫ ПАЛЛАСОВА ЖЕЛЕЗА

В истории естествознания эта удивительная находка получила название Палласово Железо. Она дважды сыграла решающую роль в формировании новых представлений — сначала в минералогии, а затем и в науке о Космосе.

Уже к 80-м годам XVIII века Палласово Железо положило конец вековым спорам о существовании на Земле чистого металлического, «самородного» железа. Благодаря статьям Палласа, его письмам, рассылке образцов ученым Европы, факт обнаружения необычной глыбы получил широкую известность. Участились находки больших изолированных масс чистого металлического железа, быть может, порой не без влияния славы о Палласовом Железе. Однако оно продолжало оставаться самым загадочным среди этих самородков. Никакими известными земными причинами не удавалось объяснить его, казалось бы, несовместимые свойства.

Палласово Железо могло быть результатом плавки при высокой температуре. Но этому противоречили его ковкость и чистота минеральных включений. Ковкость терялась в горне, а шлак был бы непрозрачным, горелым. Наличие «шлака» в Палласовом Железе нельзя увязать и с предположением о том, что такое чистое

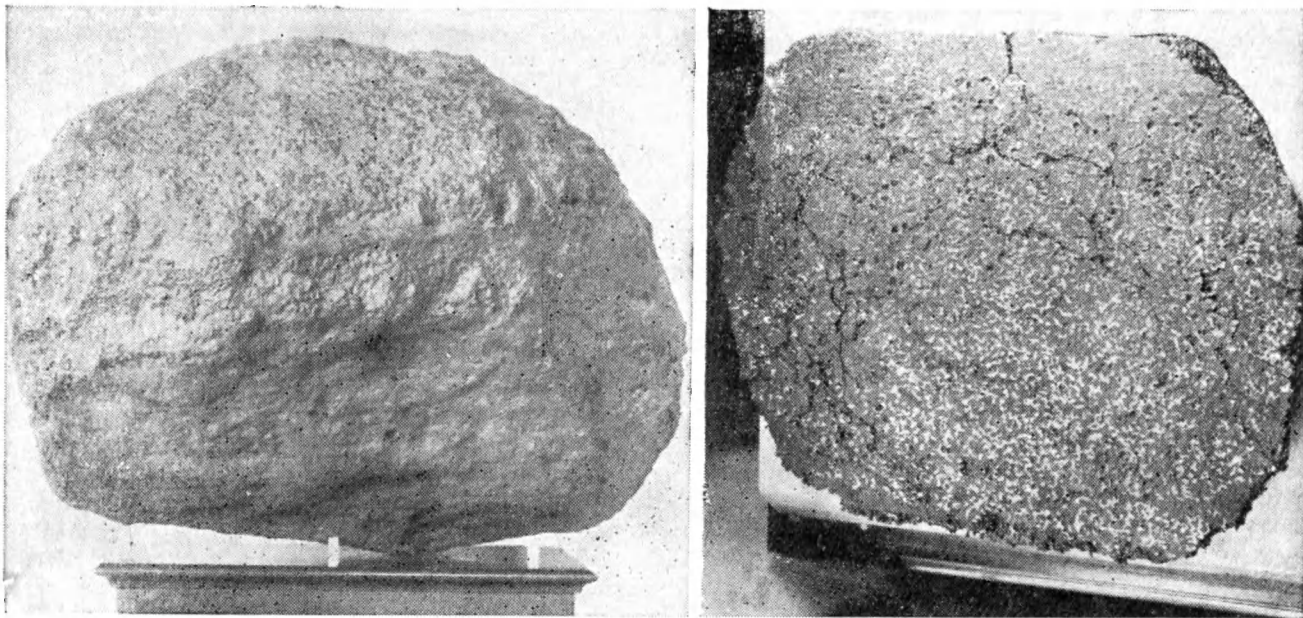
железо получено холодным способом, при котором шлак отжимается многократной проковкой. Третьему — осадочному происхождению самородного железа из раствора, равно как и выплавке его при лесном пожаре, не соответствовали необычно большие размеры глыбы. В районе обнаружения Палласова Железа нет следов старых вулканов, поэтому потерпела крах и вулканическая гипотеза. Отвергая все предыдущие гипотезы, Паллас высказал интересную мысль о том, что глыба могла быть выплавлена, но... в недрах самой Земли. В естественном происхождении ее он не сомневался. Но оставалась необъяснимой еще одна особенность — таинственная железистая корка, которая предохраняла глыбу от ржавления и, как догадывался Паллас, некогда должна была покрывать всю массу.

Правильное и совершенно неожиданное объяснение загадки Палласова Железа и других подобных находок дал спустя 20 лет германский физик Э. Хладни (1756—1827). Признанный «отец акустики» стал и родоначальником научной метеоритики, впервые соединив разрозненные идеи с тщательно проанализированными наблюдательными сведениями о болидах, падениях каменных и железных масс «с неба» и о находках загадочных глыб чистого железа вдали от железорудных месторождений. В своей книжке «О происхождении найденной Палласом и других подобных ей железных масс и о некоторых связанных с этим естественных явлениях», опубликованной в 1794 году, он утверждал, что болиды — небольшие космические тела, которые с

огромной скоростью врываются в атмосферу Земли и горят от трения о воздух. Несгоревшие остатки их, покрытые окалиной (корал), выпадают на поверхность земли в виде аэролитов и железных масс. Дальнейшее развитие наук — химии, минералогии, астрономии, а также более точные наблюдения, стимулированные бурными спорами вокруг сочинения Хладни, подтвердили его смелую гипотезу.

Палласово Железо оказалось первой находкой метеорита, космическая природа которого была разгадана, хотя никто не наблюдал его падения. Необычная и до сих пор не понятая до конца структура Палласова Железа сделала его родоначальником особого класса железно-каменных метеоритов — палласитов. После долгих споров, в 1867 году в Петергофе главная масса метеорита была распилена для выяснения внутренней структуры (о необходимости чего Паллас писал еще в 1777 году). Эта работа длилась более четырех месяцев, а последующая полировка одной стороны распила — четыре года. Еще раньше, в 1804 году, при исследовании образца Палласова Железа был открыт характерный признак метеоритного железа — видманштеттеновы фигуры.

На этом «приключении» Палласова Железа не закончились. В свое время утверждение его метеоритной природы зачеркнуло и теорию земного происхождения других подобных масс (особенно много сохранилось их с незапамятных времен на сухих высокогорных плато в Мексике). Все эти массы железа, схожие по составу, структуре и внешнему



виду, были причислены (и справедливо!) к метеоритам. Но в 1870 году у берегов острова Диско в Гренландии, в местности Овифак были открыты выступавшие из воды большие массы самородного железа, на земную природу которого указывали точно такого же состава включения в окружающих базальтовых скалах. Это вновь породило сомнения в космическом происхождении Палласова Железа: ведь и оно найдено поблизости от выхода железной руды. Однако сомнения были частично рассеяны красноярским горным инженером И. А. Лопатиным, который по просьбе Академии наук в 1873 году вновь обследовал район находки. Он не обнаружил самородного железа в рудной жиле, не нашел его отдельных кусков и в окрестностях жилы. Детальный анализ отчета Лопатина и старых сообщений Палласа, Меттиха и Медведева (вплоть до анализа эволюции минералогических терминов) провел в 1875 году хранитель Минералогического музея в Петербургской академии наук А. Ф. Гебель. В результате репутация Палласова Железа как метеорита была восстановлена. (Под влиянием этого, кстати, долгое время железо Овифака также ошибочно считали метеоритным.) Но окончательно

сомнения относительно природы Палласова Железа рассеялись после первого зарегистрированного падения палласита Марьялахти (Финляндия, 1902).

В 1973 году французский ученый И. Кантелоб исследовал «доземную» историю и оценил начальную массу Палласова Железа (по плотности в оливине следов солнечных космических лучей). Оказалось, что найденная глыба представляет собой всего десятую часть (ядро) первоначального метеорного тела. До встречи с Землей эта микропланетка около 20 млн. лет обращалась вокруг Солнца, а затем вторглась в земную атмосферу. За свое вторжение она «расплатилась» девятью десятилетиями массы, сорванными воздушной защитой Земли. В этом последнем своем полете многотонная масса должна была вызвать в атмосфере явление очень яркого болида. Но по-

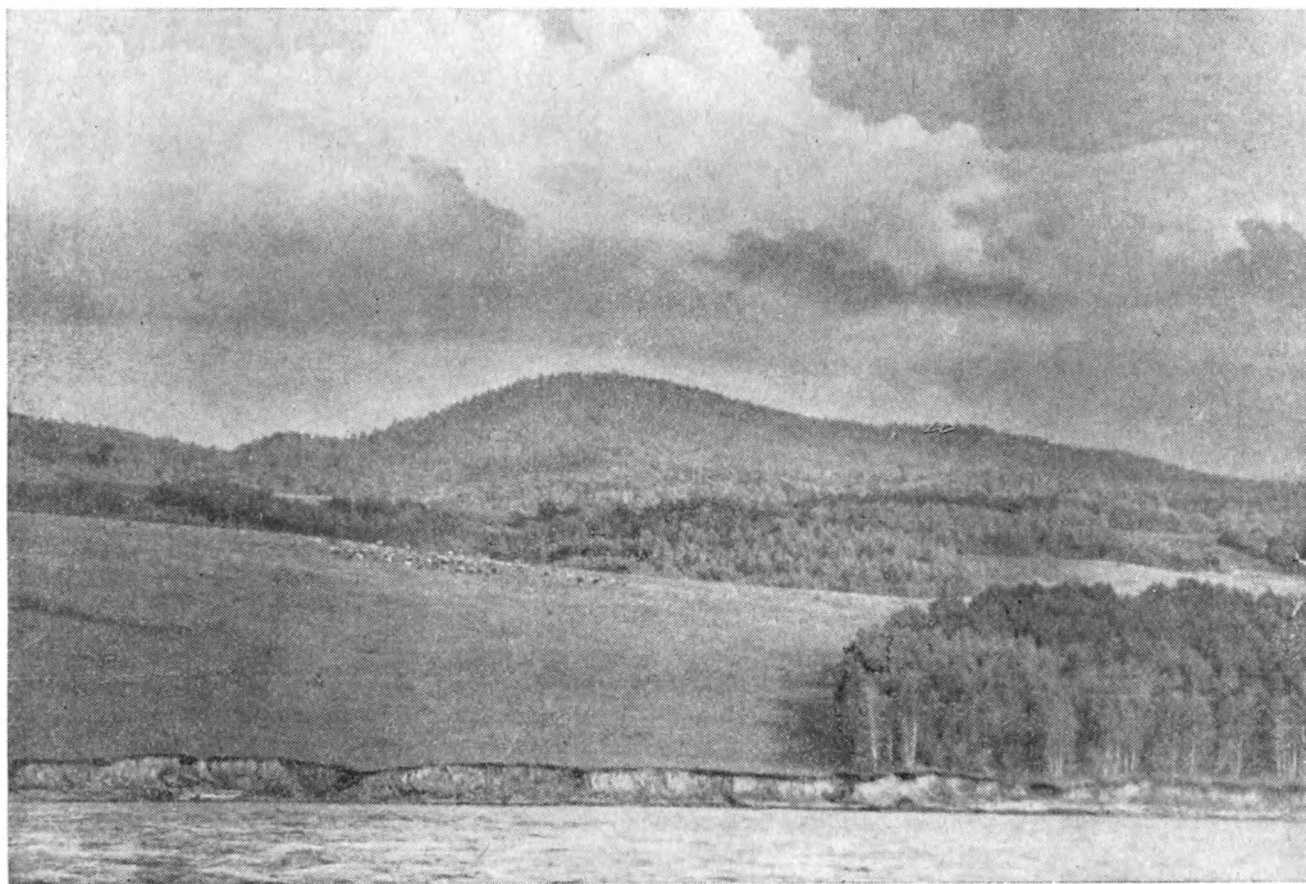
■
Гипсовая модель Палласова Железа, сделанная в 1867 году перед распиловкой метеорита

■
Одна из поверхностей распила Палласова Железа. Светлые детали — не покрытые ржавчиной части «железной губки»

скольку земной возраст Палласова Железа до сих пор не установлен, не известно, когда и кто мог наблюдать его полет. Не известно, с этим ли конкретным фактом связано толкование палласовой глыбы как «упавшей с неба святыни» или же с обычным для суеверных людей стремлением объяснять все непонятное влиянием «небесных сил». Так или иначе, но именно парадоксальным утверждением космического происхождения Палласова Железа было привлечено внимание к метеоритам, сообщения о которых долгое время считались выдумкой, а неопровержимые случаи объяснялись действием вулканов и бурь. Палласово Железо положило начало ныне одной из богатейших в мире коллекций метеоритов, принадлежащей Академии наук СССР.

ПАМЯТНИК МЕТЕОРИТУ

По инициативе местных краеведов и Комитета по метеоритам АН СССР Красноярский крайисполком Совета депутатов трудящихся принял 29 сентября 1976 года решение «Об установке памятных знаков на месте находки уникального метеорита — Палласово Железо». Один знак будет установлен на берегу Убей-



ского залива Красноярского водохранилища; второй — на месте обнаружения метеорита. Решено также ближайшую к месту находки бухту Убейского залива назвать Метеоритная.

Для подготовки соответствующих материалов, консультаций и согласования организационных вопросов в ответ на просьбу Красноярского отделения Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры (а фактически, и памятников природы) я была командирована

■
Берег Красноярского моря, где решено установить первый памятник метеориту. На заднем плане — сопка Большой Имир, за которой в глухой горной тайге был найден первый отечественный метеорит Палласово Железо

Фото Е. Ванслав

в августе 1976 года в Красноярск и в район рек Убей и Сисим. С участием красноярских краеведов и архитекторов было выбрано место для первого знака, а также материал — распространенный в окрестностях крупнозернистый розовый гранит. Памятник будет виден с «моря» на фоне величественного купола 900-метрового Большого Имира, в четырех километрах к югу от которого в глухой тайге был найден метеорит.

Но где именно? — Ни Меттих, ни Паллас, ни Лопатин не оставили на этом месте знака. Только описание примет. По словам Меттиха, «месторождение плотной железной руды, которая проходила в виде жилы (толщину ее Меттих оценил в 10 вершков, или около 50 см.— А. Е.) по небольшому скалистому уступу, спускавшемуся к северу», находи-

лось в четырех верстах от Убея, в шести — от Сисима и в 20 — от Енисея. Глыба, которую он называет «массивной железной крицей»*, лежала «на расстоянии около 150 лахтеров (горных саженей, то есть более 300 м.— А. Е.) от этого выхода руды к юго-западу в направлении ручья Убей, наверху, на хребте горы, поросшей лесом из красной и белой ели (сосна и пихта.— А. Е.), хотя и редким из-за случавшихся здесь лесных пожаров». Медведев независимо подтвердил, что глыба лежала «открыто на самом высоком месте горы, совсем одиноко и свободно, даже не приросши и не будучи окружена никакими другими обломками скал или булыжниками».

* Так называли неочищенный от шлака полуфабрикат, получавшийся при «прямой» выплавке железа из руды.



ИЗ ИСТОРИИ
НАУКИ

Меттих отметил, что жила пролегла в «плотной роговистой горной породе серого цвета (гранит. Термин еще не был введен.— А. Е.), из которой, по-видимому, состояла и вся гора». «Сама железная руда,— писал Паллас,— представляет собою плотную... руду квикштейн * сине-черного цвета, дающую кое-где красный налет и обладающую весьма слабыми магнитными свойствами**».

По этим признакам и старым разведочным шурфам через сто лет после Палласа место находки попытался отыскать И. А. Лопатин. Он более точно указал, где выходит руда: между верховьями рек Идшат (приток Убея — Малый Ижат), Граничной (в некоторых публикациях ошибочно названа Драничной) и Угловой (приток Сисима), не более чем в версте от главного водораздела. Лопатин также отметил, что искомый отрог водораздельного хребта, на северном уступе которого выходит жила, обрывается отвесными скалами к верховьям Ижата.

В начале августа 1976 года, волею случая почти точно через сто лет после Лопатина, была предпринята новая попытка пройти к району находки Палласова Железа. В нашу группу из четырех человек входили кроме меня архитектор Новоселов-

ского района И. П. Иванова и представители Красноярского политехнического института — преподаватель физкультуры Р. Н. Болховский и студент К. С. Дынюш. Неоценимую помощь оказал нам краевед Е. И. Владимиров, который помог найти карту местности.

Располагая этой не точной в деталях картой (1 : 400 000) и литературными сведениями XVIII и XIX веков, наша группа за четыре дня совершила следующий разведочный поход. От «подпора» у реки Можар, где нынешний Убей впадает в залив Красноярского водохранилища (сюда нас доставил катер), мы прошли километров шесть по извилистому Убею, не раз переходя вброд быструю и весьма полноводную в это время реку. Дорога пролежала большей частью в густой, выше человеческого роста траве. Затем около десяти километров вверх по прозрачному таежному ключу Малый Ижат. В его верховьях действительно встретились нам отвесные серо-розовые скалы. Однако на карте верховья были указаны неточно. Ключ разбился на множество ручьев в болотистой местности, и сразу найти интересовавший нас отрог не удалось. К вечеру третьих суток поднялись на водораздельный хребет. Но тайга в этих местах настолько густая, что даже с хребта оказалось невозможным отождествить нужный отрог. Для поисков места выхода руды необходима более длительная экспедиция (5—10 дней). Время, которым мы располагали, истекло. Поэтому решено было спускаться к Сисиму, на северо-восток. Без труда дошли по довольно крутым склонам сопок

до начала одного из его притоков (это был ключ Граничный), который привел нас к «подпору» Сисима. В этом месте расстояние между Убеем и Сисимом около четырнадцати километров по прямой. В устье ключа мы увидели старую охотничью избушку, где по таежному обычаю путника ожидал запас еды и дров. Пришедший катер доставил нас домой. Первая разведка окончилась.

Наша экспедиция не разыскала место находки Палласова Железа, но мы установили более простой путь туда — от Сисима, по ключу Граничному. Дальнейшие поиски облегчаются отчасти указанием в книге А. Г. Вологодина «Тубино-Сисимский район» (Л.— М., Госнаучтехгеолразведиздат, 1932), что выход руды (магнетита) в четырех километрах к югу от Большого Имира — единственный на большой территории и не имеет промышленного значения (вот почему он не разрабатывался при Меттихе!). Еще большую помощь могли бы оказать детальная карта, а также план местности, снятый Лопатиным. Есть надежда разыскать этот план в Ленинградском отделении Архива Академии наук СССР.

Побывав в непосредственной близости от места находки Палласова Железа, мы ощутили в полной мере и ее редкость, и трудность вывоза такой массивной глыбы из горной тайги, и самоотверженность людей, сохранивших метеорит для науки. Памятник первому разгаданному на Земле космическому «пришельцу» (или, скорее, пленнику) — метеориту Палласово Железо, с которого началось непосредственное изучение веземного вещества, будет прежде

* Старое название нетвердого легкоплавкого железняка.

** П. С. Паллас. «Путешествие по разным провинциям Российского государства» (первое издание на немецком языке). Спб., 1776, с. 411—417.

всего памятником человеческому неравнодушию, наблюдательности, упорству и научной интуиции.

Мое путешествие по следам Палласова Железа закончилось в Барнауле, из которого весной 1775 года метеорит отправили в Петербург. В Барнаул глыба, весившая к тому времени 39 пудов 18 фунтов, была доставлена весной 1773 года по указу всеисильной Канцелярии Колывано-Воскресенского горного начальства, подчинявшейся непосредственно царскому Кабинету. Когда Палласово Железо начало свой путь в столицу, его масса составляла уже

38 пудов, поскольку оно было отправлено лишь «по вынятии частицы для местной лаборатории», как писал из Барнаула в Академию наук коллежский советник И. Леубе. Мои попытки напасть на след этой полторапудовой «частицы» оказались безуспешными, хотя благодаря помощи работников архива Алтайского края мне за два дня удалось переворошить не один десяток переплетенных в грубую мешковину и, увы, уже рассыпающихся фолиантов протоколов и других дел упомянутой канцелярии. Старые материалы частично погибли в начале века от пожара и от наводнения при разливе маленькой реч-

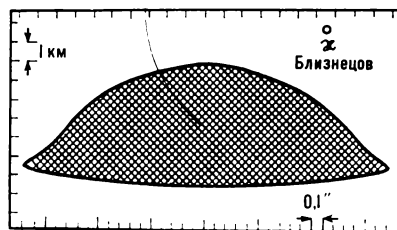
ки Барнаулки, соседствующей с архивом.

Ни в архиве, ни в Краеведческом музее Барнаула никаких сведений о пребывании в городе главной массы Палласова Железа или его образца не сохранилось. Позднее в Москве из статьи Г. Хоппе, сотрудника Музея естествознания при Университете имени А. Гумбольдта (Берлин), я узнала о передаче в 1803 году в дар Берлину коллекции русских минералов, в числе которых был «большой кусок Палласова Железа». Не барнаульский ли? — подумалось мне. Изучение истории первого отечественного метеорита продолжается.

ФИГУРА ЭРОСА

С августа 1974 по май 1975 года условия для наблюдения астероида Эрос были самыми благоприятными. 23 января 1975 года, в день великого противостояния, Эрос отделяли от Земли менее 23 млн. км.

Удобным расположением планеты воспользовались астрономы. Р. Юргенс и Р. Голдстейн (США) выполнили радиолокационные наблюдения Эроса на длинах волн 3,5 и 12,6 см. По их данным, тело астероида представляет собой трехосный эллипсоид вращения. Концы его конусообразные или заостренные. В ультрафиолетовом диапазоне Эрос исследовали Р. Миллис и Дж. Данлэп (США). Они считают, что астероид имеет форму цилиндра с закругленными концами. Наблюдая покрытия Эросом звезды κ Близнецов, американский астроном Б. О'Лири пришел к выводу, что фигура астероида, возможно, напоминает колокол.



Немалые расхождения возникли при определении размера астероида. Судя по данным всех наблюдений, длина трех его осей составляет 13, 15 и 36 км (с точностью ± 1 км). Параметры вращения этого небесного тела измерены достаточно уверенно. Несколько исследователей независимо друг от друга установили, что эклиптическая долгота его полю-

■ *Возможные очертания астероида Эрос, полученные из наблюдений покрытия Эросом звезды κ Близнецов*

са вращения около 16° , а эклиптическая широта — примерно $+11^\circ$. Сидерический (звездный) период вращения Эроса равен 0,219599 суток (5 сут 16 мин 13,4 с).

Согласно радиолокационным наблюдениям, Эрос более изрыт, чем Луна. Поверхность астероида сплошь состоит из углублений и выступов. Судя по радиометрическим наблюдениям, реголит Эроса очень пористый. Поляризационные измерения свидетельствуют, что астероид покрыт пылевым слоем.

На астероиде обнаружено железо и пироксеновые силикаты. Однако установить точное соотношение между содержанием железа и силикатов не удалось. По-видимому, оно находится в пределах 15—50%. Несмотря на все неточности и расхождения, последние наблюдения Эроса, как считает известный исследователь планет К. Саган, делают его намного более изученным, чем любой другой астероид.

«Icarus», 28, 1, 1976.



Константин

ЛУНА

Луна богата силою внушенья,
Вокруг нее всегда витает тайна,
Она нам вторит: «Жизнь есть отраженье,
Но этот призрак дышит не случайно».

Своим лучом, лучом бледно-зеленым,
Она ласкает, странно так волнуя,
И душу пробуждает к долгим стонам
Влияньем рокового поцелуя.

Своим ущербом, смертью двухнедельной
И новым полновластным воссияньем
Она твердит о грусти не бесцельной,
О том, что свет нас ждет за умираньем.

Но, нас маня надеждой незабвенной,
Сама она уснула в бледной дали,
Красавица тоски беспеременной,
Верховная владычица печали!

1900

Дмитриевич

МАРС

От полюса до полюса Пустыня.
Песчаник красный. Мергель желтоцвет.
И синий аспид. Зори прошлых лет.
Зеленых царств отцветшая святыня.

Где жизнь была, там греза смерти ныне.
Горенье охры. Между всех планет
Тот красочный особо виден бред.
Опал. Огонь в опаловой твердыне.

Лишь полюсы еще способны петь
Песнь бытия нетленными снегами.
Весной иставая, родниками

На красную они ложатся медь.
И говорят через пространство с нами,
Невнятное, играя письменами.

1917

Бальмонт

(1867—1942)





ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ
АСТРОНОМИЯ

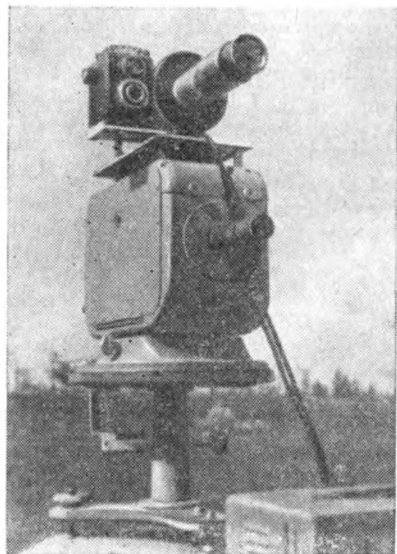
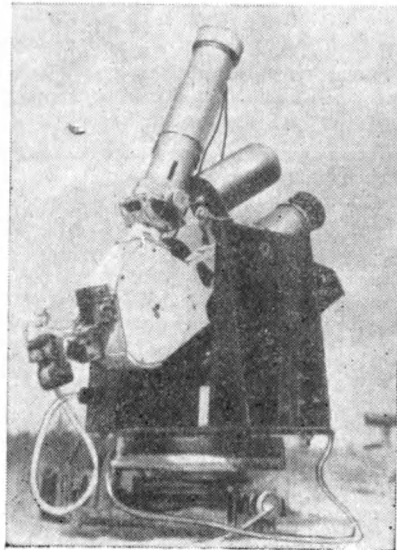
Как работают юные астрономы Новосибирска

Астрономическая лаборатория Клуба юных техников Сибирского отделения АН СССР имеет уже 11-летний стаж работы («Земля и Вселенная», № 3, 1971, с. 86—91.—Ред.). Первые ее выпускники трудятся в обсерваториях, научно-исследовательских институтах, на предприятиях Новосибирска и других городов страны. А в астрономической лаборатории Клуба юных техников, в летних лагерях и экспедициях осваивают азы науки о звездах новые кружковцы — учащиеся 5—10 классов. Самые младшие из них узнают, насколько разнообразен мир звезд, планет и галактик. Они знакомятся с методами наблюдений, изучают, как определяются расстояния до звезд, скорость их движения в пространстве, химический состав, температура звезд и планет.

У кружковцев, занимающихся в лаборатории два года и более, задачи посложнее. Зачастую требуется придумать, сконструировать и изготовить приспособление для фотографирования Луны или электронно-оптическую камеру для фотогра-

■
Спектроэлектрофотометр для исследования сумеречного неба и серебристых облаков. Прибор смонтирован и построен в астрономической лаборатории Клуба юных техников

■
Камера, предназначенная для фотографирования небесных объектов в ближней инфракрасной области спектра, изготовлена ребятами из астрономической лаборатории Клуба юных техников



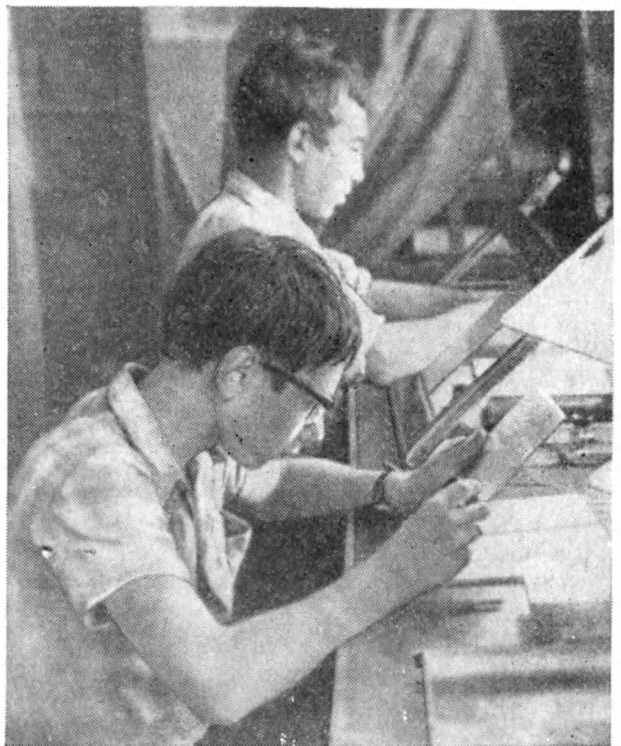
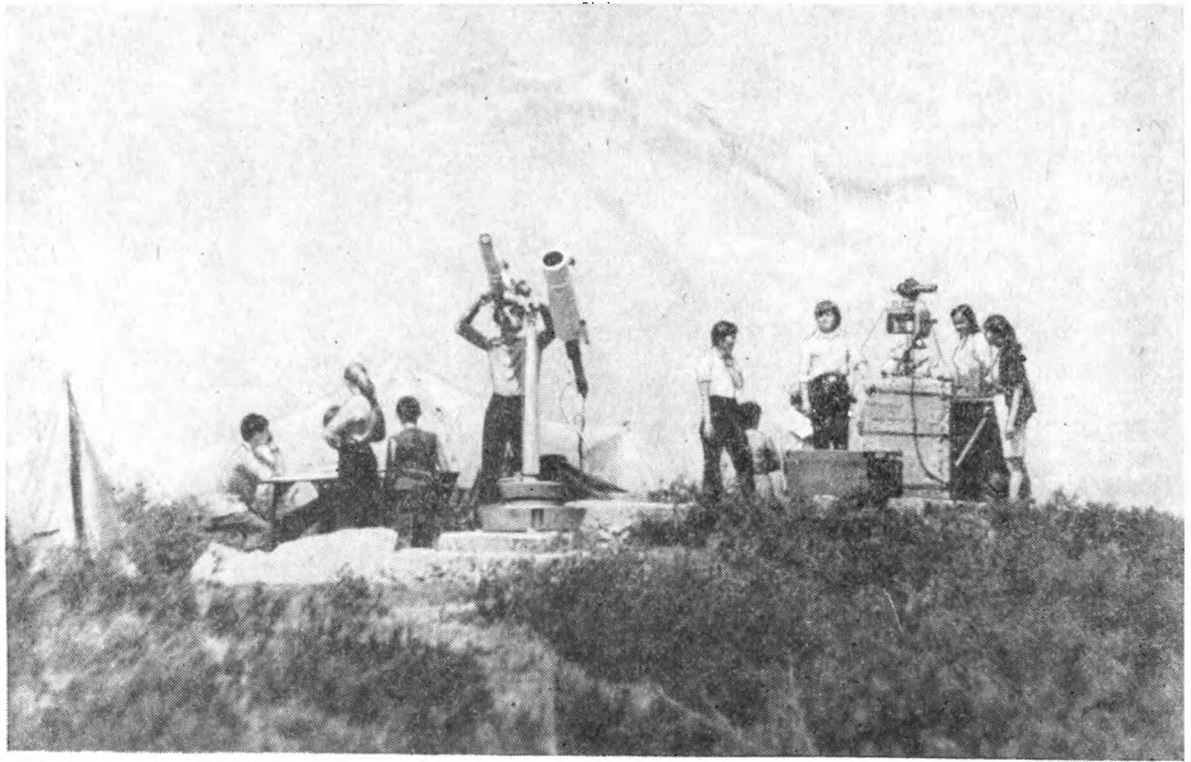
фирования серебристых облаков в инфракрасных лучах. И если фотографическую камеру можно сделать одному и за короткий срок, то над созданием и усовершенствованием, например, электрофотометра для исследования протяженных небесных объектов кружковцы работали три года. Им пришлось овладеть токарным, фрезерным, сверлильным делом, они научились собирать радиоэлектронные схемы, рассчитывать и устанавливать оптику. Большую помощь в изготовлении и отладке радиотехнических узлов оказывают лаборатории члены кружков радиоэлектроники и автоматики Клуба юных техников.

Все приборы, созданные в астрономической лаборатории, проходят проверку в экспедициях. В этих же экспедициях ребята получают хорошую физическую закалку, приобретают туристские навыки — умение ставить палатку, разводить костры. А что значат для мальчишек и девочек ночи под звездным небом у телескопа, ночи у костра, когда «нет

■
Участники экспедиции в Восточных Саянах готовятся к наблюдениям серебристых облаков

■
Кружковцы знакомятся с работой звездного фотометра, установленного на 13-сантиметровом рефракторе Одесской астрономической обсерватории

■
Члены астрономической лаборатории Илья Ильин и Владимир Канн оценивают блеск звезд по негативам из «стеклянной» библиотеки Одесской астрономической обсерватории



неба», но есть надежда, что оно появится!

Летом 1974 года близ поселка Монды Бурятской АССР группа кружковцев проводила исследования сумеречного сегмента и переменных звезд. В Восточных Саянах, на территории постоянной экспедиции «Наран» (в переводе с бурятского — Солнце) Сибирского института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн располагалось оборудование нашей экспедиции — электрофотометр, спектроэлектрофотометр и электронно-оптическая камера, с которыми юные астрономы наблюдали сумеречный сегмент и серебристые облака. Звездный электрофотометр и несколько небольших телескопов предназначались для исследования переменных звезд. Погодные условия не позволили выполнить всю намеченную программу наблюдений. Но ребятам все-таки удалось получить несколько фотометрических разрезов сумеречного сегмента и снимки серебристых облаков. В ночь со 2 на 3 июля 1974 года серебристые облака были сфотографированы из двух пунктов — «Наран» и Академгородок (базис 1300 км), что позволило сделать вывод о большой протяженности поля серебристых облаков в эту ночь.

В августе 1975 года одиннадцать кружковцев побывали в астрономической обсерватории Одесского государственного университета. Ребята фотографировали небо, овладевали техникой электрофотометрических наблюдений, измеряли блеск звезд по фотоснимкам, хранящимся в «стеклянной» библиотеке Одесской обсерватории — одной из крупнейших в стране. В итоге кропотливой, настойчивой работы школьники выполнили более 12 000 оценок блеска 26 переменных звезд по пластинкам и провели около 500 электрофотометрических измерений блеска затменной звезды UV Лебедя. Обработку результатов наблюдений ребята провели уже в Новосибирске. Юрий Федяев и Александр Кирпа успешно справились с расчетом характеристик переменных звезд на ЭВМ.

Наблюдения интересных небесных явлений проводятся не только во время экспедиций. В течение всего года в астрономической лаборатории исследуются переменные звезды, а начиная с весны кружковцы каждую ночь следят за небом в ожидании появления серебристых облаков. Осенью 1974 года были организованы массовые наблюдения полного лунного затмения. 45 юных астрономов фотографировали Луну, оценивали яркость и цвет затмения визуально, демонстрировали это явление жителям Академгородка в телескопы и бинокли.

Весна 1976 года предоставила юным астрономам возможность наблюдать яркую комету Уэста («Земля и Вселенная», № 6, 1976, с. 12—18.—Ред.). Многие из них видели комету вообще впервые. Кружковцы фотографировали, наносили положение кометы на звездные карты. Закончив в конце марта фотографирование кометы, они начали готовиться к наблюдению солнечного затмения.

29 апреля 1976 года юные астрономы наблюдали затмение Солнца в Новосибирске. Юрий Ильиных и Андрей Трубицын фотографировали частные фазы затмения в главном фокусе 80-миллиметрового рефрактора. Олег Тарарыкин, Шамиль Туктаров, Елена Прилука и Ольга Гатилова фотометрировали ход затмения на самодельном электрофотометре. Ребята получили более ста фотографий различных фаз затмения и сделали свыше пятидесяти замеров яркости солнечного диска.

В ночь с 13 на 14 мая 1976 года

на астрономической площадке Клуба юных техников снова раздавались локоничные команды, щелкали затворы фотоаппаратов. Частное лунное затмение кружковцы снимали в главном фокусе 150-миллиметрового рефлектора, на 80-миллиметровом рефракторе и с помощью телеобъектива «Таир-3». Проводились и электрофотометрические наблюдения затмения. Ребятам удалось сравнить яркость лунного диска во время затмения, которую они определили двумя разными методами — фотографической и фотоэлектрической фотометрией.

Весной 1976 года, после посещения Новосибирской научной станции космических лучей, юные астрономы решили организовать в лаборатории наблюдения космических лучей. В сконструированной кружковцами установке используются счетчики ионизирующего излучения типа СТС-5 и СТС-6, регистрирующие вторичные мю-мезоны. Первым результатом этих наблюдений была звездная карта с изолиниями равных плотностей космических частиц.

С 20 мая по 5 августа 1976 года все кружковцы участвовали в патрулировании серебристых облаков по программе «Мезо-76», предложенной Всесоюзным астрономо-геодезическим обществом. В июле небольшая экспедиция выехала в поселок Новобибево Новосибирской области. На окраине села была оборудована площадка, где ребята каждую ночь фотографировали серебристые облака и измеряли теодолитом их угловые размеры. Всего было зарегистрировано 21 появление этих мезосферных образований.

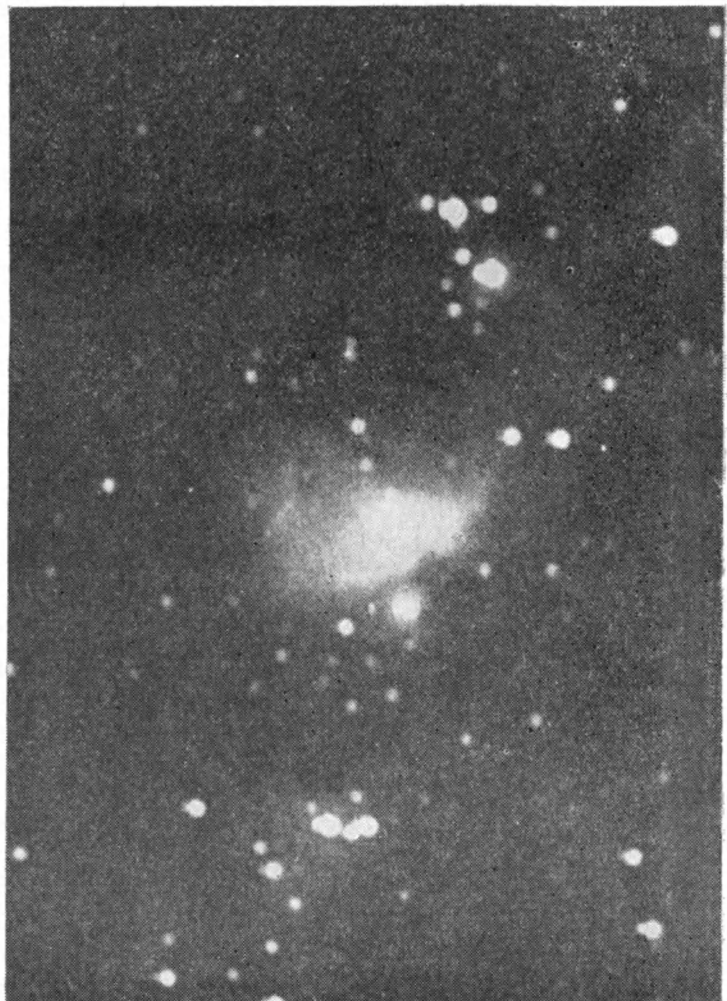
Полтора месяца летом 1976 года



■
Фотографическая установка в обсерватории Клуба юных техников. Возле инструмента — Юрий Ильиных и Андрей Трубицын

■
Ольга Гатилова и Наталья Стадлер готовят телескоп к наблюдениям

■
Дмитрий Оглезнев, Михаил Калинин и Александр Красноперов ведут патрулирование серебристых облаков



Цефей

провели Илья Ильин и Людмила Андерсон на Гиссарской обсерватории Института астрофизики ТаджССР. За это время они получили около 1500 оценок блеска девяти переменных звезд по фотопластинкам, освоили работу на спектральных и электронно-оптических приборах. Руководил занятиями школьников старейший сотрудник института А. М. Бахарев.

Деятельность астрономической лаборатории Клуба юных техников оценивается участием в выставках, конференциях и слетах юных астрономов, а также публикациями в научных изданиях. Члены лаборатории награждены Дипломом II степени за участие во Всероссийском съезде научных обществ школьников, пятью медалями «Юный участник ВДНХ» в 1974 году и девятью медалями — в 1976 году, дипломами областной выставки «Научно-технического творчества молодежи» 1975 года. Сре-

ди юных астрономов — двенадцать лауреатов Всесоюзной выставки «Научно-технического творчества молодежи» 1974 и 1976 годов. Статьи кружковцев печатаются в бюллетене «Переменные звезды» и журнале «Астрономический вестник».

В августе 1976 года ребята из астрономической лаборатории Клуба юных техников принимали участие в работе III Всесоюзного слета юных астрономов («Земля и Вселенная», № 2, 1977, с. 82—87.— Ред.). Астрономическая лаборатория представила на слет восемь докладов, три из которых были зачитаны на конференции юных астрономов. Доклады Владимира Канны и Алексея Кардаша об исследовании переменных звезд и Вениамина Гельфанда о методах электрофотографии астрономических объектов с применением фотоумножителей и фоторезисторов получили одобрительную оценку жюри. Коллектив астрономической лаборатории был рекомендован для участия на Выставке достижений народного хозяйства СССР. Лучшие члены этого коллектива — Андрей Ременный, Валерий Калинин, Вениамин Гельфанд и Владимир Канн награждены медалью «Юный участник ВДНХ». Слет поручил астрономической лаборатории Клуба юных техников организацию и проведение наблюдений переменных звезд в юношеских астрономических коллективах страны.

**Руководитель астрономической
лаборатории Клуба юных техников
Сибирского отделения АН СССР
В. И. КИРИЧЕНКО**

Фото автора

Околополярное созвездие Цефей не отличается яркими звездами. Но когда оно поднимается высоко над горизонтом, его небесное «К», составленное из звезд, хорошо заметно.

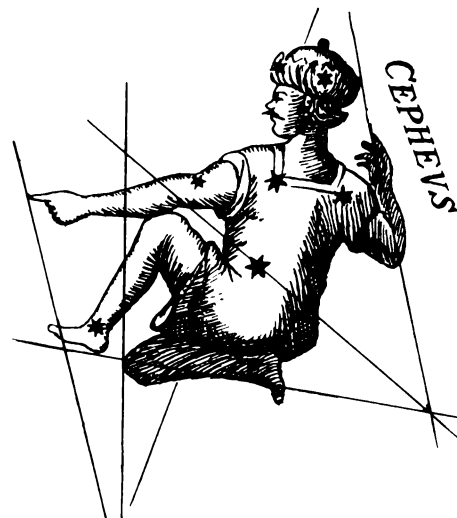
С созвездием связано много легенд. Предполагается, что свое название оно получило в честь египетского фараона Хуфу (Хеопса; в греческом произношении — Кефей) — строителя величайшей пирамиды в Гизе. Кефей — автор «Священной книги» — считал себя потомком бога Хнуму. Греки же относили Кефея к потомкам Зевса, который, будто, и вознес его на небо. Другое сказание гласит, что Кефей был сыном мифического царя Египта Бела и внуком бога морей Посейдона. Именно Посейдон поместил своего внука среди звезд. По третьей легенде, Кефей — сын аркадского царя Алея — принимал участие в охоте на калидонского вепря и сопровождал аргонавтов в походе за золотым руном. Далее сюжеты всех трех повествований совпадают: Кефей стал правителем Эфиопии, женился на тщеславной и высокомерной красавице Кассиопее. Из-за нее он претерпел много горя и чуть не лишился своей дочери — прекрасной Андромеды.

Всех членов семейства Цефея можно видеть на звездных картах: Кассиопею, восседающую на царском троне; прикованную к скале Андромеду и ее спасителя Персея. На древнегреческих картах Цефей предстает в царской мантии, увенчанный короной. В одной его руке скипетр, в другой — шарф. В короне Цефея сияет темно-красным светом знаменитая «гранатовая» звезда — δ Цефея.

Серебристые облака в ночь с 25 на 26 июля 1975 года. Юные астрономы Новосибирска сфотографировали серебристые облака в поселке Ново-Бибеево Новосибирской области

Комета Уэста в ночь с 18 на 19 марта 1976 года. Кружковцы сделали этот снимок с помощью телеобъектива диаметром 125 мм и фокусным расстоянием 500 мм

Туманность Ориона. Ребята под руководством Андрея Литвинова получили эту фотографию с помощью телеобъектива диаметром 125 мм и фокусным расстоянием 500 мм



Очевидно, из-за этой «гранатовой» звезды Бируни в своем звездном каталоге назвал созвездие Горящим.

Арабы на месте созвездия Цефея иногда рисовали собаку. Там же они видели бесчисленные стада, которые сторожил с собакой пастух Цефей. Отсюда еще одно название созвездия — Альагнам (Овцы).

Народы юго-восточной Азии усматривали в созвездии Цефея возничего, служившего при одном императорском дворе. Однажды, как утверждает легенда, он доставил императрицу на гору бессмертия Куэнь-Лунь, которая находилась в центральной части Земли. Там существовал необыкновенно живописный сад, принадлежавший владычице Земли бессмертных. В нем выращивались фрукты из жемчуга, нефрита, агата и других драгоценных камней. В саду росло персиковое дерево, плоды которого обладали магическим свойством продлевать жизнь. Через каждые

тридцать столетий его хозяйка приглашала богов и некоторых смертных отведать плодов бессмертия. Когда наступила такая пора, возничий запряг восемь могучих рысаков в колесницу, усадил в нее императрицу и они вместе отправились в чудесный сад. Они вкусили волшебных персиков, потеряли чувство времени и

всякое желание вернуться домой. С тех пор на Земле их никто не видел. Позже возничий с колесницей (имеется в виду, очевидно, Большая Медведица) вознесся на небо и обосновался среди звезд Цефея.

На средневековых христианских картах вместо Цефея изображался то царь Соломон, то святой Стефан, то эфиопский царь Зерах.

Известны и различные латинские наименования созвездия: Царский муж (Vir regius), Морской старец (Senex aequoreus), Потомок Ясиона (Jasides), Морской юноша (Jovenis aequoreus).

Жители древнего Двуречья называли созвездие Маленьким алмазом, в отличие от Большого алмаза — Пегаса. А персы именовали Цефея Фифеем, то есть зажигающим огни.

■ *Созвездие Цефея в «Альмагесте» Птолемея (1551)*

■ *Средневековое изображение созвездия Цефея в копенгагенской рукописи трактата ас-Суфи*

■ *Созвездие Цефея в книге Grienbergер «Catalogus Veteres affixarum longitudines et latitudines cum novis conjecturis» (1612)*

И. И. НЕЯЧЕНКО



НОВЫЕ КНИГИ

ПРОПАГАНДИСТАМ ДОСТИЖЕНИЙ КОСМОНАВТИКИ

«Девизом отечественной космонавтики на всем пути ее развития служит призыв «Космос должен служить людям!» Во имя достижения этой благородной цели беззаветно трудятся ученые и инженеры, космонавты и рабочие космических верфей». С такими словами обратился академик М. В. Келдыш к читателям книги «Мост в Космос», вышедшей в 1976 году вторым дополненным и переработанным изданием. Книгу выпустило издательство «Известия» (составители Б. П. Коновалов и Н. Д. Шумилов; редактор Б. И. Колтовой). В книге собраны многочисленные официальные документы, фотографии, статьи ученых, воспоминания космонавтов, журналистские репортажи, выступления писателей и поэтов.

Основные разделы книги: «Утро космической зры» (здесь опубликованы материалы о полетах космических кораблей «Восток»), «Восходы над планетой», «Созвездие «Союзов», «Эстафета космических стартов» (о полетах орбитальных научных станций «Салют» — «Салют-4»), «На лунных трассах», «Венера снимает маску», «Здравствуй, Марс», «Старты «Интеркосмоса», «На благо человека», «Рукопожатие в космосе».

Материалы, собранные в книге, показывают, «какой беспредельный простор открыла космическая техника для мысли и действия человека, как новое орудие познания умножает его могущество, как космос становится ареной международного сотрудничества во имя мира и прогресса».

В приложенных к книге таблицах содержатся краткие сведения о полетах советских космических кораблей и орбитальных станций.

Книга представляет интерес для многих читателей. Особенно полезна она тем, кто пропагандирует достижения отечественной космонавтики.

ТЕОРИЯ И КОНСТРУКЦИЯ ТЕЛЕСКОПОВ

В 1976 году издательство «Наука» выпустило книгу Н. Н. Михельсона «Оптические телескопы». Автор книги хорошо известен читателям нашего журнала. Он неоднократно выступал на страницах «Земли и Вселенной» со статьями, посвященными оптическим телескопам («Земля и Вселенная», № 4—6, 1968; № 1—4, 6, 1969 — *Ред.*).

В своей книге Н. Н. Михельсон рассмотрел многие важные вопросы теории и практики современного телескопостроения. Эти вопросы изложены в шестнадцатью главами книги («Элементы геометрической оптики», «Обзор аберраций», «Элементы физической оптики», «Специфика выполнения астрономических наблюдений. Эффективность больших телескопов», «Элементы оптических систем телескопов», «Линзовые системы телескопов», «Зеркальные системы телескопов», «Зеркально-линзовые системы телескопов», «Материалы, применяемые в астрономической оптике», «Методы контроля и исследования астрономической оптики», «Монтировки телескопов», «Труба телескопа», «Приводы и системы управления телескопом», «Методы юстировки телескопа», «Конструкция башни и купола», «Перспективы развития крупных наземных телескопов»).



Книга рассчитана на инженеров, астрономов и физиков, студентов и аспирантов астрономических отделений университетов и оптико-механических факультетов вузов. Она полезна и тем, кто серьезно занимается любительским телескопостроением.

ОБ АСТРОНОМИИ НАШИХ ДНЕЙ

Всем любителям астрономии адресована книга И. А. Климишина «Астрономия наших дней» («Наука», 1976). В ней затронуто очень много вопросов — от общей картины звездного неба, основ астрономии и небесной механики до новейших достижений астрофизики. Автор отмечает, что, возможно, отдельные страницы книги устареют раньше, чем она выйдет в свет. И в этом нет ничего удивительного, так как «по астрономической тематике в мире публикуется ежегодно около 10 тыс. научных статей общим объемом свыше 100 тыс. страниц, выходит в свет несколько сотен новых монографий и научно-популярных книг. В них отражается непрерывный поиск нескольких тысяч астрономов мира...».

Содержание книги раскрывается в ее следующих главах: «Введение» (картины звездного неба, роль астрономии, поиски системы мира), «Азбука классической астрономии», «Основы астрофизики», «Инструменты и методы оптической астрономии», «Увидеть невидимое» (наблюдения в радиодиапазоне, инфракрасном, ультрафиолетовом и других диапазонах), «Солнечная система», «Физика звезд», «Наша Галактика», «В просторах Вселенной», «В калейдоскопе бытия» (проблемы космологии и космогонии).

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИЗМЕРЕНИЙ

Этой важной проблеме, с которой в настоящее время сталкиваются в своей повседневной практической и научно-исследовательской деятельности многие астрономы и геодезисты, посвящена вышедшая в 1976 году в издательстве «Советское радио» книга В. И. Мудрова и В. Л. Кушко «Методы обработки измерений».

Авторы подробно и на весьма высоком уровне рассматривают наиболее распространенные методы обработки измерений.

Книга состоит из предисловия, пяти глав и приложений.

В предисловии отмечается, что при обработке измерений, которые выполняются в условиях большого числа помех, наряду с общепринятым методом наименьших квадратов иногда полезно воспользоваться и другими методами обработки.

В первой главе «Основная задача статистической обработки измерений» рассматривается составление и решение системы уравнений, которую авторы называют фундаментальной системой. Реальные физические связи всегда очень сложны. Поэтому здесь показано, как можно использовать эту систему в практике вычислительной работы.

Во второй главе «Оценки и их классификация» изложены различные способы получения оценок.

В третьей главе «Вычислительные схемы метода наименьших квадратов» подробно анализируются способы получения оценок, в частности рекуррентные способы.

Четвертая глава называется «Вычислительные схемы метода наименьших модулей». В ней даны важнейшие способы получения оценок.

В пятой главе «Эффективность квазиравноподобных оценок» исследованы вопросы состоятельности оценок. Дело в том, что оптимальная оценка получается лишь тогда, когда

имеется соответствие между законом распределения ошибок измерения и принятым методом обработки. В реальных условиях нередко приходится применять методы обработки, которые не совпадают с оптимальными и позволяют получать лишь «квазиравноподобные оценки».

Приложения к книге содержат ряд полезных для вычислителя справочных данных и конкретных примеров.

ГРАВИТАЦИОННЫЕ И МАГНИТНЫЕ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ

В 1976 году издательство «Наука» выпустило книгу «Ориентация искусственных спутников в гравитационных и магнитных полях». В авторский коллектив вошли В. И. Боевкин, Ю. Г. Гуревич, Ю. Н. Павлов, Г. Н. Толстоусов. Уметь управлять движением спутника относительно его центра масс необходимо для решения многих задач, возникающих в ходе изучения и освоения космического пространства. Книга адресована научным работникам и инженерам, занимающимся вопросами космической техники, а также студентам авиационных вузов.

В первой главе книги «Некоторые вопросы динамики гравитационного устойчивого спутника» рассматриваются физические основы проектирования систем гравитационной ориентации.

Во второй главе «Пассивные системы гравитационной стабилизации» изложены вопросы динамики нескольких чисто пассивных схем гравитационной стабилизации.

Третья глава — «Полупассивные системы гравитационной стабилизации с гироскопическим демпфером».

В четвертой главе «Магнитные системы ориентации и предварительного успокоения» изложены вопросы динамики систем, в которых стабилизирующие моменты создаются с помощью магнитного поля Земли.

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

Редакционная коллегия:

Главный редактор доктор физико-математических наук Д. Я. МАРТЫНОВ. Ответственный секретарь кандидат педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН. Член-корреспондент АН СССР Г. А. АВСЮК, доктор географических наук А. А. АКСЕНОВ, кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, член-корреспондент АН СССР Ю. Д. БУЛАНЖГ, доктор техн. наук А. А. ИЗOTOB, доктор физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, доктор географических наук В. Г. КОРТ, доктор физ.-мат. наук Б. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Б. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, доктор техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ

Адрес редакции: 117049, Москва В-49, Мароновский пер. д. 26, комн. 329—331
тел. 237-02-67, 237-59-93

Художественный редактор
Л. Я. Шимкина

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

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

При перепечатке ссылка на журнал «Земля и Вселенная» обязательна

T-03393. Подписано в печать 30 III 1977 г.

Сдано в набор 27/I 1977 г.

Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Бум. л. 3,0.

Поч. л. 6,0 (10,08). Уч.-изд. л. 11,4. Цена 50 коп.

Тираж 53000 экз. Заказ 1801

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

**«Земля и Вселенная» поздравляет
астрономов, геофизиков
и исследователей космического пространства—
новых членов Академии наук СССР**



Член-корреспондент АН СССР
**Владимир Михайлович
Котляков** (изучение снежного
покрова и ледников)



Член-корреспондент АН СССР
Геннадий Павлович Курбаткин
(численное моделирование
динамики атмосферных
процессов, гидродинамический
долгосрочный прогноз погоды)



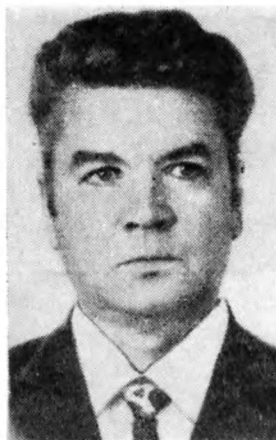
Член-корреспондент АН СССР
Борис Федорович Ломов
(общая и инженерная
психология)



Член-корреспондент
АН СССР
**Евгений Евгеньевич
Мидановский** (региональная
геология, тектоника, теория
рифтообразования)



Член-корреспондент
АН СССР **Иван Иванович
Нестеров** (геология
нефти и газа)



Член-корреспондент
АН СССР **Юрий
Михайлович
Пуцаровский**
(региональная геология,
тектоника)



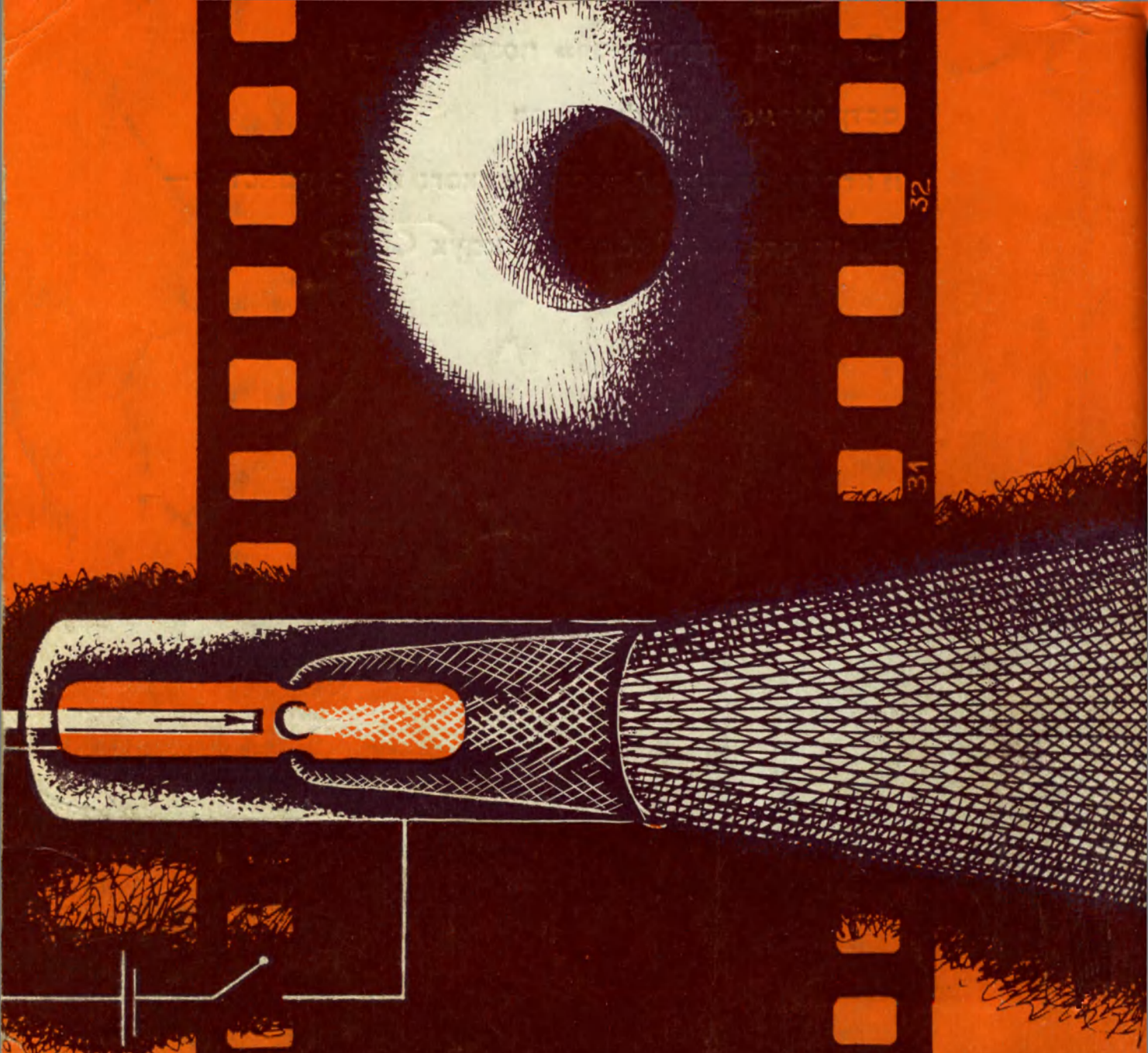
Член-корреспондент
АН СССР **Валерьян
Ильич Татарский**
(распространение
электромагнитных и
звуковых волн в
случайно неоднородных
средах)



Член-корреспондент
АН СССР **Петр Петрович
Тимофеев** (угольная
геология, литология)



Член-корреспондент
АН СССР **Алексей
Федорович Трешников**
(географические
исследования Арктики
и Антарктики)



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

ЦЕНА 50 КОП
ИНДЕКС 70336