

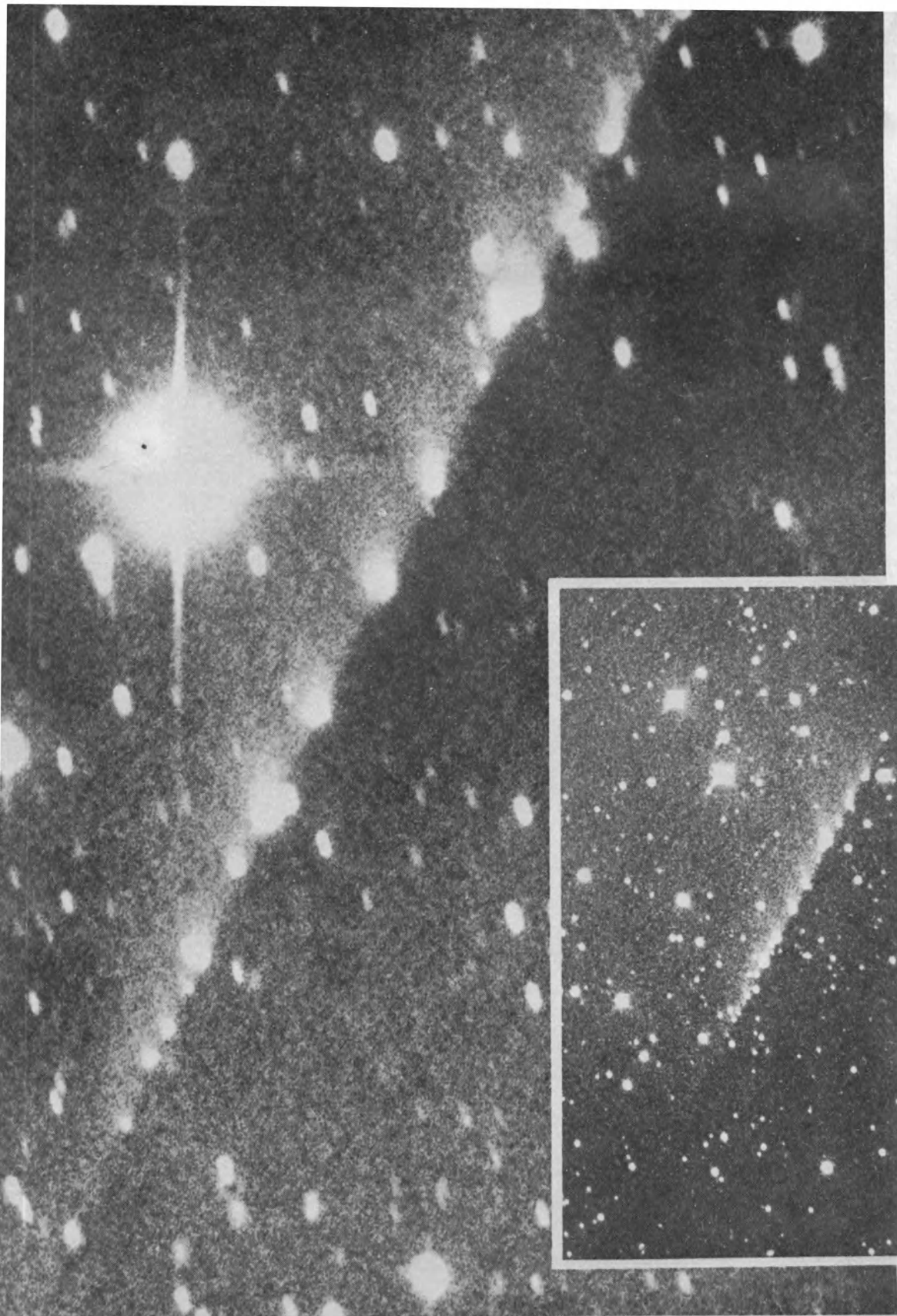
ЗЕМЛЯ СЕНТЯБРЬ-ОКТЯБРЬ 5/94
И

ISSN 0044-3948

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ВСЕЛЕННАЯ





Научно-популярный журнал
Российской академии наук и
Астрономо-геодезического
общества

Издается с января 1965 года
Выходит 6 раз в год
Всероссийское объединение
издательских, полиграфических
и книготорговых предприятий
„Наука“, Москва



В НОМЕРЕ:

Новости науки и другая информация: Отождествление источников повторяющихся гамма-всплесков (10); Как спасти озоносферу? (32); Цикличность землетрясений (33); На Севере озона меньше (33); Столкновение Земли с кометами (43); Четвертый болид, сфотографированный в полете (44); Взрыв болида Луго и его последствия (45); Из общей теории относительности (46); «Дельта Клиппер» — новая концепция носителя (47); Программа «Спейс Шаттл»: хроника полетов (49); Новая наземная гамма-обсерватория (50); Молода ли Вселенная? (54); Облачность «регулирует» глобальное потепление (63); «Разночтения» гренландского керна (71); Электрофонный болид над Ярославлем (79); О переменности красных карликов (83); Северные леса — стабилизаторы климата (92); Солнце в апреле-мае 1994 г. (93)

- 3 КУРТ В. Г. Межзвездная среда и ее взаимодействие со звездами
11 КОМБЕРГ Б. В. Квазары — 30 лет спустя (окончание)
21 ЛАЗАРЕВ А. И. Самые высокие облака Земли

ЭКОЛОГИЯ

- 34 ШЕВЧЕНКО В. В. Астрономия и жизнь

ЛЮДИ НАУКИ

- 51 ПЧЕЛОВ Е. В. Франческо Мавролик (к 500-летию со дня рождения)

ИНСТИТУТЫ, ОБСЕРВАТОРИИ

- 55 КОТЛЯКОВ В. М., ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ В. С. Мировой центр географической науки (к 75-летию Института географии РАН)

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 64 ЛЕСКОВ Л. В. Следующие 25 лет мировой космонавтики: попытка прогноза
72 ПОРТНОВ А. М. Золото подземных россыпей

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 80 СЕЛБЯНОВ А. Д. **Небесный календарь:** ноябрь — декабрь
84 ГОРШЕЧНИКОВ М. В., ЛЫСАК Т. Н., БЕЗРУКОВ А. Н. Наблюдения метеорного потока Персеид в 1993 г.
86 ХОТИНОК Р. Л. Рассказы о метеоритах

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 94 КОЗЕНКО А. В. Проблемы планетной космогонии

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; publ. by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V. K. Abalakin; Deputies Editors V. M. Kotlyakov, E. P. Levitan

In THIS ISSUE:

На стр. 1 обложки: Серебристые облака, наблюдавшиеся в 1994 г. над г. Подольском (Московская обл.). Фото И. В. Яремчука

На стр. 2 обложки: Фотографии фрагментов ядра знаменитой кометы Шумейкера-Леви 9 (Земля и Вселенная, № 6, 1993, №№ 1—3, 1994), любезно предоставленные нам Европейской Южной Обсерваторией. На резке снимок, сделанный 1 мая 1994 г., другой снимок получен десять суток спустя. Блеск яркого объекта, запечатленного на обоих снимках, 10^m . Астрономы этой обсерватории осуществляли большую программу наблюдений приближавшейся к Юпитеру кометы и феномен столкновения в июле 1994 г.

На стр. 3 обложки: Вверху: Автоматическое самоходное устройство для получения гелия-3 и других летучих веществ из лунного грунта.

Проект NASA

Внизу: Большая промышленная установка на поверхности Луны для добычи кислорода из лунного грунта.

Источником энергии служат солнечные батареи, меняющие свое положение по отношению к Солнцу.

Проект NASA

(к статье В. В. Шевченко на стр. 34)

На стр. 4 обложки: Крупнейший горно-долинный ледник земного шара спускается с высот Памира. Он назван именем рано погибшего российского географа, исследователя Средней Азии А. П. Федченко, статью к 150-летию со дня рождения которого читайте в № 6 журнала.

- 3 KURT V. G. Interstellar mediuns and its interaction with stars
- 11 KOMBERG B. V. Quasars — 30 years later
- 21 LAZAREV A. I. The highest clouds of the Earth

ECOLOGY

- 34 SHEVCHENKO V. V. Astronomy and Life

PEOPLE OF SCIENCE

- 51 PCHELOV E. V. Francesco Mavrolic (to the 500th birthday anniversary)

INSTITUTES, OBSERVATORIES

- 55 KOTLYAKOV V. M., PREOBRAZHENSKIY V. S. The centre of the geographical thought: the 75th anniversary of Institute of geography (RAS)

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 64 LESKOV L. V. Worl astronautics: the next 25 years
- 72 PORTNOV A. M. The underground stream gold

AMATEUR ASTRONOMY

- 80 SELYANOV A. D. Celestial calendar:
- 84 GORSHECHNIKOV M. V. Perseids 1993
- 86 KHOTINOK R. L. The stories about meteorites

THE BOOKS ON THE EARTH AND SKY

- 94 KOZENKO A. V. Problems of planetary cosmology

Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В. К. АБАЛАКИН

зам. главного редактора академик В. М. КОТЛЯКОВ

зам. главного редактора доктор педагогических наук Е. П. ЛЕВИТАН

доктор географ. наук А. А. АКСЕНОВ, академик В. А. АМБАРЦУМЯН, академик А. А. БОЯРЧУК, член-корр. РАН Ю. Д. БУЛАНЖЕ, доктор психол. наук Ю. Н. ГЛАЗКОВ, доктор физ.-мат. наук А. А. ГУРШТЕЙН, доктор физ.-мат. наук И. А. КЛИМИШИН, доктор физ.-мат. наук Л. И. МАТВЕЕНКО, доктор физ.-мат. наук И. Н. МИНИН, член-корр. РАН А. В. НИКОЛАЕВ, доктор физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, кандидат пед. наук А. Б. ПАЛЕЙ, доктор физ.-мат. наук Г. Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г. И. РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, академик В. В. СОБОЛЕВ, Н. Н. СПАССКИЙ, кандидат физ.-мат. наук В. Г. СУРДИН, доктор физ.-мат. наук Ю. А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г. М. ТАМКОВИЧ, доктор физ.-мат. наук Г. М. ТОВМАСЯН, академик АН Молдовы А. Д. УРСУЛ, доктор физ.-мат. наук А. М. ЧЕРЕПАШУК, доктор физ.-мат. наук В. В. ШЕВЧЕНКО.

Межзвездная среда и ее взаимодействие со звездами

В. Г. КУРТ,

доктор физико-математических наук. Астрокосмический центр ФИАН

Межзвездная среда таинственна и разнообразна. До сих пор остается загадкой ее происхождение. Взаимодействие межзвездной среды со звездами,



процессы звездообразования требуют дальнейших исследований. Что уже известно? Какие здесь есть наиболее интересные проблемы?

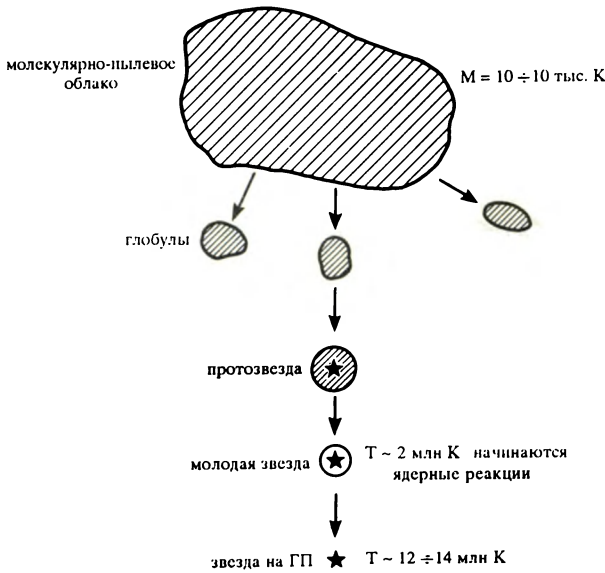
ОТКУДА ПОЯВЛЯЕТСЯ МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ГАЗ

Все звезды в галактиках погружены в межзвездный газ. Он — продукт жизнедеятельности звезд, но из него же звезды и образуются. Неясно, остался ли газ в галактиках от эпохи происхождения Вселенной (первичный газ), или он целиком выброшен из звезд в процессе их эволюции.

Первичный газ отличается от наблюдаемого межзвездного газа одним лишь свойством — химическим составом. Согласно господствующей ныне

теории «горячей Вселенной», звезды и/или галактики образовались из газа, который состоял лишь из **водорода и гелия с небольшой примесью дейтерия**. Остальные элементы («тяжелые» элементы) были «наработаны» в процессе эволюции звезд. Сами звезды производят элементы вплоть до железа, более тяжелые элементы от кобальта до урана образуются лишь при взрывах сверхновых звезд, обогащая межзвездную среду всеми элементами периодической системы Менделеева. **Время эволюции звезд** зависит от двух параметров: **химического**

состава и начальной массы звезды. Наше Солнце с массой, по определению равной $1 M_{\odot}$, имеет время эволюции около 20 миллиардов лет, а звезда с массой в десять раз больше — 10 миллионов лет! Заглянуть в столь далекую от нас эпоху, когда возникали и гибли водородно-гелиевые звезды первого поколения, мы пока не можем. Галактики, которые мы наблюдаем в крупнейшие телескопы с самыми чувствительными детекторами, имеют красное смещение z , равное 0.1—0.4, самые слабые квазары — 3—4. Эпоха первичного



ПРОЦЕСС ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

Под действием сил гравитации **молекулярно-пылевые облака** с массами от десятка, сотни до десятков тысяч масс Солнца разбиваются на более мелкие темные **глобулы**. Глобулы сжимаются до тех пор, пока в их центре не образуется **протозвезда**. В ней еще не идут ядерные реакции, но она излучает в инфракрасном диапазоне за счет энергии сжатия, то есть за счет сил тяготения. При достижении в центре звезды температуры около $2 \cdot 10^6$ К, в ней начинают идти **ядерные реакции** с участием легких, быстро выгорающих элементов (Li, Be, B). Вот почему на Солнце их так мало (на 5—7 порядков меньше, чем других элементов, например, C, O, Si, Ca, Mg). Когда температура в центре молодой звезды достигнет $(12—14) \cdot 10^6$ К, в ней начнет работать стандартный механизм переработки водорода в гелий, который и обеспечивает энергетику звезды на миллионы, а для маломассивных звезд — на

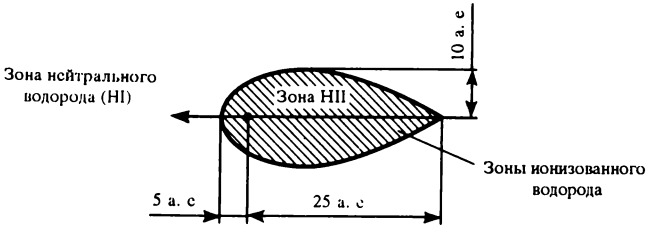
звездообразования относится к $z = 10$, а, возможно, к $z = 40$, то есть очень давно и далеко от нас, практически на границе видимой нами Вселенной. Исследования химического состава не позволили пока найти межзвездный газ без тяжелых элементов даже в самых удаленных объектах. Химический состав удаленных квазаров не сильно отличается от солнечного.

Таким образом, наиболее вероятно, что **звезды последующего поколения образуются из газа, выброшенного более старыми звездами в межзвездную среду и из газа, поступившего от взрывов сверхновых звезд** (Земля и Вселенная, 1993, № 4).

ГДЕ КОНЦЕНТРИРУЮТСЯ МЕЖЗВЕЗДНЫЙ ГАЗ И ПЫЛЬ? СВОЙСТВА ПЫЛИ

Около 50% тяжелых элементов межзвездного газа трансформируется в

пыль, и, кроме того, **оскобки «копящие» звезды также обогащают межзвездную среду пылинками**. Размеры пылинок невелики: от долей микрона до сотни микрон. Именно пылинки производят **межзвездное поглощение света звезд**, ослабляя его и вызывая покраснение света далеких звезд. Межзвездный газ и пыль неоднородны в пространстве. Они концентрируются в плоскости нашей Галактики (и других галактик) в виде темной полосы и зон избегания звезд на видимом в оптике небосводе. В плоскости Галактики эти облака также неоднородны: есть межоблачный газ, разреженные облака, плотные молекулярно-пылевые облака (Земля и Вселенная, 1992, № 2). Последние и есть зоны звездообразования.



миллиарды лет жизни. На двумерной диаграмме Герцшпрунга-Рессела (зависимость спектрального класса звезды от ее светимости) звезда прочно и надолго займет свое постоянное место уже до конца жизни. Место это зависит лишь от ее массы. Темп эволюции также определяется начальной массой звезды и тем быстрее, чем массивнее звезда. Газо-пылевая оболочка к этому времени прогревается, пыль испаряется, и нашему взору открывается молодая голубая звезда. Часто в протозвездном облаке одновременно образуется несколько или даже очень много звезд. Все эти процессы сегодня вполне наблюдаемы на раннем этапе звездообразования в инфракрасной области спектра, а потом в видимой и ультрафиолетовой областях. Далекая ИК- и УФ-область спектра доступны лишь для космических телескопов, а молекулярные облака успешно исследуются наземными радиотелескопами в миллиметровом и сантиметровом диапазонах длин волн.

СВОЙСТВА МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ

Свойства межзвездной среды определяют, в основном, два параметра: **плотность и температура**. Эти величины функционально связаны и не могут принимать произвольных значений. Средняя плотность межзвездной среды составляет (0,1-1) атом/см³. Между облаками плотность равна (0,03-0,1) атом/см³, а температура — (6-8) · 10³ К. Газ, в основном, нейтрален, и степень ионизации его невелика: 0,1-0,3 (зона HI). Другая ситуация возникает, если вблизи облака или внутри него находится молодая массивная голубая горячая звезда. Она ионизирует газ вокруг себя, создавая стационарную **зону Стремгrena (зона HII)**, где плотность такая же, а температура около 10⁴ К. Степень ионизации внутри этой зоны близка к единице, а на границе зоны Стремгrena очень резко падает почти до нуля. Горячие голубые гиганты создают зоны Стремгrena радиусом в десятки парсек с массой в 10⁵ раз больше массы самой звезды.

Зоны ионизации вблизи холодных звезд типа нашего Солнца устроены по-другому. Связано это с тем, что время ионизации нейтрального водорода много меньше, чем время его рекомбинации по крайней мере на (4-5) порядков. Вследствие этого вблизи звезды образуется своя маленькая зона HII размером в (10—20) а. е. Это в 10⁴ раз меньше, чем зона HII у голубых гигантов спектрального класса O или B, светимость которых в (10⁴—10⁵) раз выше светимости нашего Солнца. Пока водород успеет рекомбинировать на периферии этой зоны, звезда улетит довольно далеко, оставив за собой «хвост» ионизованного водорода. Поэтому зоны HII у холодных карликов имеют вид капли.

В нормальных межзвездных газовых облаках плотность составляет (10-50) атомов/см³, а температура (50-80) К. В плотных молекулярных облаках плотность может достигать (10³-10⁶) атомов/см³ при температуре (10-20) К. Наконец, большой объем галактической плоскости занят «пузырями», заполненными очень горячей и разреженной плазмой с плотностью (0,1-0,01) атомов/см³ и температурой около 5 · 10⁶ К. Эти «пузыри» — результат взрывов сверхновых звезд, ударные



Молодые рассеянное звездное скопление Плеяды. Хорошо видны газово-пылевые туманности, окружающие недавно образовавшиеся звезды. Газ и пыль — остатки того вещества, из которого звезды образовались. В каталогах содержится 250 звезд — членов этого скопления (лишь небольшая часть числа звезд скопления). Скопление находится на расстоянии 370 св. лет от Солнца, его размер 12 св. лет, возраст около 60 млн лет

волны которых нагревают и ионизуют межзвездную среду. В плотных облаках газ практически нейтрален, степень его ионизации составляет всего 10^{-4} .

В плотных и разреженных облаках находится большое количество молекул: от простых (ОН и H_2O , гидроксил и вода)

до сложных органических соединений (спирты, кислоты и т. д.). Наблюдаются молекулы вида: $HC_{11}N$, H_2CO (формальдегид), NH_3 (аммиак), сульфиды типа OS . Словом, содержится весьма разнообразный каталог органических соединений числом до сотни видов молекул.

Плотность в темных и плотных облаках — (10^6 – 10^7) молекул/ $см^3$, температура около 10 К, а минимальное значение — 5К. Образование сложных органических молекул в таких условиях — процесс недостаточно выясненный. По-видимому, в нем участвуют ионы атомов и молекул, которые объединяются в сложные соединения легче, чем нейтральные атомы и мо-

лекулы. В результате ионы присоединяют к себе электрон и становятся нейтральными. В таких плотных и холодных маленьких облаках межзвездного газа большая часть водорода находится не в атомарной, а в молекулярной форме H_2 . Не исключено, что наличие сложных органических молекул в плотных межзвездных облаках связано с происхождением жизни на Земле. Наше Солнце с системой планет на протяжении 5 миллиардов лет своей эволюции, вероятно, пролетало сквозь такие плотные облака, и Земля могла захватить большое количество сложных органических молекул. Впрочем, это уже относится к научной фантастике.



Одно из самых молодых скоплений звезд NGC 2264. В скоплении находится гигантское молекулярное облако и большое число звезд типа Т Тельца (Т Тау), которые «салятся» на главную последовательность диаграммы «спектр-светимость». В их ядрах уже начинается горение водорода. Примерный возраст скопления 2 млн лет

НАБЛЮДЕНИЯ

Межзвездный газ был обнаружен в 30-е годы нашего столетия. Открытие его связано с изучением оптических спектров двойных звезд. Так как двойные звезды вращаются относительно общего центра тяжести, то их линии поглощения (фраунгоферовы линии) испытывают периодические

колебания «к нам — от нас». При этих наблюдениях были обнаружены линии, которые не испытывали таких доплеровских смещений, оставаясь постоянно на своем месте. Именно таким методом со спутников в далекой ультрафиолетовой области спектра исследуют основные «резонансные» линии атомов, ионов и некоторых молекул, например, СО или Н₂. «Межзвездные» линии значительно более узкие, чем линии поглощения в спектрах самих звезд. Наблюдения в ультрафиолетовой части спектра со спутников внесли решающий вклад в исследование межзвездной среды. Они позволили определить химсостав межоблачной среды и облаков; плотность, температуру и сте-

пень ионизации разных структур межзвездной среды. Благодаря этим наблюдениям была открыта горячая газовая зона, окружающая нашу Галактику, с температурой $(5-10) \times 10^5$ К.

С начала 50-х годов с помощью радиотелескопов исследуется нейтральный межзвездный водород в линии $\lambda = 21$ см. С помощью радиоспектрографов, установленных на больших и очень точных наземных радиотелескопах в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн, исследуются межзвездные молекулы и линии ионизованного водорода и гелия. Наземные ИК-телескопы фиксируют инфракрасное излучение молекулярных и газово-пылевых облаков, зон



Темное облако ρ Змееносца (ρ Orh), расположенное на расстоянии 700 св. лет от Солнца. Его угловой размер в 300 раз больше Луны (оно простирается на область созвездий Змееносец и Стрелец). Туманность содержит громадное количество пыли, скрывающей от нас молодые, гигантские голубые и горячие звезды. Радио и инфракрасные наблюдения показывают, что в его ядре около 60 молодых звезд. Примерно 10% массы облака сконцентрировалось в звезды. Плотная часть облака имеет концентрацию свыше 10 тыс. молекул водорода на 1 см^3 , температура около 10 К

звздообразования, в области длин волн (1-5) мкм. Но главные результаты в этой области были получены из космоса с помощью орбитального телескопа ИРАС (IRAS), который охлаждался до температуры жидкого гелия (Земля и Вселенная, 1994, № 1). Эти наблюдения проводились в далекой ИК-области спектра от 12 до 60 мкм. Каплеобразная зона ионизованного водорода вблизи

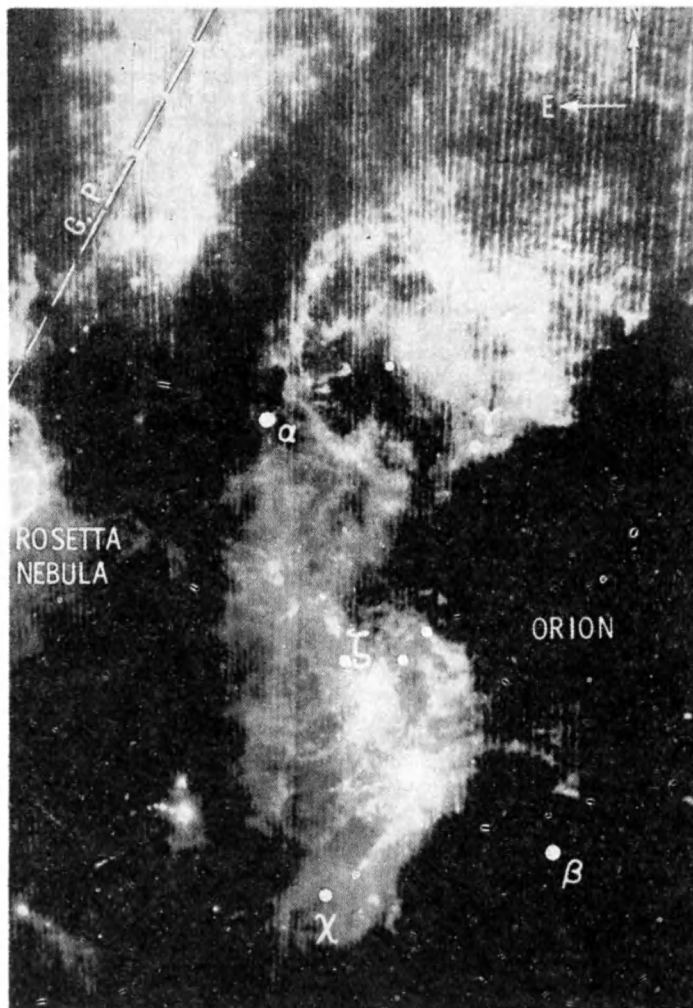
нашего Солнца исследовалась со многих спутников в резонансных ультрафиолетовых линиях водорода $\lambda 1216 \text{ \AA}$ и гелия $\lambda 584 \text{ \AA}$. Горячий газ в скоплениях галактик с плотностью (10^{-3} — 10^{-5}) см^{-3} и температурой (10^7 — 10^8) К наблюдается в рентгеновской области спектра с помощью рентгеновских телескопов и спектрометров (Земля и Вселенная, 1993, № 5). Масса этого газа достигает

(10—40)% от массы всего скопления. Видимо, этот газ был выброшен из галактик скопления с температурой около 10^6 К , а затем разогрет до еще более высоких температур за счет кинетической энергии движения галактик в скоплении.

Таким образом, применение разнообразных методов современной экспериментальной астрофизики позволило продвинуться в изучении природы межзвездной среды и ее эволюции. Не меньшее значение имеют теоретические исследования и компьютерное моделирование процессов, протекающих в межзвездной среде и в окрестностях звезд разных спектральных типов и различной светимости.

Не следует думать, что все проблемы меж-

Инфракрасное изображение туманности Ориона, полученное с интернационального спутника IRAS (США, Англия и Голландия) в диапазоне длин волн 12-60 мк. Область содержит громадное количество пыли и газа, из которых «прямо на наших глазах» образуются молодые звезды. Отмечены видимые невооруженным глазом звезды в Орионе. Буквами GP отмечена плоскость Галактики. Видна и туманность Розетта



звездной среды уже решены. Среди нерешенных вопросов важнейшим является вопрос о космологическом происхождении звезд и галактик. Предстоит выяснить, как они образовались при расширении первичного газа горячей Вселенной, что возникло раньше — звезды или галактики? Очень интересны вопросы, касающиеся межгалактического газа. Какова его плотность и температура? Как он

поступает в межгалактическую среду — из галактик или остался в виде первичных протогалактик? «строительного мусора» от эпохи образования

Отождествление источников повторяющихся гамма-всплесков

Чем меньше мы знаем о природе какого-либо явления, тем больше существует теорий, объясняющих свойства этого феномена. В астрофизике к таким наименее изученным объектам относятся источники гамма-излучения. Одним из последних крупных успехов в этой области было объяснение природы Геминги. Этот источник оказался близкой одиночной нейтронной звездой. А совсем недавно сделано важное открытие, позволяющее прояснить природу одного из видов гамма-барстеров — повторных источников рекуррентных вспышек в мягком гамма-диапазоне. Обычно большое продвижение в понимании природы источника излучения связано с его изучением в разных диапазонах электромагнитного спектра. Источники гамма-квантов очень трудно отождествить с объектами, наблюдаемыми, например, в оптике или в радиодиапазоне. Поэтому их природа остается в большинстве случаев загадкой для исследователей (рентгеновские пульсары были достаточно быстро отождествлены с аккрецирующими нейтронными звездами в тесных двойных системах именно благодаря наблюдениям в нескольких диапазонах).

Неопределенность в расстояниях до источников гамма-всплесков составляет 6 порядков, даже если отбросить возможность их расположения в пределах Солнечной системы. Точность локализации источников гамма-всплесков сейчас обычно составляет 5-10°. Понятно, что в области такого размера имеется множество объектов — источников излучения в различных диапазонах и часто нет ка-

ких-либо особых, примечательных источников. Скорее всего, источники гамма-всплесков труднонаблюдаемы в других диапазонах либо из-за того, что это компактные объекты с малой светимостью (например, нейтронные звезды), либо из-за их большой удаленности (внегалактические источники).

Гамма-всплески длятся от нескольких миллисекунд до 1000 секунд. Наблюдаются повторные вспышки крайне редко, а если это и удается, то нет уверенности в том, что это всплески от одного и того же источника в силу больших размеров области локализации. И все же астрофизики приблизились к разгадке природы именно таких источников рекуррентных гамма-всплесков, тогда как природа не-рекуррентных пока не разгадана.

Источники рекуррентных всплесков в «мягком» гамма-диапазоне наблюдаются уже 25 лет. Но это крайне малочисленный класс объектов. Сейчас известно всего три таких источника: SGR 1806-20, от которого было зарегистрировано более 100 вспышек за период 1979-1985 гг., SGR 0526-66 (16 вспышек) и SGR 1900 + 14 (3 вспышки) за тот же период. Напомним, что всего сейчас зарегистрировано около 1000 гамма-всплесков различных типов.

Находящийся на орбите прекрасной гамма-спутник GRO (Комптоновская обсерватория), на котором производится эксперимент BATSE, не открыл ни одного нового источника рекуррентных гамма-всплесков за 2,5 года при текущем темпе работы — 0,85 всплеска в день. Однако, именно наблюдения на этом спутнике, совместно с наблюдениями в других диапазонах, позволили отождествить источники SGR 1806-20 и SGR 0526-66 с остатками взрывов сверхновых.

Промежутки между повторными вспышками могут составлять от секунд до годов, при этом нет никакой периодичности. От SGR 1806-20 Комптоновская обсерватория зарегистрировала три вспышки 29 сентября 1993 г., а затем еще три 5 и 9 октября, и 10 ноября

1993 г. Характеристики пришедших квантов показывают, что за 10 лет механизм излучения мало изменился. Но главное, что 9 октября японским рентгеновским спутником ASCA зарегистрирована в области локализации SGR 1806-20 не только вспышка в гамма-диапазоне, но и обнаружен новый рентгеновский источник, который обозначен AX1805·7-2025. Причем, ранее этот регион наблюдался, но источник не был обнаружен. Рентгеновский спектр этого источника и поток излучения дали возможность оценить расстояние до источника (оно оказалось равным примерно 15—17 кпк) и уточнить его координаты. Источник отождествили с плерионом — представителем особого класса остатков взрывов сверхновых (к которому относится и Крабовидная туманность).

Этот плерион — радиоисточник G 10,0-0,3. Радионаблюдения выполнялись в NRAO (Национальная Радиоастрономическая Обсерватория) на телескопе VLA. Поток от источника составил от 1,3 до 3,3 Ян. Объект оказался плерионом, к которым относятся менее 10% остатков сверхновых. Если расстояние было оценено правильно, то это самый большой из известных плерионов (39 × 26 пк). Переменность излучения в радиодиапазоне обнаружить не удалось. Не замечены пока и струи, которые часто сопровождают бурные процессы в астрофизике (Земля и Вселенная, 1994, № 2).

Но это еще не все. Другой источник рекуррентных гамма-всплесков, SGR 0526-66, связывали с остатком сверхновой N 49 в Большом Магеллановом Облаке. Наблюдали мощнейший всплеск 5 марта 1979 года — событие с наименьшей (наилучшей) областью локализации. Рентгеновский спутник ROSAT исследовал регион N 49. Получено изображение источника, которое попадает в область локализации источника гамма-всплеска 5 марта 1979 г. Таким образом, два из трех мягких источников повторяющихся гамма-всплесков оказались связаны с особым и достаточно редким типом остатков сверхновых — плерионами.

Квazarы — 30 лет спустя *

Б. В. КОМБЕРГ,
доктор физико-математических наук
Астрокосмический центр ФИАН

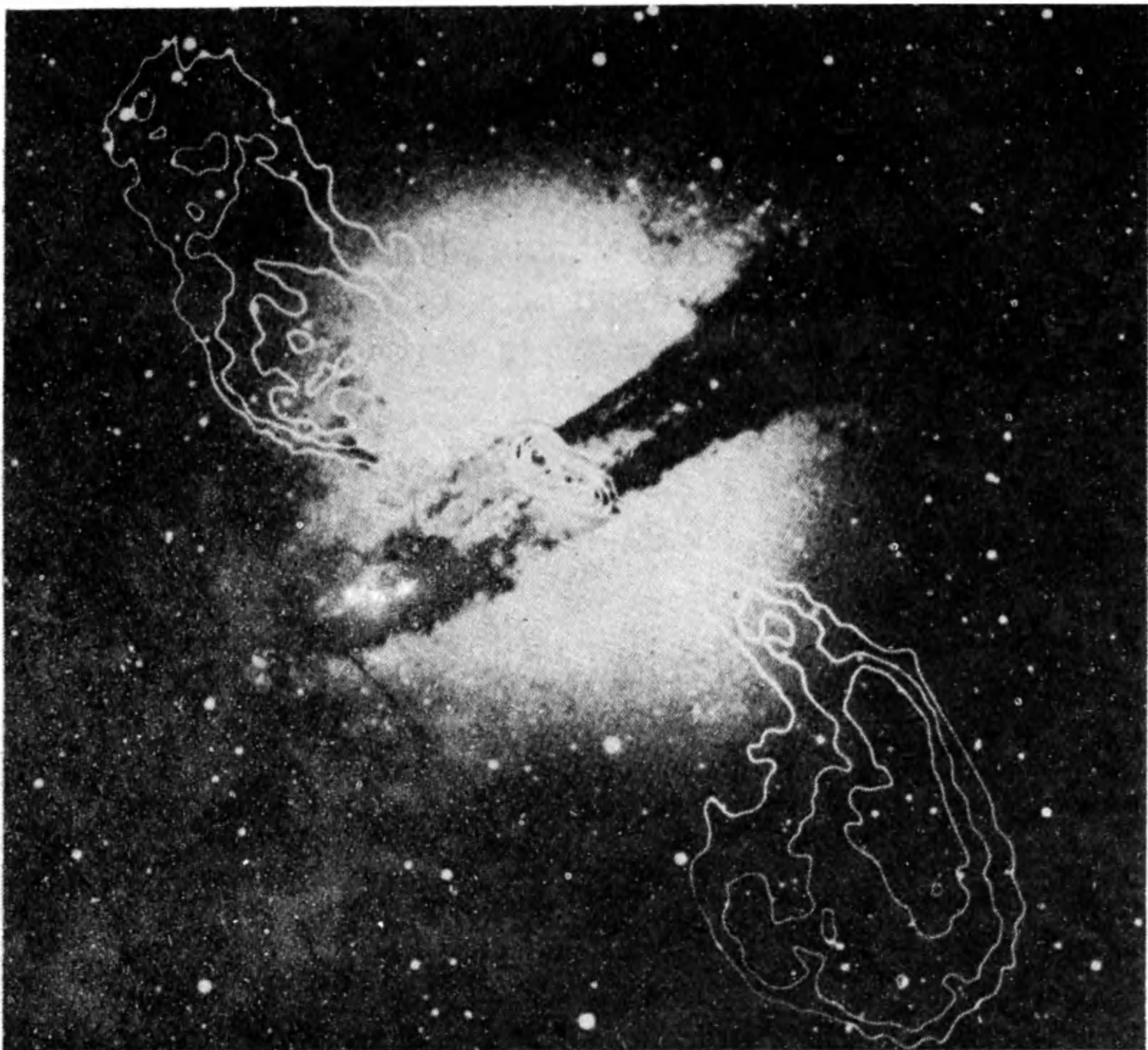
В. Сразу после открытия первых квазаров, которые по светимости в сотни и даже тысячи раз превосходили нормальные галактики, у астрономов появилась надежда, что с их помощью удастся, наконец, получить достоверные сведения о Метагалактике в целом. Ведь современные телескопы обнаруживают квазары почти на краю наблюдаемого Мира. Действительно, $Z = 5$ соответствует эпохе, отстоящей до времени всего на $T_0/6$ от «начала», где T_0 — время жизни Метагалактики. Этот факт удивителен, так как из него следует, что уже в эту раннюю эпоху (в первый миллиард лет) успели возникнуть массивные галактики, в центральных областях которых загорелись квазары. Удивляет и то, что линии излучения в спектрах как очень далеких, так и очень близких КЗО примерно одинаковы, что свидетельствует о раннем звездообразовании в галактиках, кото-



рое только и может служить поставщиком тяжелых элементов в околоядерную среду, ионизованную мощным УФ-излучением от очень активного ядра — квазара. Поэтому многие астрофизики, начиная с И. С. Шкловского, предлагали искать молодые галактики по их мощному излучению в линиях металлов и водорода. Однако пока такие попытки не увенчались успехом. Было найдено несколько десятков очень далеких галактик (самая далекая из них имеет $Z=3,8!$), но их нельзя было отнести к числу «нормальных», так как у всех обнаружены очень активные яд-

ра. Поэтому не исключено, что бурное звездообразование и сильная протяженная (килопарсеки) область излучения в линиях связаны у них с воздействием на окружающий газ мощного излучения от ядра. Это тем более вероятно, что наблюдается совпадение вытянутостей радиоизлучающих и излучающих в линиях областей. Нельзя также исключить сценарий, по которому мощная вспышка звездообразования в центральных областях галактик и активность ядер — явления сопутствующие. Оба эти феномена могут быть обусловлены усилением темпа аккреции на ядро при взаимодействии или даже слиянии богатых газом галактик. Но почему же не наблюдаются «нормальные» далекие молодые галактики со вспышкой первичного звездообразования, охватывающей большую часть газа протогалактики? Ясного ответа на этот вопрос пока нет. Возможно, что первичное звездообразование начинается сначала в более плотной цент-

* Окончание. Начало в № 4, 1994 г.



Общий вид РГ Centaur A, отождествленной с гигантской центральной E-галактикой в группе. Видна мощная газопылевая полоса, сформировавшаяся, по-видимому, при прошлом слиянии E-галактики с богатой газом S-галактикой. (На рисунке показаны контуры центрального, относительно молодого, РИ общей протяженностью ~18 кпк.) В направлении север-юг у РГ имеются старые радиокомпоненты протяженностью до 1,5 Мпк

ральной области, распространяясь постепенно к периферии. Поэтому яркость эмиссионной туманности, связанной с таким процессом, в каждую эпоху будет невелика. В последние годы все большую популярность завоевывает представление, согласно которому первичными галактиками были маломассивные карлики, слияние которых в более массивные системы происходит в областях повышенной плотности первичных возмущений.

Отметим, что долгое время роль процессов слияния галактик в формировании более массивных систем недооценивалась. Однако факты — вещь упрямая. И хотя гипотеза Бааде и Минковского о радиогалактиках, как сталкивающихся галактиках, была в свое время отвергнута, но в более общем виде она в астрофизику вернулась. Дело в том, что большинство РГ, галактик Сейферта и даже хозяйских галактик у квазаров от-

носятся не совсем к обычным системам — в них видны искажения формы и повышено содержание газа и пыли. Это все может быть связано с прошлыми взаимодействиями или даже слияниями, которые способствуют усилению потоков вещества, оседающих к центру систем. Подобные особенности хорошо заметны в близких радиогалактиках, отождествляемых с массивными E-галактиками, с нехарактерными для этих типов галактик мощными газо-пылевыми образованиями (пример — Центавр-А с мощной газопылевой полосой).

Читатель, наверное, уже заметил, что хотя наша тема — свойства квазаров, однако нам все время приходится говорить и о других типах галактик с активными ядрами. И это вовсе не случайно. Дело в том, что астрофизики уже давно пытаются все наблюдаемое многообразие типов галактик с активными ядрами свести к нескольким основным типам, а остальные объяснять или особенностями ориентации оси радиовыброса по отношению к лучу зрения или(и) эволюционными превращениями одних типов активных ядер в другие. Схема, ставящая во главу угла ориентацию, получила название «унифицированной». Приверженцы унифицированной схемы (УС) полагают, что РГ и КЗО — один тип объектов, наблюдаемый под разными углами. И разным типам РГ соот-

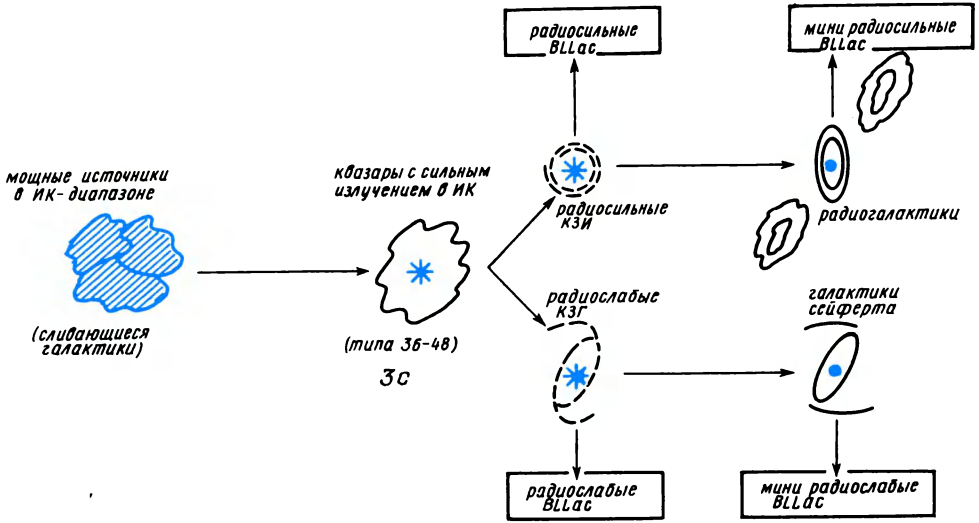
ветствуют и разные типы КЗО. В частности, радиогалактики типа FRI³ при наблюдении под малыми углами оси радиовыбросов ($< 10^\circ$) обладают высокой активностью, включая переменность, большей степенью поляризации. Радиогалактики типа FRII⁴ под малыми углами обладают свойствами КЗИ. При таком подходе, явно упрощенном на наш взгляд, многие наблюдательные особенности АГЯ разных типов остаются непонятными. Поэтому приходится говорить о «расширенной УС», когда учитывается не только роль ориентации оси радиовыброса, но и эволюционные изменения свойств активных ядер. Например, есть основание считать, что радиояркие КЗИ со временем превращаются в РГ, а радиослабые КЗГ — в галактики Сейферта. Не последнюю роль в этих эволюционных изменениях свойств АГЯ могут играть и процессы взаимодействия и(или) слияние галактик, вероятность которых сама сильно зависит от свойств окружения — в областях богатых скоплениях эта вероятность сильно увеличивается.

³ По классификации Фанарофф, Рили: FRI — радиогалактики с двумя широкими выбросами в радиодиапазоне.

⁴ FRII — радиогалактики с одним узким выбросом и протяженными радиокомпонентами, уярчающимися к периферии (типа Лебедя А).

КВАЗАРЫ И КОСМОЛОГИЯ

А. Мы уже говорили, что после открытия квазаров космологи надеялись с их помощью решить многие свои проблемы. Частично надежды оправдались, но далеко не все. И главное, космологам не удалось с помощью квазаров решить вопрос о модели Мира. Это связано с различными причинами. Например, не удалось, к сожалению, построить для квазаров зависимость $m(Z)$ и зависимость «угловой радиоразмер — Z ». В обоих случаях космологические эффекты, зависящие от модели Мира, пересиливаются эффектами эволюционными (изменение со временем светимости и радиоразмеров), которые астрофизики пока не умеют рассчитывать. Это, конечно, не означает, что КЗО оказались для космологии бесполезными. Наоборот, уже факт существования квазаров на больших красных смещениях заставил астрофизиков рассматривать варианты с ранним формированием галактик, чтобы уже к $Z \approx 5$ в них смогли загореться КЗО, сильно обогащенные металлами от ранних массивных звезд. По распределению КЗО в пространстве на разных космологических этапах можно делать некоторые выводы об эволюции крупномасштабной структуры в Метагалактике и о виде спектра первичных возмущений плотности, из которых в дальнейшем формируют-



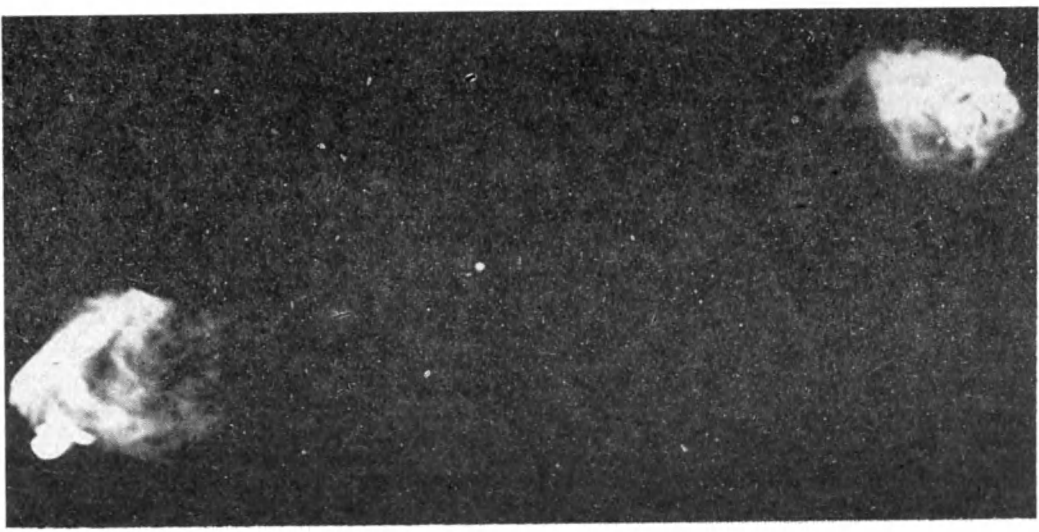
Расширенная унифицированная схема для галактик с активными ядрами, учитывающая изменения наблюдаемых свойств активных ядер как за счет космологической эволюции, так и при разных углах осей радиовыбросов к лучу зрения

ся все объекты от галактик до сверхскоплений. Кроме того, квазары оказа-

лись незаменимыми для просвечивания Метагалактики. Действительно, в спектрах далеких квазаров обнаружили многочисленные линии поглощения. Причем эти линии, как выяснилось, принадлежат к трем разным «сортам». Одни, с $Z_{abs} \approx Z_{emis}$ образуются в разлетающейся оболочке

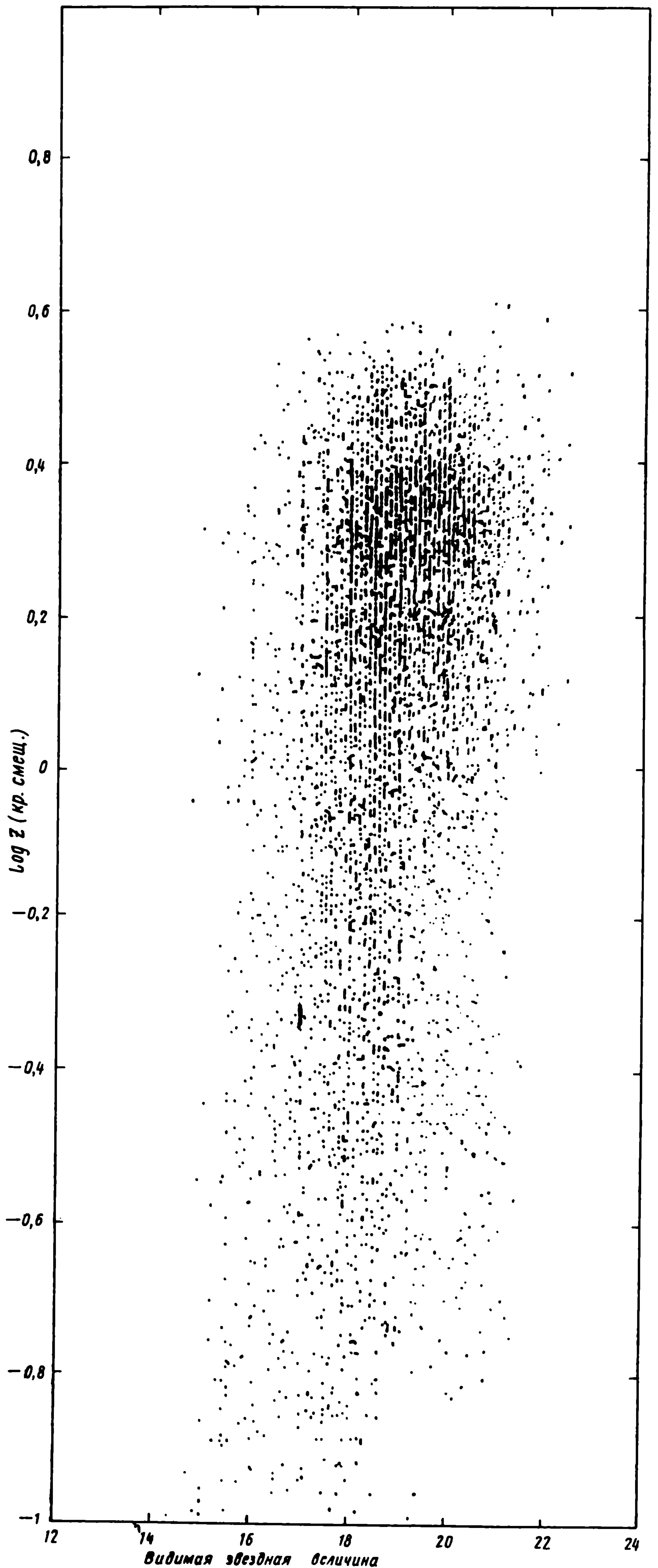
самого КЗО и бывают иногда очень широкими (несколько тысяч км/с). Они располагаются в спектре КЗО на месте коротковолнового крыла со-

Радиокарта РГ Лебедь А. Виден РИ в ядре, узкий радиовыброс и протяженные радиокомпоненты сложной формы



ответствующих линий излучения. Другие, с $Z_{\text{abs}} \ll \ll Z_{\text{emis}}$ с широкими линиями (в сотни км/с), образуются по дороге в протяженных коронах галактик, случайно попавших на луч зрения. Среди них встречаются УФ-линии высокоионизованных элементов, характерные и для короны нашей Галактики. Эти линии распределены неоднородно по Z , что легко понять, если предположить, что галактики на луче зрения могут быть собраны в скопления.

Третий тип линий поглощения в спектрах далеких КЗО долгое время не удавалось отождествить с линиями каких-то известных и распространенных элементов. Тогда Р. Линде предположил, что они представляют из себя линии L_{α} водорода ($\lambda_0 = 1216 \text{ \AA}$), но сдвинутые на разные z . Эти многочисленные линии получили название « L_{α} -леса». Их число на единицу ΔZ быстро нарастает с ростом Z , причем закон нарастания усиливается по мере увеличения Z , так что при $Z \approx 5$ « L_{α} -лес» превращается в « L_{α} -стену». На больших красных смещениях излучение на длинах волн короче L_{α} ($\lambda_0 = 1216 \text{ \AA}$) сильно поглощается, так как отдельные H I облака на просвет сливаются в сплошную стену. Линии « L_{α} -леса» имеют ширину всего в несколько десятков км/с и не обнаруживают скученности на масштабах скоплений галактик. Заметим, линии поглощения « L_{α} -леса» исчезают при приближении



«Хаббловская» зависимость $\log z$ - m для 7315 квазаров из последнего каталога А. Хюитт, Дж. Бербидж. Из-за большого разброса внутренней светимости квазаров по ней невозможно выбрать модель Мира

$Z_{abs} \ll Z_{emis}$. Это связано с тем, что мощное УФ-излучение КЗО ионизирует расположенные в области (размером около одного мегапарсека) вокруг себя HI-облака. Природа облаков, ответственных за появление линий поглощения «L_α-леса», не совсем ясна. Возможно, они имеют первичное происхождение, но не исключено, что они входят и в состав каких-то галактических систем.

Далеким квазарам могут пригодиться и для просвечивания диффузной межгалактической среды. Еще в 1965 г. Дж. Ганн и В. Петерсон отметили, что в спектре квазара 3C9 ($Z \approx 1$) не видно подавления излучения с коротковолновой стороны от самой сильной линии излучения L_α. Отсюда следовало, что межгалактический водород в эти эпохи очень сильно ионизован. Откуда же берутся энергичные кванты в необходимом для ионизации нейтрального водорода количестве? Возможно, за эту вторичную ионизацию ответственны как раз квазары, пространственная плотность которых в эпоху их максимального темпа образования ($z^* \approx 2-3$) может достигать $10^{-6}/\text{Мпк}^3$.

Б. Квазарам была уготована главная роль и в пьесе, которую можно было назвать, по аналогии с известной кинокартиной, «Неоконченная пьеса для поиска гравитационных линз». Для автора статьи пьеса началась в конце 60-х гг., когда он задумался над вопросом, почему в спектрах одних КЗО наблюдалось много

систем линий поглощения, а в других — ни одной. Одним из возможных ответов на данный вопрос было предположение о заметной роли эффектов гравитационного линзирования, когда роль гравитационных линз выполняли галактики, случайно попадающие на луч зрения. Известно, что о возможной роли галактик в качестве гравитационных линз говорил в 1937 г. Ф. Цвикки, а еще раньше в работах А. Эйнштейна и О. Хвольсона содержались указания на возможность искривления лучей света под действием тяготения фоновых звезд. Ясно, что вероятность попадания галактики-линзы на луч зрения между наблюдателем и источником возрастает по мере увеличения расстояния до источника. После обнаружения далеких КЗО интерес к наблюдению с их помощью эффектов линзирования на галактиках возрос. Линзирование, во-первых, увеличивает яркость источника, во-вторых, расщепляет его изображение, в-третьих, вносит задержку в переменность разных изображений (если источник сам переменен). Прежде всего астрономы обратили внимание на эффект увеличения яркости. Например, появились работы, в которых КЗО считались просто далекими галактиками Сейферта, яркость которых усилена за счет эффектов гравитационных линз. Да и особенности излучения некоторых внегалактических объектов предлагалось объяснить за счет линзирования

обычных КЗО. Впоследствии такое объяснение не получило подтверждения. Однако отмечался интересный факт, что КЗО, в спектрах которых видны линии поглощения, ярче в среднем, чем КЗО без линий поглощения. Говоря о расщеплении изображений КЗО, надо отметить эффекты гравлинзирования отличать от наблюдения истинных пар объектов (например, пар галактик, которые встречаются достаточно часто). Правда, из-за краткости времени жизни КЗО мы можем наблюдать истинную пару КЗО лишь в 1/1000 случаев. Пример истинной пары — объект PHL 1222 с $Z \approx 1,91$ и угловым разнесом компонент около $3'',3$ (50 кпк). Когда число отождествленных КЗО превысило 1000 (это был 1977 г.), автор послал И. Д. Караченцеву в Специальную астрофизическую обсерваторию письмо с предложением искать истинные пары КЗО с помощью 6-метрового телескопа-рефлектора. Однако это не было сделано из-за малого поля зрения телескопа. Первая тесная пара КЗО с близкими красными смещениями была случайно обнаружена группой П. Волша (Англия) в 1979 г. во время поиска КЗО в области высокоширотных полей. Эту пару квазаров (Q 0957 + 561 A, B) многие астрономы рассматривали как первый случай обнаружения гравлинзового расщепления, несмотря на то, что предполагаемая галактика-линза на $Z \approx 0,4$ распо-

ложена очень несимметрично (всего в $1''$ от изображения В). Однако автор допускал возможность, что группа Волша нашла истинную пару КЗО. Автор даже заключил пари с В. Ф. Шварцманом, оставшееся, к сожалению, незавершенным из-за безвременной кончины Шварцмана в 1987 г. Условия пари были четко оговорены: если будет обнаружена одинаковая, но раздвинутая по времени переменность изображений А и В, то можно считать пару следствием эффекта гравитационной линзы, если же на фотографии между изображениями А и В будут видны приливные эффекты, то эта пара истинная (на $Z_{em} \approx 1,4$ угловой разнос в $6''$ соответствует линейному расстоянию всего 50 кпк). Из того, что к настоящему времени стало известно об этой системе, напрашивается вывод о ее гравитационной природе, хотя для объяснения наблюдаемых свойств в оптике и радио недостаточно учитывать только галактику, играющую роль гравитационной линзы, а надо еще рассматривать эффект от всего скопления, в состав которого входит эта галактика. В общем, картина получается довольно сложная.

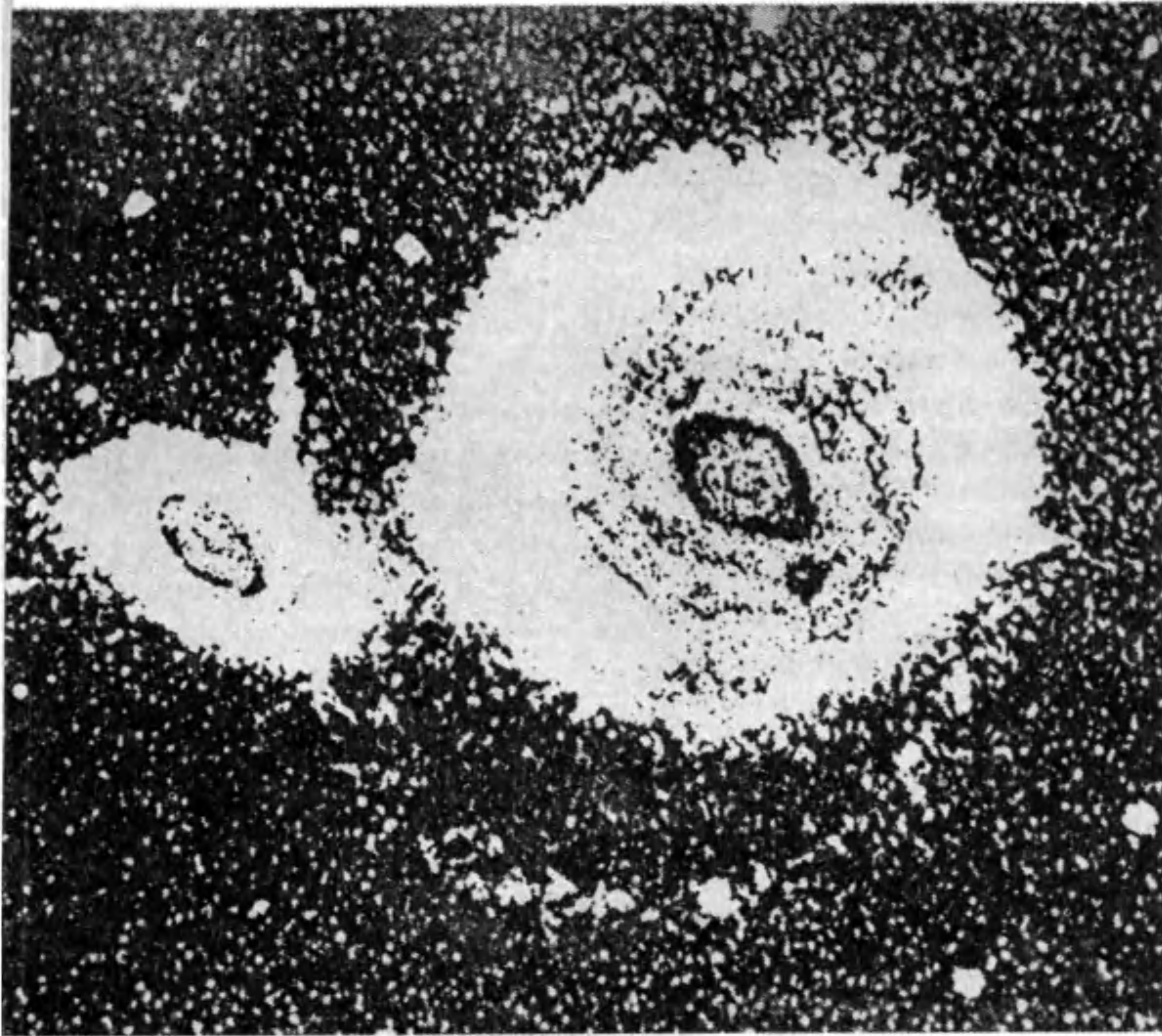
К началу 1994 г. обнаружено около 20 «пар» КЗО с расщеплением «компонент» на угловые расстояния менее $10''$. При более внимательном рассмотрении некоторые из них оказались триплетами, а есть даже квартеты («кресты Эйнштей-

на»). В радиодиапазоне обнаружено несколько кольцеобразных структур с неоднородным распределением яркости по кольцу. Возможно, здесь мы имеем случаи, когда далекий радиисточник, галактика-линза и наблюдатель расположены примерно на одной прямой. Интересные примеры гравитационных линз в виде протяженных светимых дуг обнаружили вблизи центральных массивных галактик скопления Р. Линде и В. Петросян (США). Доказательством их «гравлинзовой природы» служит тот факт, что красные смещения дуг оказались примерно в два раза большими, чем красные смещения галактик-линз.

Все перечисленные случаи возможного гравлинзирования на галактиках или даже скоплениях галактик называют **макролинзированием** в отличие от случаев, когда линзами могут быть звездные объекты (**микролинзирование**). При маломассивной линзе-звезде расщепление изображения будет примерно в 10^5 раз меньшим и практически ненаблюдаемым. А вот усиление яркости объекта может быть заметным и переменным, если считать, что линза, объект и наблюдатель движутся относительно друг друга. Намеки на существование эффектов «микролинзирования» были выявлены в случае самой яркой компоненты в одном из известных среди КЗО «кресте Эйнштейна». Кроме того, согласно работе М. Ховкинса,

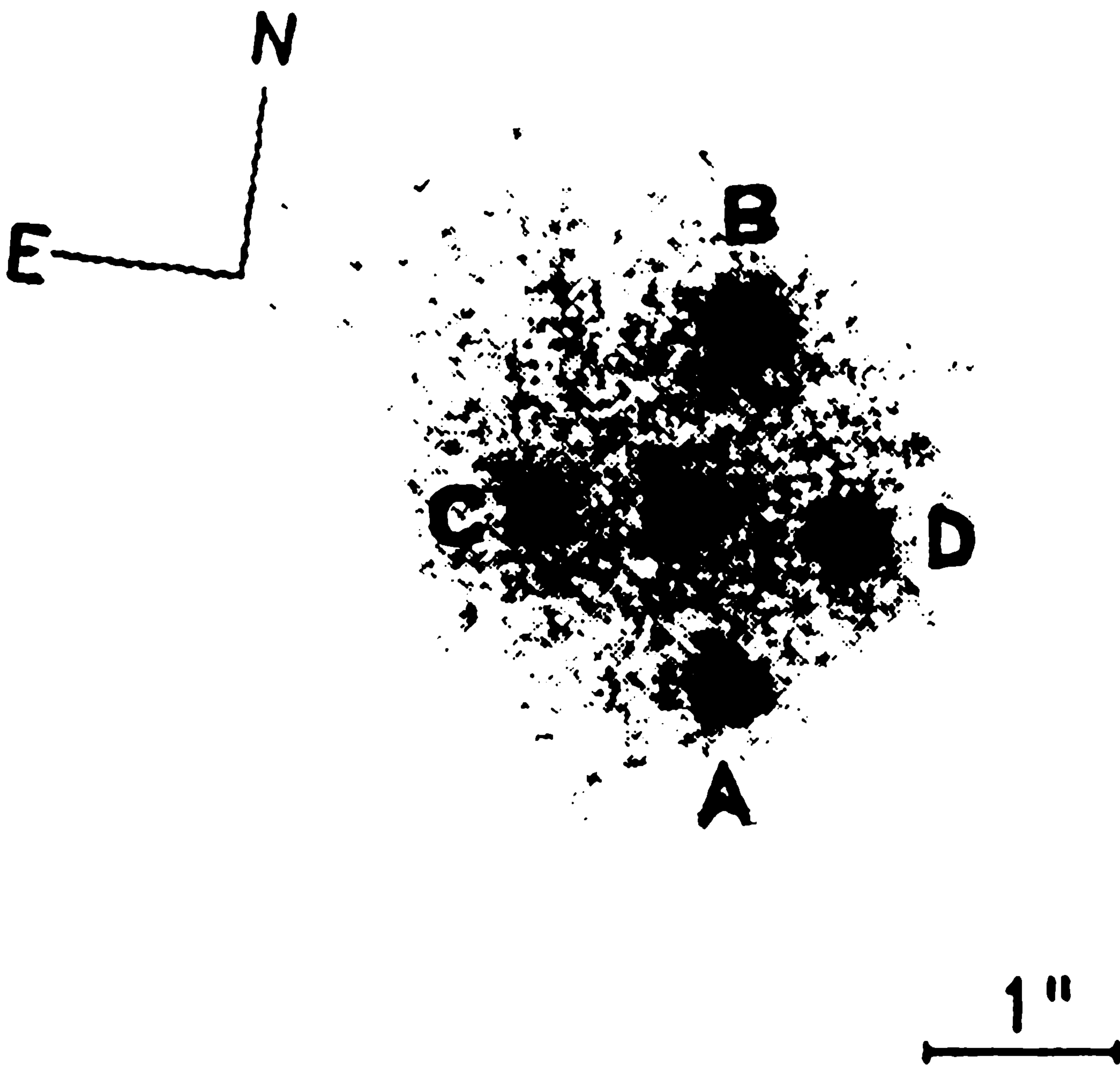
получается, что в кривых оптического блеска далеких КЗО, у которых $Z > 1$, есть более или менее одинаковая компонента переменности с амплитудой 1^m и характерным временем 5-10 лет. По мнению автора, эта компонента может быть обусловлена присутствием в коронах далеких галактик, попавших на луч зрения, или (и) в межгалактической среде гравитационных линз с массами $\sim 0,1 M_{\odot}$, движущихся с относительными скоростями порядка 600 км/с. Если этот вывод будет подтвержден и по данным о радиопеременности КЗИ, то, не исключено, что удастся получить результаты, приближающие нас к разгадке природы «скрытой массы». А ведь это до сих пор одна из главных «головных болей» астрофизиков. Причем в роли носителей скрытой массы могут помимо экзотических представителей (массивные нейтрино, маломассивные первичные черные дыры и т. п.) вполне оказаться или маломассивные красные карлики ($M > 0,08 M_{\odot}$), или пока гипотетические еще менее массивные «юпитеры» — коричневые карлики.

В. Итак, что же дали квазары? Вообще, можно сказать, что квазары оправдали далеко не все надежды астрофизиков. Действительно, с помощью квазаров не удалось построить убедительную модель Мира, хотя они и позволили расширить границы наблюдаемой Метагалактики до

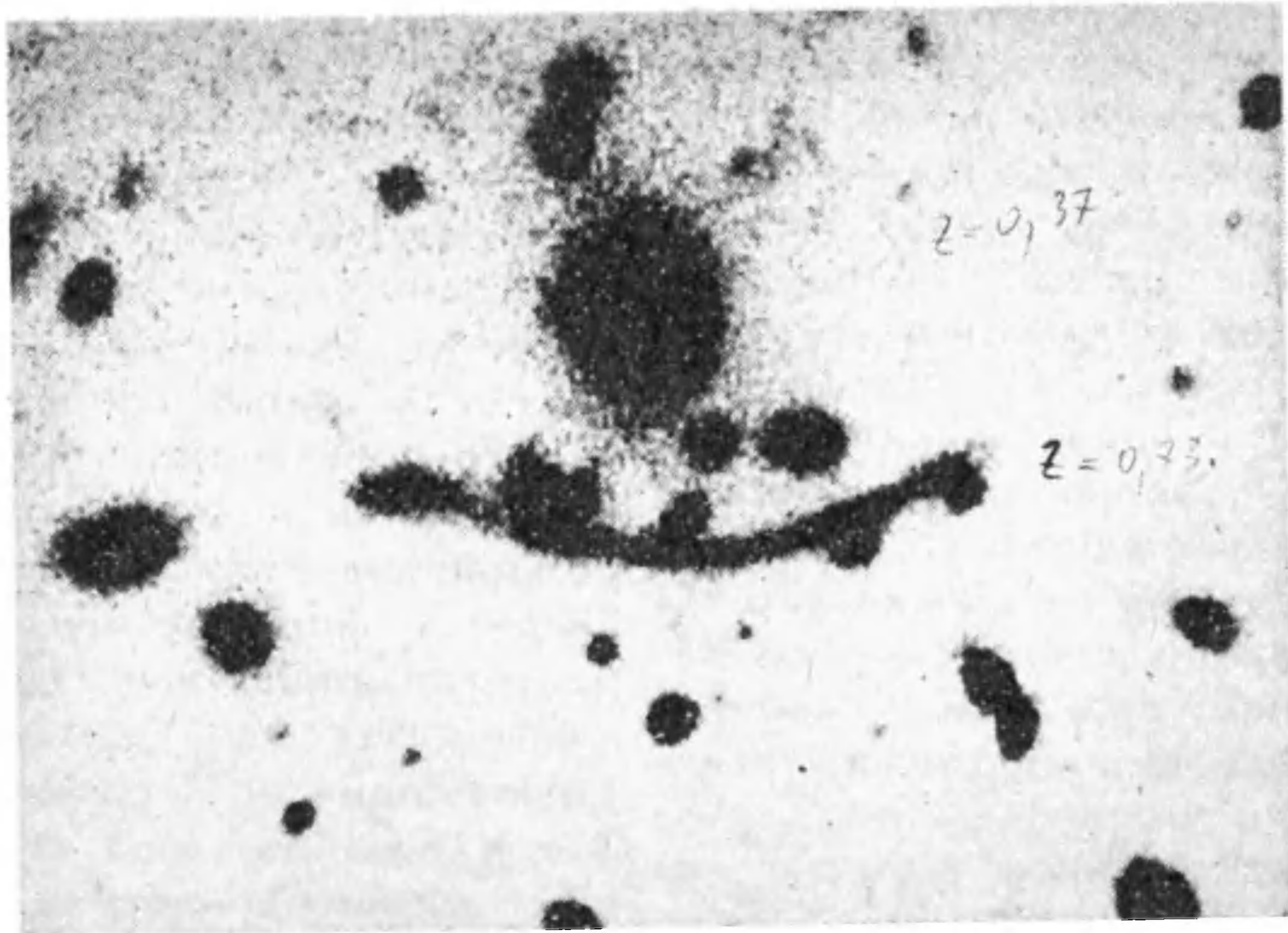


Истинная тесная ($\Delta\theta = 3''$; 50 кпк) пара квазаров PHL 1222 ($Z_{em} = 1,91$)

10^9 лет от «начала». Квазары в силу своей удаленности с успехом используются для просвечивания Вселенной, но их удаленность затрудняет исследования природы активности ядер галактик. Для этого лучше подходят более близкие объекты с активными ядрами, например, радиогалактики или галактики Сейферта. В исследовании сейфертовских галактик внесли большой вклад и советские астрономы: Б. Е. Маркарян, Э. Е. Хачеян, М. А. Аракелян, Дж. Степанян, В. Л. Липовецкий, С. Н. Неизвестный, Э. А. Дибай, В. И. Проник, В. М. Лютый, В. Ф. Есипов и другие. Хотя по темпу энерговыделения они в сотни раз уступают активности квазаров, однако по многим свойствам (нетепловому характеру и переменности излучения, наличию анизотропных выбросов, сильному потоку в линиях) активные галактические ядра разных типов имеют и много общего. Поэтому для построения модели квазаров можно использовать сведения, полученные при



Гравлинзовое оптическое изображение (квартет «Эйнштейна») квазара G 2237+0305 ($Z_{em} = 1,695$). В центре видна галактика-линза ($m = 14, Z = 0,039$)



Изображение гигантской светимой дуги в скоплении Abell 370. Гравитационной линзой для далекой яркой галактики ($Z_{em} = 0,73$) служит, по-видимому, массивная центральная галактика этого скопления ($Z_{em} = 0,37$)

изучении и других типов активных ядер галактик.

На сегодняшний день удовлетворительной модели активности ядер галактик, к сожалению, еще нет. Это и не удивительно. Ведь даже на уровне звезд остается много неясного. Не построены модели взрыва сверхновых, нет достоверной теории излучения пульсаров, не очень ясно возникновение газовых выбросов от многих молодых звезд. Даже наше Солнце таит в себе много загадок. И все же, основные черты будущей модели активного ядра уже вырисовываются. По-видимому, в центрах массивных галактик могут формироваться компактные ($< 10^{16}$ см), массивные ($10^7-9 M_{\odot}$) объекты (возможно, даже черные дыры), на которые аккрецирует окружающее замагниченное вещество (включая и разрушенные приливными силами звезды) с темпом ($10^{-1} - 10^{+2}$) M_{\odot} /год. Это вещество обладает угловым моментом, достаточным для формирования

компактного объекта быстро вращающегося ядерного диска, по оси которого от ядра оттекает сверхзвуковой ветер. Его скорость может достигать десятков тысяч километров в секунду, что определяется по ширинам линий излучения в спектрах. Кроме сверхзвукового течения (ветра) вблизи ядра возникают условия для ускорения до высоких энергий большого числа заряженных частиц, формирующих релятивистский выброс, тянущийся иногда на сотни килопарсек от ядра. Скорее всего, в ускорении частиц и формировании выбросов принимают непосредственное участие сильные магнитные поля, достигающие в окрестностях ядерной области величин порядка тысяч гаусс. Об этом свидетельствуют как изогнутые траектории движения компактных «сверхсветовых» компонент, так и их заметная степень поляризации. Вряд ли релятивистские электроны могут уходить на такие расстояния из-за

потерь на синхротронное излучение — для них требуется дополнительное ускорение, которое могут сообщать ударные волны, наблюдаемые в виде отдельных узлов в выбросе или в виде «горячих пятен» в протяженных радиокомпонентах. Не исключено, что в активных ядрах галактик работают «протонные ускорители», а релятивистские электроны рождаются при взаимодействии протонов с неоднородностями среды на пути выброса. Жесткое рентгеновское и гамма-излучение, скорее всего, связаны с комптоновским рассеянием релятивистских частиц на более мягких квантах синхротронного излучения. В околоядерных областях и дисках вокруг активных ядер галактик возможны и вспышки звездообразования, могущие обеспечить заметный вклад в излучение в УФ-области и в диапазоне мягкого рентгеновского излучения.

Все основные гипотезы относительно природы экстремальной активности КЗО были высказаны почти сразу после их обнаружения. Главные из этих гипотез: компактное звездное скопление и многочисленные вспышки сверхновых в нем; массивный замагниченный

ротатор (массивный пульсар); сверхмассивная звезда, удерживаемая от сжатия давлением излучения; массивная черная дыра с аккреционным диском. Хотя голосование не есть критерий истины в науке, однако оно все-таки отражает современный уровень понимания проблемы. Так вот, на сегодняшний день «голосование» среди астрофизиков по вопросу о модели активного ядра галактик дало бы следующий ответ: массивная черная дыра с аккреционным диском. Но даже при этом ответе возможны варианты. Еще В. Фаулер, рассматривая вместе с Ф. Хойлом проблему гравитационного коллапса газового облака, приводящего в конечном итоге к формированию массивной «сверхзвезды», говорил о том, что облако может развалиться на пару связанных между собой объектов. Такой сценарий позволял «сбросить» на орбитальное вращение момент вращения облака и позволял каждому из этой пары объектов продолжить сжатие. По этой же причине 80% звезд Галактики оказались двойными. Впоследствии автор этих строк выдвинул гипотезу, что и квазары представляют из себя пару массивных объектов, и постарался ее аргумен-

тировать наличием в спектрах некоторых КЗО раздвоенности линий излучения. В последние годы эта точка зрения находит все больше приверженцев, подтверждаясь с теоретической и с наблюдательной точек зрения. Особенно поразительно качественное сходство свойств активных ядер галактик и хорошо известной читателям «Земли и Вселенной» двойной звездной системы SS-433, расположенной в диске нашей Галактики.

Слабая активность ядер (10^{42} эрг/с) наблюдается почти во всех типах галактик, а сильная активность — явление довольно редкое даже в массивных галактиках. Не исключено, что по крайней мере в некоторых из них могут существовать «мертвые» квазары, т. е. массивные компактные объекты в центральной области, не получающие по тем или иным причинам достаточного для активности «питания»: Эти «спящие вулканы», вообще говоря, могут и ожить при выполнении некоторых условий. Например, при тесном взаимодействии или даже слиянии бедной газом хозяйской галактики с богатым спутником. Такие случаи действительно известны. Вообще, в последние годы астрофизики осознали, что они очень недооценивали

роль слияния галактик в процессе возникновения весьма массивных образований в центрах скоплений и групп и появлении повышенной активности в их ядрах. Таким образом, на новом витке спирали нашего понимания природы активности ядер возрождаются старые идеи Бааде и Минковского о радиогалактиках как сталкивающихся или взаимодействующих системах. Это в еще большей степени можно отнести и к квазарам, которые, подобно большим открытиям в науке, сначала были восприняты как «ересь», а по мере накопления фактов переходят в разряд «банальности». Если, конечно, банальностью можно назвать такое грандиозное явление природы, как активность ядер галактик. Ведь по уровню своей энергоемкости экстремальное проявление этой активности в квазарах занимает, по-видимому, одно из первых мест после «Большого Взрыва», с той только разницей, что энергия «Большого Взрыва» черпается из энергии первичного физического вакуума (согласно современной теории инфляции), а энергия активного ядра — из энергии гравитационного сжатия или из энергии вращения «магнитного ротатора».

Самые высокие облака Земли

*Светлой памяти моих эстонских друзей
Чарльза Йоханнесовича Виллманна и
Олева Августовича Авасте посвящаю*

А. И. ЛАЗАРЕВ,
доктор технических наук
ВНЦ «Государственный оптический
институт им. С. И. Вавилова»

Это одно из самых впечатляющих и довольно загадочных явлений природы Земли. За 100 лет его изучения многое стало понятным, особенно с началом регулярных на-



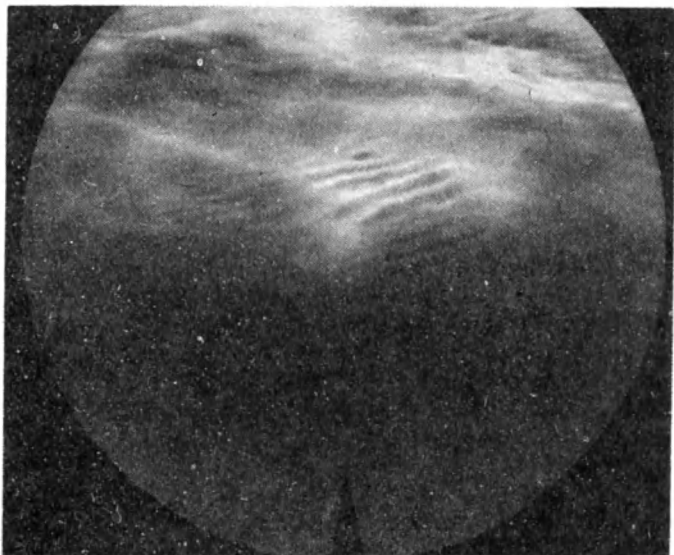
блюдений нашей планеты из космоса. Но до сего времени проблема происхождения серебристых облаков полностью не решена.

ТАИНСТВЕННЫЕ СЕРЕБРИСТЫЕ ОБЛАКА

В прекрасную летнюю ночь 12 июня 1885 г. астроном Московской обсерватории (впоследствии ее директор) В. К. Цераский, возвращаясь домой, по привычке посмотрел на небо и вдруг заметил там, где только что были звезды, яркие с голубым отливом при-

зрачные облака с тонкой волоконистой структурой. Открытое им явление Цераский назвал ночными светящимися облаками. Впоследствии немецкий ученый О. Иессе дал им более поэтичное название — «серебристые облака».

Увиденное явление настолько поразило ученого, что он решил продолжить наблюдения и в последующие ночи, а спустя две недели вместе с астрономом А. А. Белопольским (1854-1934), в дальнейшем — директором Пулковской обсерватории, по измерениям из двух удаленных друг от друга пунктов определил высоту этих ночных образований. Она оказалась около 80 км, что по современным представлениям соответствует мезопаузе.



Структурные образования — яркие полосы, волны, флер — в серебристых облаках при наблюдении с поверхности Земли

Как потом выяснилось, серебристые облака наблюдали в том же году Т. Бакгауз в Киссингене (8 июня) и В. Ласка в Праге (10 июня). Несколько лет спустя появились соответствующие публикации. Серьезные же исследования серебристых облаков в 1885 г. и последующих годах выполнили Э. Гартвиг в Тарту и О. Иессе в Штеглице. Многочисленные измерения, выполненные Иессе, уточнили результаты В. К. Цераского и А. А. Белопольского, но поправки оказались незначительными.

В дальнейшем необычные облака изучали Л. А. Кулик (1883-1942), И. А. Хвостиков (1910-69), Н. И. Гришин, В. А. Бронштэн (автор вышедшей в 1984 г. монографии «Серебристые облака и их наблюдения») и др. Во время Международного геофизического года (1957-1958) и Международного года спокойного

Солнца (1964-1965) их наблюдение осуществлялось по единой программе. На территории СССР за ними следили около 30 станций и экспедиций Всесоюзного астрономо-геодезического общества и более 200 гидрометеорологических станций.

До 1964 г. исследования климатологии серебристых облаков проводились, как правило, по материалам одной или нескольких станций. После введения единой международной программы исследований стало возможно использовать результаты более обширных наблюдений. В 1964 г. в Тарту при Институте астрофизики и физики атмосферы АН Эстонии был создан специальный геофизический центр во главе с Ч. И. Виллманном, который взял на себя координацию исследований серебристых облаков всей сети станций гидрометеорологической службы СССР.

Необычайная высота над поверхностью Земли серебристых облаков (80-85 км) вызвала особое внимание у исследователей земной атмосферы. Слой, в котором они появляются, один из интересных. Он расположен в Д-области ионосферы (50-90 км). Здесь же находится зона максимального поглощения радиоволн, нижняя граница мощных полярных сияний, первый слой эмиссионного излучения атмосферы, область температурной инверсии (с минимумом температуры 115-120 К).

До начала космических полетов изучение серебристых облаков проводилось, в основном, с помощью наземных и самолетных исследований на сумеречном горизонте Земли, а также с геофизических ракет, запускаемых на высоту более 90 км. В результате этих экспериментов было получено представление о пространственно-временном распределении, структуре и природе серебристых облаков.

Средняя высота появления серебристых облаков составляет около 82 км, что соответствует высоте мезопаузы — слое атмосферы на высоте 80-90 км. В северном полушарии они наблюдались обычно севернее 45° с. ш., а в южном — южнее



Ч. И. Виллманн (1923-1992),
руководивший координацией
исследований серебристых
облаков

52° ю. ш. Единичные наблюдения между 42° с. ш. и 52° ю. ш. рассматривались как аномальные события. Результаты многолетних наземных наблюдений не выявили зависимости частоты появления серебристых облаков от долготы.

Серебристые облака в северном полушарии можно видеть с первой половины марта по октябрь-ноябрь. При этом до 90% наблюдений приходится на июнь-август. Чаще всего серебристые облака наблюдались через две-четыре недели после летнего солнцестояния. В более северных

широтах сезон наиболее частого появления серебристых облаков смещается на более поздние сроки. В южном полушарии их максимум приходится на январь. Продолжительность наблюдения — от нескольких минут до четырех часов и более. Облака имеют тенденцию появляться в течение нескольких дней подряд в виде своеобразной серии. Результаты наземных измерений позволили выявить 11-летнюю периодичность в активности появления серебристых облаков с максимумом примерно через два года

после периода спокойного Солнца.

По классификации, предложенной Н. И. Гришиным, различают ряд структурных форм серебристых облаков: **флер**, **полосы**, **волны** и **вихри**. Флер — достаточно однородная туманообразная масса, присутствующая всегда в серебристых облаках и обычно заполняющая пространство между другими формами. На фоне флера выделяются довольно размытые туманообразные полосы, а резко очерченные полосы с более высоким контрастом называют струями. Достаточно четко обычно видны на фоне флера также волны. Чаще всего их длина — 3-12, 20-100 и более 100 км (иногда до 250-280 км). Вихри по форме напоминают вихревые образования в тропосферных облаках. Их диаметр варьирует от десяти до сотен километров. Интересно отметить, что подобные структуры наблюдаются и в полярных сияниях, нижний край которых находится примерно на тех же высотах, что и серебристые облака. Толщина серебристых облаков не превышает 2 км, в то время как вертикальная амплитуда волновых образований в их полосах и гребнях составляет 0,5-3,0 км.

Из чего же состоят серебристые облака? Этот вопрос, вставший еще пе-

ред их первыми исследователями, полностью не разрешен и по сей день. Появление серебристых облаков в июне 1885 г. связывали с извержением вулкана Кракатау в августе 1883 г. По оценкам вулканологов, объем изверженного пепла составил тогда 18 км³, масса вещества — 25-44 Мгт и высота газопепловой колонны — 70-80 км. Так возникла пылевая гипотеза, согласно которой серебристые облака образованы вулканической пылью. Яркие серебристые облака и светлые ночи наблюдались также с 30 июня по 2 июля 1908 г. после падения Тунгусского метеорита. В эти дни поле серебристых облаков, небывалое по своей яркости и протяженности, занимало не менее 5 млн км², а серебристые облака были зарегистрированы на 34 станциях. Вулканическая пылевая гипотеза дополнилась метеорной.

С 20-х годов нашего столетия стала развиваться ледяная (конденсационная) гипотеза. В 1926 г. Л. А. Кулик высказал предположение, что метеорные частицы в мезопаузе играют роль ядер конденсации при образовании серебристых облаков. Однако в связи с отсутствием правильных представлений о температуре и влажности мезопаузы предположение не получило дальнейшего развития. В 1950 г. эту гипотезу возродил В. А. Бронштэн, и она нашла практическое подтверждение. В 1962 г. во время шведско-американских

ракетных экспериментов были обнаружены с помощью ловушек частицы, содержащие твердые ядра предположительно с водной оболочкой.

В последнее время в генезисе серебристых облаков все большее внимание уделяется ионизации. Высказываются предположения о том, что ионы, образуемые водородом в воде могут служить как дополнительные ядрами конденсации, так и исходным материалом для образования серебристых облаков.

Второй вопрос связан с самим феноменом серебристых облаков: почему их заметили лишь немногим более 100 лет назад? Ответить на него попытались американские ученые, предположившие, что одним из источников водяного пара в мезопаузе, ответственным за образование серебристых облаков, является метан. Образующийся в приземном слое газ постепенно переносится через тропосферу в стратосферу, мезосферу и мезопаузу. По мнению американских ученых, окисление метана дает около половины паров воды над тропосферой, однако реально оно происходит ниже уровня серебристых облаков — на высотах менее 60 км. Но рост концентрации паров воды в стратосфере и мезосфере вследствие окисления метана приводит к уменьшению переноса паров воды кометного происхождения из мезопаузы в мезосферу и стратосферу. Установлено, что содержание ме-

тана в атмосфере увеличилось за последние 100 лет примерно вдвое и продолжает возрастать. А это приводит к росту концентрации водяного пара в мезосфере и мезопаузе и, следовательно, к повышению плотности и яркости серебристых облаков. По оценкам американских ученых, в начале 80-х гг. прошлого века яркость серебристых облаков стала превышать яркость сумеречного ореола атмосферы Земли при угле погружения Солнца 11°, когда впервые наблюдались серебристые облака.

НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ КОСМОСА

С появлением возможности визуальных и инструментальных исследований с пилотируемых космических кораблей, орбитальных станций и беспилотных космических аппаратов база для изучения серебристых облаков была вынесена за пределы атмосферы.

Первые попытки визуальных наблюдений серебристых облаков предприняли космонавты с космических кораблей «Восход» и «Восход-2». Экипажу «Восхода» (12-14 октября 1964 г.) не удалось обнаружить в мезопаузе ярко выраженные аэрозольные слои, которые можно было бы интерпретировать как серебристые облака. С космического корабля «Восход-2» (18-19 марта 1965 г.) А. А. Леонов заметил с высоты примерно 500 км у ночного

горизонта Земли резко очерченный слой серо-голубого цвета, изменявший цвет от ослепительно белого до ярко-красного; при этом уменьшался блеск звезд и планет. Его угловой размер — около 1,5°, что приблизительно соответствует 80 км высоты над поверхностью планеты. Свои впечатления космонавт-художник А. А. Леонов запечатлел на картине «Голубой пояс Земли», где изображен примыкающий к земному горизонту серо-голубой слой.

При наблюдении с космических кораблей «Союз-5» (15-19 января 1969 г.) и «Союз-12» (27-29 сентября 1973 г.) замечено, что цвет звезд изменялся от белого до желтого, а видимый блеск уменьшался в 2-2,5 раза. В ряде случаев изменения были едва заметными или не наблюдались вовсе. Дело, по-видимому, в плотности селективно ослабляющего слоя, состоящего из частиц размерами в несколько нанометров. Если этот слой в мезопаузе достаточно плотен, звезды и планеты становятся красноватыми, а их блеск заметно уменьшается. При разреженном слое они лишь желтеют.

При появлении плотных серебристых облаков происходит некоторое изменение в характере видимого излучения ночного светящегося слоя, связанное с селективным рассеянием и ослаблением серебристых облаков. Дело в том, что коэффициент рассеяния серебристых облаков в синезеленой области в

несколько раз больше, чем в красной. Поэтому наличие плотных облаков приводит к увеличению рассеянного ими эмиссионного излучения в синезеленой области спектра. Такое изменение цвета атмосферы над ночным горизонтом Земли наблюдал А. А. Леонов 19 марта 1965 г., и оно отражено на его картине «Голубой пояс Земли».

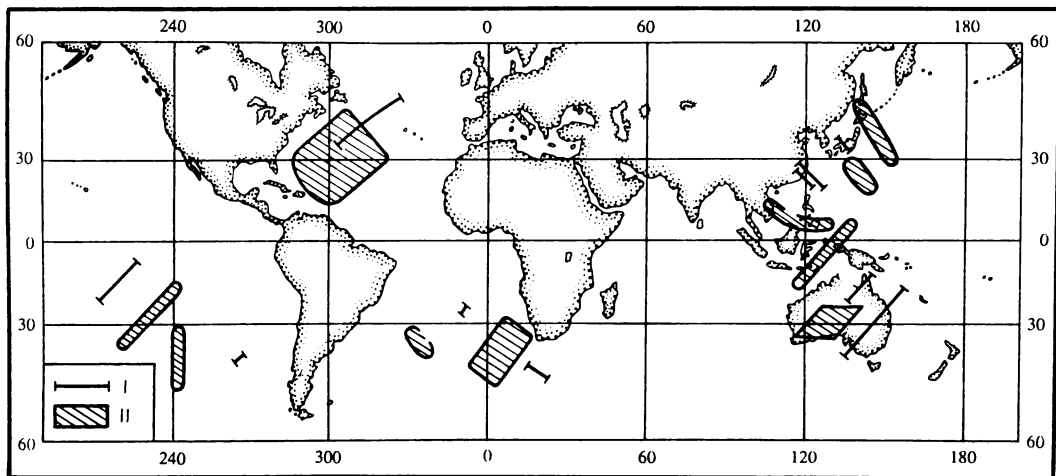
Другие космонавты это явление не наблюдали. Дело в том, что наклонение орбиты «Восход-2» составляло 65°, а апогей — около 500 км. Поэтому А. А. Леонов проводил наблюдения в высоких широтах, где существуют наиболее плотные аэрозольные образования в мезопаузах, получившие названия полярных мезосферных облаков. Большинство других отечественных пилотируемых космических кораблей имело наклонение орбиты 51,6°, а американских еще меньше.

Тонкий рассеивающий слой на высоте 84,3 км над полярными регионами обнаружен с помощью фотометра американского спутника «OGO-6» 5 июня 1969 г. Слой этот регистрировался над дневной поверхностью северной полярной области летом 1969 и 1970 гг. и над дневной поверхностью южной полярной области в конце 1969 г. Сходство с полярными мезосферными облаками было явным.

Первые визуальные наблюдения из космоса, проведенные В. И. Сева-

стьяновым с «Союза-9» 9 июня 1970 г., подтвердили принципиальную возможность наблюдения серебристых облаков из космоса на сумеречном горизонте Земли. В дальнейшем разработанная автором этой статьи программа оптических исследований, включавшая изучение серебристых облаков, была выполнена с орбитальных станций «Салют-4», «Салют-6», «Салют-7» и «Мир» в 1975-92 гг.

С 12 июня по 23 июля 1975 г. П. И. Климук и В. И. Севастьянов 27 раз наблюдали серебристые облака, несколько раз фотографировали и выполнили спектрометрический анализ. Особенно протяженные поля серебристых облаков наблюдались 3-4 июля 1975 г. на девяти витках полета подряд. В эти дни наблюдения велись и с наземных станций. По результатам космических и наземных наблюдений 3-4 июля 1975 г. подтверждено предположение о том, что поля серебристых облаков иногда образуют сплошную полосу, охватывающую в Северном полушарии более половины земного шара севернее 45° с. ш. Это предположение для южного полушария южнее 52° было подтверждено по результатам наблюдений Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко в январе 1978 г. с орбитальной станции «Салют-6». Наличие обширных полей серебристых облаков в настоящее время общепризнано.



Районы в высоких и экваториальных широтах, где экипаж «Салюта-6» (космонавты Ю. В. Романенко и Г. М. Гречко) наблюдал из космоса серебристые облака в марте-мае 1981 г.

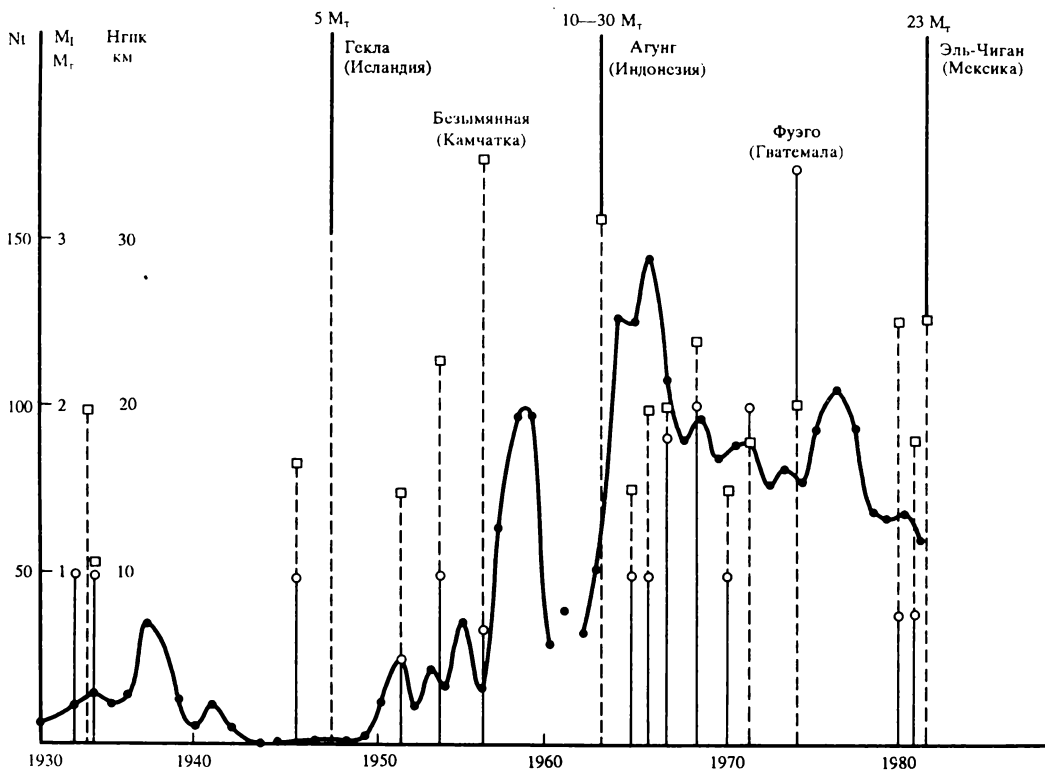
Оставался открытым вопрос о возможности существования серебристых облаков в экваториальных и низких широтах. В связи с этим для экипажа второй экспедиции на «Салюте-6» автором статьи была разработана уточненная программа наблюдений серебристых облаков. Они обнаружены на всех доступных для наблюдения с «Салюта-6» широтах, в том числе и на низких экваториальных. Данные результаты были подтверждены в последующих длительных экспедициях на «Салюте-6»; особенно интересные результаты дала пятая экспедиция. Существование серебристых облаков на низких и даже экваториальных широтах, причем не только в летний пе-

риод, следует из данных соединений (в основном В. В. Коваленка и В. П. Савиных). Они относятся к районам активного вулканизма (западное побережье Тихого океана, Яванская дуга и т. д.), и представляет, что и серебристые облака вулканического происхождения состоят не только из пыли и льда, но также из серной кислоты и углекислоты. Это позволило вернуться к гипотезе о влиянии вулканической деятельности Земли на образование серебристых облаков.

Из сопоставления данных о частоте появления серебристых облаков и о наиболее мощных извержениях вырисовывается определенная корреляция между серебристыми облаками и вулканической активностью: чаще всего серебристые облака возникают через один-три года после мощных вулканических извержений. Как известно, при извержениях вулканов в атмосферу (преимущественно в стратосферу) выбрасываются не только пылевые частицы, но и углекислый газ и пары серосодержащих соединений. Образующиеся в стратосфере аэрозольные слои содержат немало сернокислых

соединений (в основном серной кислоты). Нам представляется, что и серебристые облака вулканического происхождения состоят не только из пыли и льда, но также из серной кислоты и углекислоты. Возможно, что это подтверждает отмеченный космонавтами перламутровый цвет серебристых облаков.

В. П. Савиных во время полета на орбитальной станции «Салют-7» наблюдал уникальный случай возникновения и развития аэрозольных образований в стратосфере, мезосфере и мезопаузе из газопепловой колонны, сопровождавшей мощное извержение вулкана Руис (5400 м) в Колумбии 13 ноября 1985 г. На следующий день с борта «Салют-7» в атмосфере была обнаружена система облаков, простиравшихся от поверхности Земли до высоты мезопаузы (80-85 км). Облака имели четкую верхнюю границу в районе мезопаузы, а их протяженность по гори-



Число ночей в год с наблюдениями серебристых облаков за период 1930-82 гг. (N_t); высота столба газа и пепла при наиболее мощных вулканических извержениях этого периода (H) и масса изверженного вещества (M) в Мгт

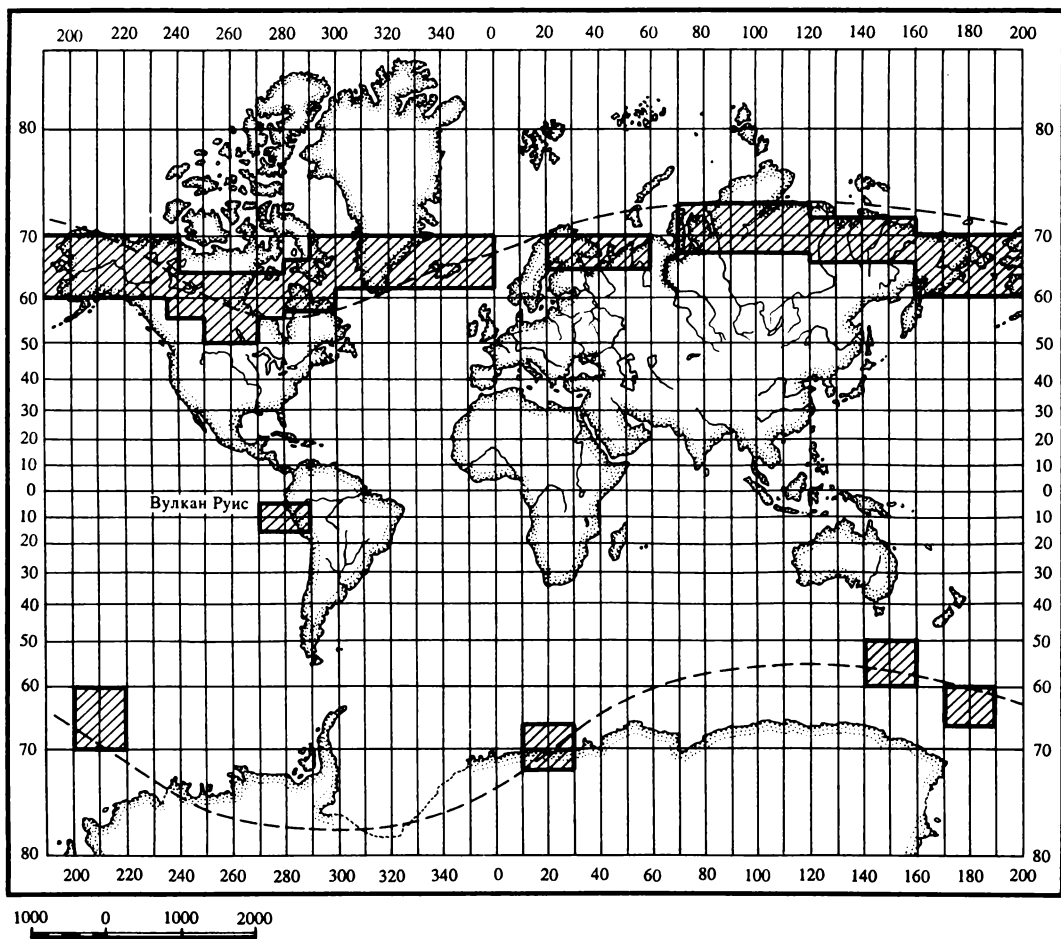
зонту составляла 70-80° (примерно 2500 км). Рядом виднелся обычный голубоватый ореол дневной атмосферы.

На следующий день аэрозольные образования наблюдались над Тихим океаном и Колумбией. На 611-м витке полета около 19 ч. 30 мин в течение примерно двух минут на высоте около 60 км в мезосфере был прослежен аэрозольный слой

протяженностью 2000 км. На следующих витках он оказался уже в стратосфере на высоте около 40 км во всем поле обзора иллюминатора. В этот день аэрозольный слой не имел видимых разрывов, его толщина составляла приблизительно 2 км, а максимальная протяженность примерно 4000 км. Еще через день его толщина уменьшилась до 1 км и стали отчетливо видны разрывы. Протяженность отдельных его участков (по наблюдениям на 625-629 витках) достигала 500-600 км. Затем в этом районе аэрозольные слои в страто-мезопаузе исчезли, а еще через два дня над Кубой образовался мощный циклон, который переме-

щался в юго-восточном направлении и вскоре достиг Венесуэлы.

Вполне возможно, что аэрозольный слой в мезопаузе (на высоте серебристых облаков) существовал и в последующие дни. Однако в связи с уменьшением плотности и яркости он не был замечен, так как наблюдения проводились в дневное время, когда яркость иллюминатора значительно превышает яркость обычных серебристых облаков. Таким образом, вулканическая деятельность — причина возникновения не только серебристых облаков, но и других аэрозольных образований в страто-мезосфере. Необходимы комплексные экспери-



Карта-схема наблюдений полярных мезосферных облаков с «Салюта-7» в 1985 г. (В. П. Савинных) и «Мира» в 1988 г. (В. Г. Титов) и в 1992 г. (А. Ю. Калери); I — участки траектории; II — районы наблюдений

менты по изучению рассеивающих образований в периоды мощных вулканических извержений. Здесь особенно полезны наблюдения с пилотируемых космических кораблей, сопровождаемые фотографической и спектральной регистрацией.

Большие серии наблюдений полярных мезосферных облаков выполнены В. П. Савинных в июне-июле 1985 г. с орбитальной станции «Салют-7», В. Г. Титовым в январе-декабре 1988 г. и А. Ю. Калери в июне-июле 1992 г. с орбитальной станции «Мир». Значительная часть этих исследований проводилась при полете над дневной стороной Земли в районах ночных авроральных овалов.

Следует обратить внимание на некоторые результаты наблюдений с орбитальных станций «Са-

лют-7» и «Мир», когда космонавтам над дневным или сумеречным горизонтом Земли облакоподобные образования были видны не только в виде узкой полоски на высоте 80-85 км, а иногда в виде нескольких слоев. А в ряде случаев ниже расположенные менее яркие облака почти сливались с дневным или сумеречным ореолом. Примерно такую же картину наблюдали П. И. Климук и В. И. Севастьянов с орбитальной станции «Салют-4». Эти наблюдения были интерпретированы как много-

ярусная структура серебристых облаков. Однако авторы этой интерпретации не обратили внимания на то, что серебристые облака появляются на высоте около 30 км, а потом как бы поднимаются до 80-85 км. На самом же деле космонавты видели серебристые облака, находящиеся на разном расстоянии от орбитальной станции. При большой горизонтальной протяженности и сложной структуре яркие серебристые облака, наблюдаемые вблизи видимого горизонта, могут казаться гораздо большей толщины, чем в действительности. По-видимому, именно так можно объяснить и наблюдения облаков, занимавших почти всю толщу страто-мезосферы — почти от дневного ореола до мезопаузы.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ И КОСМИЧЕСКОЕ, И ЗЕМНОЕ...

Серебристые облака могут быть различными по своему составу. Пылевая и конденсационная составляющие их имеют и космическое, и земное происхождение. Как назвать эти рассеивающие образования — мезосферными облаками, серебристыми, рассеивающими слоями в мезопаузе и т. д. — скорее, дело вкуса. В низких и экваториальных широтах принято говорить об экваториальных мезосферных облаках, в средних — о серебристых, а в околополярных широтах — о полярных мезосферных облаках.

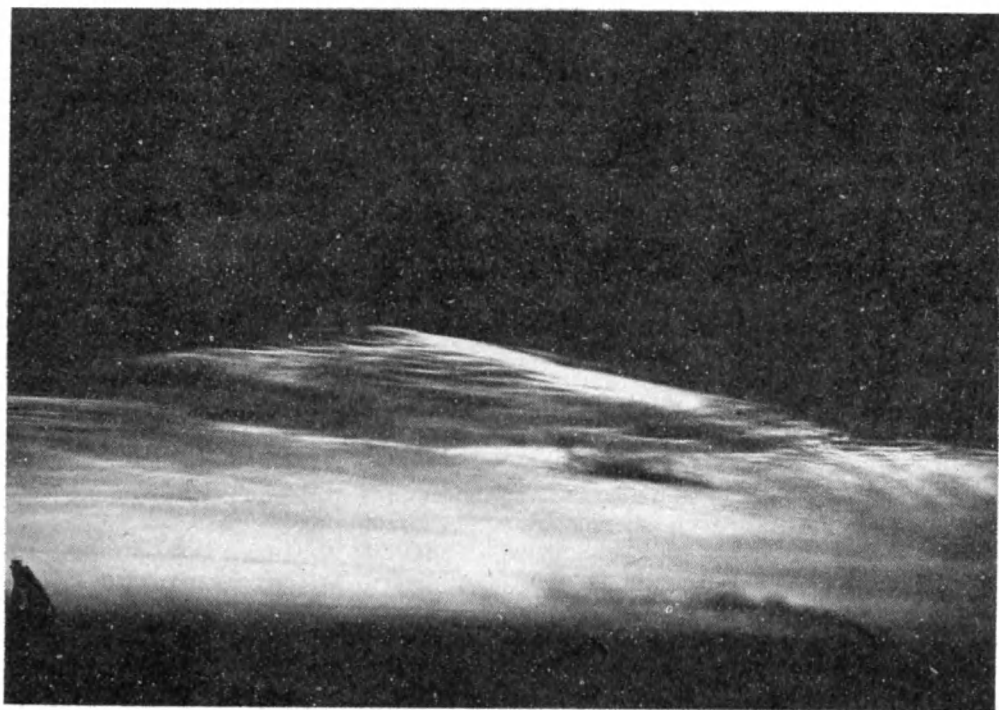
В настоящее время обсуждается гипотеза о преимущественном возникновении серебристых облаков в околополярных широтах; она основана, главным образом, на результатах инструментальных исследований с американских беспилотных кораблей. Было установлено, что в полярных широтах на высотах, характерных для серебристых облаков, в летнее время очень часто, а в отдельные периоды почти ежедневно, формируются слои повышенной яркости. К экватору яркость постепенно уменьшалась, причем граница наиболее ярких облачных образований в полярных широтах практически совпадала с ночными авроральными овалами.

Общепризнано, что конденсационные и смешанные серебристые облака образуются в результате конденсации водяного пара в области самого глубокого минимума температуры во всей толще атмосферы — в мезопаузе. Однако до самого последнего времени нерешенными оставались вопросы об источниках водяного пара на этих уровнях и о ядрах конденсации. Дело в том, что при температурах 160-180 К для конденсации водяного пара в области мезопаузы необходима относительная концентрация молекул воды порядка 10^{-4} - 10^{-2} . А согласно современным моделям, она не превышает в области мезопаузы 10^{-6} . В этих моделях рассматриваются два основных источника водяного пара в

средней атмосфере: **диффузионный перенос** из тропосферы и **окисление в стратосфере метана**, в больших количествах выделяемого поверхностью Земли. Диффузионный перенос паров воды из тропосферы в мезосферу не может происходить, так как на высоте 15-20 км находится минимум их относительного содержания ($-(1-3) \cdot 10^{-6}$). Метан же окисляется ниже 60 км. Следовательно, он не может увеличить относительное содержание паров воды на высоких уровнях, тем более, что там происходит интенсивная **фотодиссоциация молекул воды**.

Существуют еще такие **внеземные источники** паров воды в верхней атмосфере, как взаимодействие протонов солнечного ветра (ядер водородов) с атмосферным кислородом и вода каменных метеоритов, вторгающихся в атмосферу из космического пространства. **Микрометеориты** не могут быть ядрами конденсации подавляющего большинства частиц в серебристых облаках, поскольку их концентрация слишком мала.

Недавно скончавшийся известный астрофизик **В. Н. Лебединец** (1929-1994) считал проблему генезиса серебристых облаков решенной, если предположить, что в атмосферу Земли вторгается огромное количество (порядка 20 в одну минуту) снежных ядер «мини-комет». При средней их массе около 100 т, они должны приносить в атмосферу Земли до $30 \cdot 10^6$ т паров



Серебристые облака, наблюдавшиеся в районе г. Рига (Латвия) летом 1959 г. Из архива ВАГО

воды в сутки. Разработана глобальная балансовая модель для мезосферы воды кометного происхождения, согласно которой средняя относительная равновесная концентрация молекул воды в области мезопаузы не превышает 10^{-4} . Этого достаточно для конденсации водяного пара при температурах 160-170 К. «Мини-кометы» могут приносить с собой также очень большое количество рыхлых пылинок с массами порядка 10^{-14} г, наиболее эффективных в качестве ядер конденсации; их сравнительно мало в

межпланетном пространстве, так как они выталкиваются за пределы Солнечной системы световым давлением.

Гипотеза о кометном происхождении воды в области мезопаузы позволяет объяснить и появление сравнительно небольших облаков в низких широтах, где температура в области мезопаузы еще выше, чем в высоких и средних. Каждое снежное ядро «мини-кометы» создает достаточно высокую локальную концентрацию паров воды и рыхлых пылевых частиц в области мезопаузы в «пятнах» с характерными горизонтальными размерами порядка ста километров. В дальнейшем эти пятна расширяются под действием турбулентной диффузии и растягиваются очень большими высот-

ными градиентами скорости в направлении ветра в мезопаузе.

Наблюдения серебристых облаков из космоса позволили показать, что имеются, по крайней мере, три типа серебристых облаков. «Фоновые» появляются только в летний период на высоких и средних широтах при очень низких температурах в мезопаузе. «Локальные», с отдельными снежными ядрами «мини-комет», могут возникать над любой точкой земного шара. Наконец, образуются облака как-то связанные с вулканическими извержениями, но физический механизм этой связи до сих пор не установлен.

В результате космических наблюдений подтверждено существование серебристых облаков

там, где их наблюдали с Земли, т. е. севернее 45° с. ш. и южнее 52° ю. ш., а также в низких и экваториальных широтах.

С Земли в малонаселенных полярных районах серебристые облака невозможно обнаружить, потому что летом там не бывает сумерек. А в низких широтах сумерки если представляют собой однородный слой. Наблюдениям серебристых облаков из космоса не мешают плотные слои атмосферы, а из-за того, что их можно видеть сбоку, их яркость оказывается почти в 100 раз выше, чем при наблюдении с Земли.

Ф.СП-1

АБОНЕМЕНТ на 70336

ИНДЕКС ИЗДАНИЯ

Земля и Вселенная

Количество комплектов

на 19 год месяцам

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Куда _____
почтовый индекс (адрес)

Кому _____
(фамилия, инициалы)

ДОСТАВочная КАРТОЧКА

ГВ	МЕСТО	ЛП
----	-------	----

на 70336

(индекс издания)

Земля и Вселенная

Стоимость	подписки пер- адресован	руб.	коп.	Количество комплектов
		руб.	коп.	

на 19 год по месяцам:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Куда _____
почтовый индекс (адрес)

Кому _____
(фамилия, инициалы)

Как спасти озоносферу?

Причиной образования «озоновых дыр» считают скопление содержащих хлор или фтор соединений углерода; именно они разрушают молекулу этого жизненно необходимого Земле газа

(Земля и Вселенная, 1988, № 2, с. 10).

В соответствии с международными соглашениями многие крупные фирмы, производящие такие химические вещества, пытаются заменить наполнители аэрозолей и холодильников в частности, гидрофторуглеродами. Однако по мнению научного сотрудника Оксфордского университета (Великобритания) Ричарда Уэйна гидрофторуглероды не менее опасны для озоносферы, чем хлорфторуглероды.

Р. Уэйн указал, что многие гидрофторуглероды содержат в себе группу фтористого углерода (CF₃), которая образует реактив-

ный окисел CF₃O. Этот фрагмент довольно стабилен и может долгое время сохраняться в стратосфере. Проведенное сопоставление CF₃O со сходными реактивными фрагментами в атмосфере убедило в том, что это вещество может служить также активным катализатором, разрушающим озон.

В то же время гидрофторуглероды активно содействуют «парниковому» эффекту, а их разложение в тропосфере, возможно, приводит к образованию токсичных побочных продуктов (в том числе, трифторуксусной кислоты).

New Scientist, 1994, 141, 15

ПРОВЕРЬТЕ ПРАВИЛЬНОСТЬ ОФОРМЛЕНИЯ АБОНЕМЕНТА!

На абонементе должен быть проставлен оттиск кассовой машины.

При оформлении подписки (переадресовки) без кассовой машины на абонементе проставляется оттиск календарного штемпеля отделения связи. В этом случае абонемент выдается с квитанцией об оплате стоимости подписки (переадресовки). Для оформления подписки на газету или журнал, а также для переадресовки издания бланк абонемента с доставочной карточкой заполняется подписчиком чернилами, разборчиво, без сокращений, в соответствии с условиями, изложенными в каталогах Союзпечати.

Заполнение месячных клеток при переадресовании издания, а также клетки «ПВ-МЕСТО» производится работниками предприятий связи и Союзпечати:

Цикличность землетрясений

Научный сотрудник Университета штата Калифорния в Беркли (США) Барбара Романович пришла к выводу, что с начала текущего века наиболее сильные землетрясения следовали некоей закономерности, причем два их типа чередовались с периодичностью от 20 до 30 лет. Так, 50-60-е гг. нашего столетия были, вероятно, самыми сейсмичными за все время наблюдений. В этот период, в частности, произошли мощные Чилийское (с магнитудой = 9,5 по шкале Рихтера) и Аляскинское (с магнитудой — 9,2) землетрясения. Однако с тех пор столь сильных подземных толчков на нашей планете не отмечалось.

Сейсмологи различают землетрясения двух типов — надвиговые и сдвиговые. Мощные толчки первого типа возникают, когда «головная» часть одной плиты земной

коры «подскальзывает» под другую в зоне субдукции (погружения плиты), причем образуются глубоководные желоба, подобные тем, которые опоясывают акваторию Тихого океана. Сдвиговые же землетрясения обычно случаются вдоль границ плиты, там, где она взаимодействует с соседней себе подобной в процессе горизонтально направленного «трения» друг о друга. Примером могут служить толчки, характерные для хорошо изученного района разлома Сан-Андреас в Калифорнии. К наиболее катастрофическим последствиям, как правило, приводят раскалывающие кору в диагональном направлении надвиги.

В период высочайшей сейсмической активности 30-40 лет назад сильные сдвиговые землетрясения почти не происходили. Зато в 80-е годы, когда «надвиговая эпоха» завершилась, их число возросло. Аналогичным этому был период 30-40-х гг., также характеризовавшийся множеством довольно сильных сдвиговых толчков.

Помимо временной, сейсмические события, очевидно, подчиняются и пространственной закономерности: большая часть надвиговых землетрясений середины XX в. приходится на «головную» часть Тихоокеанской плиты

— на район между Японией и Аляской. С тех пор сдвиговые толчки сместились по сторонам своей плиты на юго-восток Аляски и к югу от Японских островов. В периоды повышения сдвиговой активности сейсмические события также распространяются на более широкие области планеты.

Все это по-новому освещает теорию глобальной тектоники. Например, сейсмическая активность может концентрироваться вдоль зон субдукции, где силы, «затягивающие» плиту в недра, воздействуют на ее «головной» край. Возникающее напряжение может передаваться и другим частям плиты, вызывая землетрясения на значительном расстоянии от ее границ. В отдельных случаях подобное напряжение передается даже и другим плитам. Не исключено, что неравномерности во вращении планеты становятся источником подобных событий.

Если данная гипотеза подтвердится, то нынешний период умеренных по силе сдвиговых землетрясений должен вскоре смениться новой эпохой мощных надвиговых толчков.

Science News, 1993, 143.

На Севере озона меньше

Завершен детальный анализ озонотрических данных по северному полушарию за последние 25 лет. Его провела группа сотрудников Всемирной метеорологической организации (ВМО), возглавляемая болгарским ученым Румелом Божковым и включающая в себя четырех специалистов из университета Аристотеля в Салониках (Греция).

Установлено, что в период 1969—89 гг. концентрация озона в атмосфере над Европой и Северной Америкой в зимне-весенний сезон снижалась в среднем примерно на 3% за десятилетие. В последнее время этот процесс резко усилился, а общее уменьшение содержания озона в период с ноября 1969 г. до конца лета 1993 г. достигло 14%. Регион, заключенный между 45° и 65° с. ш., летом и весной 1992/93 гг. оказался наиболее «пострадавшим» от разрушения озоносферы по сравнению со всей остальной Сибирью, Европой и Северной Америкой.

Простого объяснения такому явлению специалисты пока не видят. Возможно, причина — в нарушении обычного характера атмосферной циркуляции. Какое-то значение могли иметь последствия мощного извержения вулкана Пинатубо на Филиппинских островах в 1991 г., повлиявшего на химический состав стратосферы и на общую циркуляцию атмосферы Земли.

Geophysical Research Letters,
1993, 20, 1351
New Scientist, 1993, 189, 18

Астрономия и жизнь

В. В. ШЕВЧЕНКО,
доктор физико-математических наук
Государственный астрономический
институт им. П. К. Штернберга МГУ

В ряду естественных наук астрономия почитается одной из самых «академических» и столь же удаленной от повседневной жизни людей, как и небесные светила, ею изучаемые. В определенном смысле это мнение оправдано. Но достаточно вспомнить, какую роль на важных этапах развития нашей цивилизации играла астрономия, чтобы усомниться в абсолютной правомерности подобного суждения. В глубокой древности астрономические знания непосредственно служили развитию



земледелия. Астрономия научила людей понимать и считать время. В эпоху великих географических открытий она обеспечивала процесс объединения людей земного шара в единое человечество. Нет смысла напоминать о роли астрономии в эпоху выхода человечества в космическое пространство. Сейчас перед этой наукой стоит не менее эпохальная задача — указать человечеству выход из надвигающегося глобального кризиса. Космонавтика призвана помочь решить данную задачу.

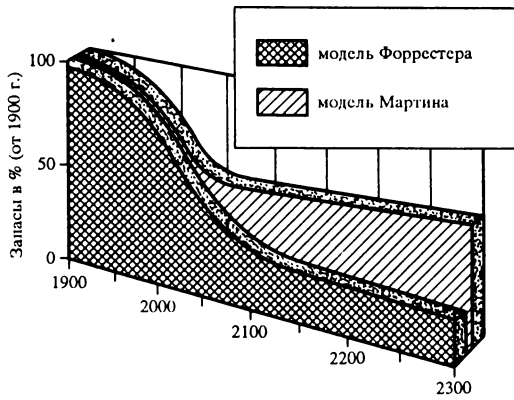
МРАЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ

Во второй половине 70-х гг. получили известность футурологические разработки, в которых на основе компьютерного моделирования давался сугубо мрачный прогноз на ближайшее будущее человечества. Принципиальные противоречия между ростом численности населения Земли, при общем повышении

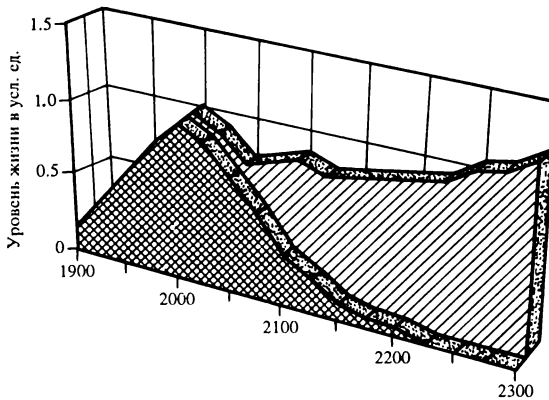
уровня жизни и ограниченными природными ресурсами планеты, ведут нашу цивилизацию к неизбежной деградации. Если предположить, что все развивающиеся страны пожелают достигнуть технологического уровня высокоразвитых стран, человечеству потребуется увеличить добычу сырья и потребление энергии примерно в 15-20 раз. При этом численность на-

селения нашей планеты может достигнуть 10-11 млрд человек. Соответственно возрастет потребность в увеличении производства продуктов питания. Очевидно, что земная среда и природные ресурсы планеты не смогут выдержать подобную нагрузку. При различных количественных и временных оценках наиболее «благополучным» выходом из грядущей си-

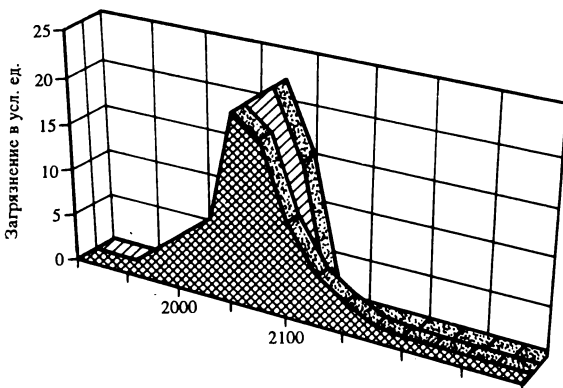
ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ



УРОВЕНЬ ЖИЗНИ



ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



Модели развития земной цивилизации по основным параметрам. Модель Форрестера рассматривает «замкнутый» тип цивилизации, максимально использующий возможности только самой Земли. Модель Мартина предполагает использование ресурсов окружающего космического пространства, т. е. представляет тенденции развития «открытого» типа цивилизации

туации единодушно считали принудительный резкий спад производства и потребления до средневекового уровня. Альтернативой называлась полная гибель современной цивилизации.

Однако новая серия футурологических компьютерных моделей, разработанных в первой половине 80-х гг., открыла более обнадеживающие виды на будущее. Подтверждая жесткие условия развития земной цивилизации «замкнутого» внутри себя типа, этот анализ показывает, что привлечение ресурсов и возможностей окружающего космического пространства может вывести человечество из энергетического и экологического кризиса.

Сама идея кажется довольно очевидной и высказывалась еще, как известно, К. Э. Циолковским. Но теперь из далекой, полуфантастической перспективы она превращается в жесткую необходимость индустриализации космоса в самом недалеком будущем с единственной целью — выжить, не погубить Землю и все человечество.

В качестве примера можно рассмотреть «модель Форрестера» («модель-1»), отражающую закономерности эволюции постиндустриального общества «замкнутого типа», и «модель Мартина» («модель-2»), рассчитанную с учетом индустриализации ближайшего к Земле космического пространства. Их сравнительный анализ наглядно показывает возможные перспективы человечества. Динамику изменения запасов природных ресурсов представим в процентах по отношению к 1900 г. (100%). При сохранении существующих тенденций развития земной цивилизации («модель-1») запасы природных ресурсов нашей планеты будут неуклонно истощаться. Ситуация стабилизируется на очень низком уровне примерно к 2200 г. за счет того, что деградация человечества лишит его способности интенсивно использовать природные ресурсы вообще. Согласно «модели-2», истощение природных ресурсов Земли может приостановиться примерно к 2050 г. В последующем намечается даже некоторый рост запасов природных ресурсов, т. к. в оборот внутри земной среды будут включены ресурсы, полученные в ближайшем космическом пространстве.

Загрязнение природной среды по «модели-1» достигает максимума на том же временном уровне — примерно к 2050 г. Начавшаяся в дальнейшем общая деградация

человечества приводит к существенному снижению уровня всякого производства и, следовательно, к уменьшению промышленных отходов, являющихся основным источником загрязнения. Поэтому минимальный уровень загрязнения к 2200 г. и далее не станет отрадным явлением, поскольку указывает лишь на самый низкий уровень жизни человечества.

Согласно «модели-2», рост загрязнения природной среды после 2050 г. еще продолжается, главным образом, за счет интенсивных промышленных процессов, связанных с освоением и индустриализацией космического пространства. Но в следующие 20 лет загрязнение резко снижается в связи с выносом основного объема многих видов промышленного производства за пределы Земли.

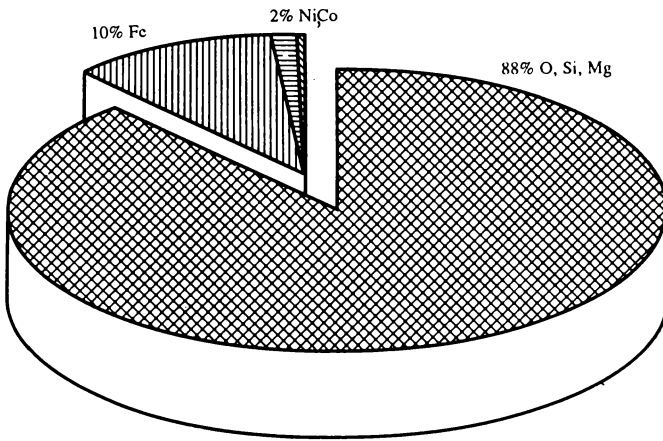
Оба рассмотренных фактора прямо влияют на уровень жизни людей. Рост этого показателя происходит до 2000 г. Последующий период, по «модели-1», характеризуется сокращением запасов природных ресурсов. Одновременно с этим после 2000 г. предполагается более резкий рост загрязнения среды. Данный период соответствует начальной стадии падения жизненного уровня, что фиксируют обе модели.

Однако, согласно «модели-2», 2050 г. и в этом случае будет переломным. Начиная с этого момента становятся заметно ощутимыми результаты индустриализации космо-

са. Таким образом, по «модели-1», после 2200 г. человечество ожидает примитивное существование при весьма низком уровне жизни. По «модели-2» — жизненный стандарт не только стабилизируется на достаточно высоком уровне, но и имеет тенденцию к повышению.

Футурологические модели ставят довольно жесткий временной рубеж для принятия конкретных решений. При росте населения Земли и среднего уровня жизни современными темпами, а также характере «замкнутой» цивилизации примерно после 2020 г. ресурсные и экологические проблемы приведут к катастрофическим и, по всей видимости, уже необратимым последствиям. Если же необходимые меры будут приниматься в первые годы нового столетия, то в середине века (2050 г.) можно надеяться на стабилизацию положения и с уверенностью говорить о выходе из глобальной кризисной ситуации.

Напомним, что процесс создания сложных космических систем (от начала разработок до их практического воплощения) затягивается на 8-12 лет. А ведь этому должен предшествовать довольно длительный период предпроектных и научных разработок. Следовательно, мы уже опаздываем. По оценкам компетентных специалистов, глобальная концепция освоения космоса предусматривает необходимость направлять в космическую про-



Предполагаемый средний химический состав астероидов, относящихся к «каменному типу». Показаны только основные химические элементы

мышленность до трети общих затрат на развитие промышленного комплекса в целом. Ни в одной стране еще далеко не достигнут подобный уровень финансирования космических программ.

Более того, на примере того, что происходит сейчас у нас, можно видеть: общество еще далеко не осознало всей серьезности упомянутых глобальных проблем, и в значительной мере по этой причине часто раздаются голоса, призывающие сократить или даже ликвидировать ассигнования на космические ис-

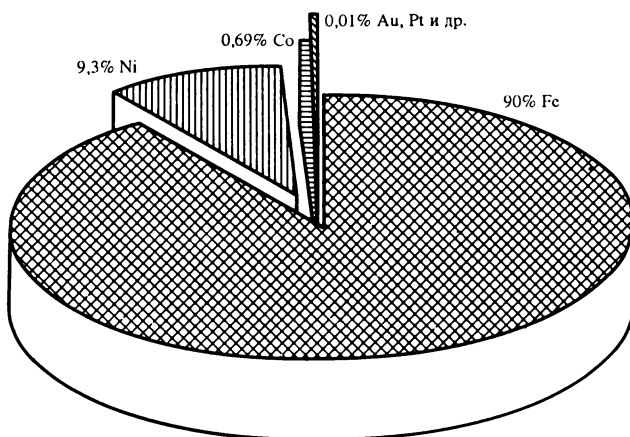
следования. Авторы подобных «предложений» не убеждают ни загрязненная атмосфера, ни отравленные воды, ни разрушающаяся биосфера. Стоит ли говорить, что современное «решение экологических проблем» (даже при отдельных успешных акциях!) есть не более как латание дыр ветхого кафтана нашей среды обитания. Только глобальное уменьшение нагрузки на природу всей планеты решит эту общую проблему.

Следует оговориться, что научные разработки

в области глобальной индустриализации космоса и особенно в части поисков и использования внеземных природных ресурсов еще не настолько продвинулись вперед, чтобы дать подробные, всесторонне обоснованные рекомендации. Как это ни странно, соответствующие программы в нашей стране не имеют надлежащей поддержки и проводятся практически в порядке личной инициативы отдельных ученых-энтузиастов. Как мы увидим, стройной целостной концепции не существует.

МИЛЛИАРДЫ ПАДАЮТ С НЕБА

Согласно некоторым прогнозам, мировое производство стали достигнет своей кульминационной точки в 2080 г., когда будет выплавлено около 5000 млн т металла. Это потребует увеличения в несколько раз, по сравнению с современным уровнем, добычи исходного сырья (руды), та-



Предполагаемый химический состав типичного «металлического астероида». Если судить по составу найденных на Земле метеоритов, такие астероиды состоят только из металлов и вовсе не содержат силикатного вещества

кого же увеличения энергозатрат и т. д. Конечно, технология получения металла будет усовершенствована и какие-то затраты существенно уменьшены. Но отдельные важные параметры производственного процесса изменить просто невозможно. Например, даже если вместо мартеновского процесса ведущей станет технология прямого восстановления железа из руды, все равно останется этап плавления. А в процессе плавления металла неизбежно выделяется в окружающую среду огромное количество тепла, которое, постепенно накапливаясь, нарушает в природе естественное равновесие и приводит к непоправимому глобальному перегреву нашей среды обитания. Альтернативу подобному развитию событий можно обеспечить, используя **внеземные ресурсы** природных металлов.

Вернемся в недавнее прошлое. 12 февраля 1947 г. упал хорошо известный ныне метеорит, получивший по району падения название Сихотэ-Алинского. Его первоначальная масса составляла, по-видимому, около 60 т. Войдя в земную атмосферу, монолит рассыпался на множество отдельных осколков, рассеявшихся на площади в несколько квадратных километров. Замечательно, что прилетевшее на Землю из космоса небесное тело на 94% состояло из железа. Среди незначитель-

ных примесей было 5,4% никеля и 0,38% кобальта. Десятки тонн практически чистого железа были выплавлены в просторах Солнечной системы и доставлены на Землю. Правда, быстрая доставка оказалась нерасчетливо большой. Врезаясь в земную атмосферу со скоростью около 20 км/с, тело испытывает сильнейшие тепловые нагрузки и за доли секунды температура его поверхности возрастает до тысячи градусов. Тепло не успевает поглощаться всей массой космического путешественника, его внешние слои бурно плавятся, разбрызгиваются и испаряются. Значительная часть вещества исчезает (слой за слоем), и только сравнительно небольшая доля первоначальной массы метеорита, если он был достаточно большим, достигает поверхности Земли.

Считается, что упавшие на Землю метеориты представляют собой осколки астероидов. К настоящему времени астрономическими методами обнаружено несколько тысяч малых планет. Как правило, это довольно крупные тела. Самый большой из астероидов — Церера — имеет диаметр более 1000 км. Большинство наблюдавшихся малых планет имеет поперечник от 10 до 100 км. (Меньшие астероиды не видны в телескопы.)

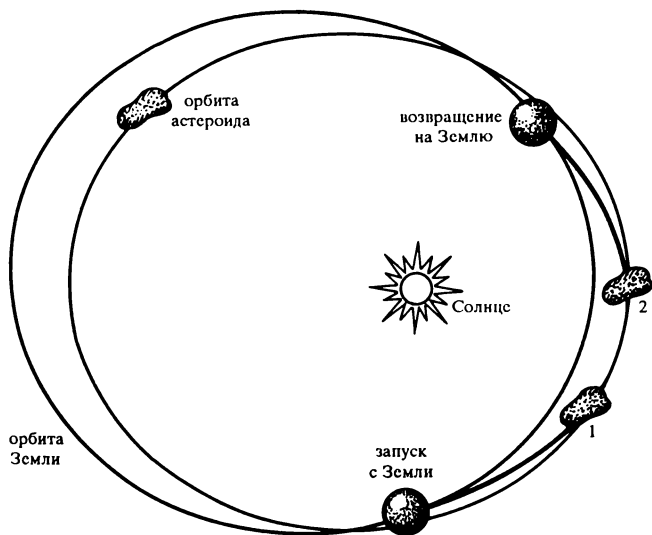
Существуют специальные астрономические методы определения состава малых планет. Эти сведения дополняются и про-

веряются данными о химическом составе метеоритов. Учитывая всю имеющуюся информацию, считают, что примерно 0,9 от общего числа малых планет приходится на каменные астероиды, менее 0,02 — на железокаменные астероиды и несколько процентов от общего количества на металлические (никелистое железо).

Представим себе **каменный астероид** (диаметром в 1 км) с низким содержанием металлической фракции. Его общая масса около 2 млрд т, а масса металлической фракции примерно 200 млн т. Основная часть металлической фракции — железо. Но кроме железа, из этой массы можно извлечь около 30 млн т никеля, 1,5 млн т кобальта (металл стратегического значения!) и около 7500 т еще более важных металлов платиновой группы — серебра, золота и платины. Стоимость только этой сравнительно небольшой части астероида может составить более 150 млрд долл.

Астероид **«металлического типа»** обычно включает до 90% (по массе) железа, от 5 до 10% никеля, около 0,6% кобальта и от 0,001 до 0,01% металлов платиновой группы. Приняв тот же размер астероида (1 км), найдем, что в нем содержится около 7 млрд т железа, 1 млрд т никеля, 500 млн т кобальта.

Коммерческая цена такого количества ценнейших металлов может достигать 1-5 трлн долл. За-



Возможная схема полета к ближнему астероиду для доставки на Землю образцов породы этой малой планеты. 1 — положение астероида в момент причаливания космического аппарата, 2 — положение астероида, когда его покидает космический аппарат. Подобная схема, по-видимому, может быть использована и для полета с целью промышленной разработки астероидного вещества

метим, что речь идет не о руде, а об уже выплавленных металлах, разделенных на фракции или находящихся в сплаве. Получив в «готовом виде» столь значительное количество металла, мы обретем возможность существенно снизить нагрузку на окружающую среду за счет приостановки части вредных производств. Ведь указанного выше количества кобальта хватило бы для нужд всего человечества на 3000 лет!

Но следует ли серьезно говорить сейчас об использовании астероидов в качестве источников внеземных ресурсов?

ОХОТА ЗА АСТЕРОИДОМ

Как известно, основная масса малых планет сосредоточена в поясе астероидов, между орбитами Марса и Юпитера. Однако некоторое число из наблюдавшихся малых планет движется по силь-

но вытянутым орбитам. В этом случае малая планета может близко подойти к Земле. Первый из таких астероидов, названный позже Аполлоном, был открыт в 1932 г. Его поперечник лишь незначительно превышает 1 км. Поэтому астрономы смогли его обнаружить только в момент сближения с Землей. В том же году обнаружили еще один астероид (такого же размера), периодически сближающийся с Землей, — Амур. Позднее выяснилось, что существуют группы отдельных тел, вращающихся по сходным орбитам с периодическим приближением к нашей планете. По мере совершенствования наблюдательской техники число открытых астероидов, сближающихся с Землей, постоянно растет. К настоящему времени их каталог включает 180 малых планет.

Вероятно, большинство астероидов этого типа

еще не выявлено. Общие оценки показывают, что известна только пятая часть всех десятикилометровых астероидов и лишь от 1 до 2% километровых, появляющихся в окрестностях Земли. Например, оценки, сделанные на основе статистических расчетов, показывают, что орбиту Земли периодически пересекают около 1000 астероидов километрового размера и не менее 10 поперечником 10 км. С учетом более мелких тел число только тех астероидов, которые входят в группы Амура, Аполлона и Атона, может оказаться близким к 3000. А общее число всех сближающихся с Землей малых тел с диаметром порядка 100 м, возможно, достигает 100 000.

На каких расстояниях от Земли проходят сближающиеся с ней астероиды? Фотографии Аполлона были получены, когда от нашей планеты его отделяли 11 млн км. Астероид Адонис наблюдали на расстоянии примерно 1,5 млн км. В момент открытия астероид Гермес находился всего лишь в 800 тыс. км от Земли, т. е. всего

вдвое дальше, чем Луна. В 1989 г. произошло событие, внушающее уже некоторое беспокойство. Один из астероидов пересек орбиту Земли в точке, где всего лишь за шесть часов перед этим находилась наша планета. В декабре 1992 г. космические окрестности Земли посетила малая планета Тутатис, приближающаяся на расстояние менее 4 млн км.

Сударение даже с маленьким астероидом грозит довольно серьезной катастрофой. Например, расчеты показывают, что столкновение с астероидом диаметром 100 м вызовет взрыв, при котором выделится энергия в 1000 раз большая, чем при взрыве атомной бомбы в Хиросиме. Согласно статистическим оценкам, астероиды подобного размера сталкиваются с Землей в среднем один раз в 10 000 лет.

Таким образом, данные астрономических наблюдений и расчетов показывают, что малые тела могут приближаться к нашей планете. Конечно, случаи очень тесного сближения редки. Однако, располагая современной космической техникой, есть возможность не только контролировать, но и направлять движение малых тел в окрестностях Земли. Впрочем, опыт некоторого контакта с малым небесным телом уже имеется. В 1986 г. во время появления кометы Галлея в окрестностях Солнца наши космические аппараты «Вега-1» и «Вега-2» прошли на рассто-

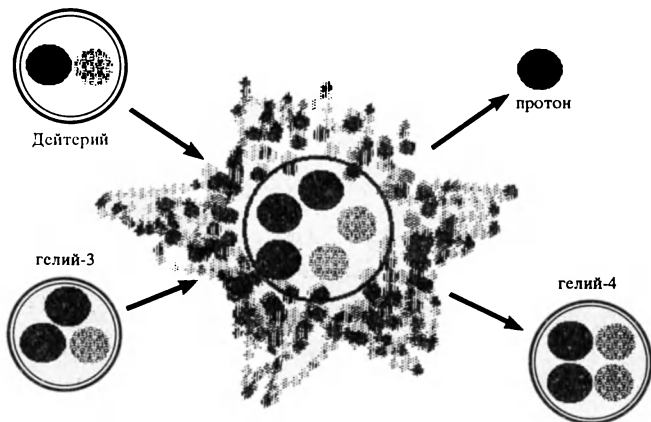
янии всего лишь около 8.000 км от ее ядра. Следовавший за ними «Джотто» (Европейское космическое агентство) пролетел на расстоянии нескольких сот километров от ядра (благодаря использованию траекторных данных, полученных с помощью станций «Вега»). И хотя эти маневры происходили на расстоянии более 170 млн км от Земли, ничего не помешало точному «перехвату» ядра кометы размером не более 15 км.

Предварительные расчеты показывают, по энергетическим затратам космическое путешествие к любому из десятков тысяч астероидов, оказавшихся вблизи Земли (с последующим возвращением на нашу планету), окажется более экономичным, чем, например, полет на Луну. Можно считать, что уже сегодня задача использования ресурсов астероидов не встречает принципиальных препятствий. Наиболее рациональным представляется превращение астероида в спутник Земли с последующей работой на околоземной орбите и доставкой грузов с орбиты на Землю.

Безусловно, проблема требует детального изучения и в научном, и в экономическом, и в социальном аспектах. Чтобы эти исследования в нашей стране начали развиваться достаточно интенсивно, конечно, необходима (пока отсутствующая) материальная поддержка.

СОЛНЕЧНЫЕ КОНСЕРВЫ

Не лучшим образом складывается положение и в глобальном энергетическом комплексе на нашей планете. Около 88% всей энергии в мире по-прежнему вырабатывается за счет сжигания природного углеродного топлива (древесина, уголь, нефть, газ). Побочные продукты этого процесса составляют 60% всех загрязнений окружающей среды. Дополнительное неблагоприятное воздействие на земную среду — производственный расход жизненно необходимых компонентов атмосферы и гидросферы. В отдельных случаях энергокомплекс потребляет для технических нужд до 25% запасов чистой, пригодной для питья воды, а возвращает в природу до 30% всех сточных вод. Примерно 40% загрузки железных дорог составляют перевозки нефти, угля и других традиционных видов топлива. Выполнены расчеты, согласно которым в результате использования технологий сжигания органического топлива к концу столетия ежегодно будет теряться до 20% кислорода, репродуцированного в естественных условиях. Очевидно, что этот процесс будет сопровождаться увеличением концентрации атмосферного углекислого газа. Конечно, развитие атомной энергетики может снять некоторые из указанных проблем. Но, к сожалению, атомная энергетика способна по-



Экологически чистая ядерная реакция синтеза с использованием изотопа гелий-3, предложенная группой ученых Висконсинского университета во главе с профессором Дж. Калцинским. Реакторы, использующие лунный гелий-3, могут составить основу экологически чистой земной энергетики XXI в.

родить другие, не менее сложные, проблемы.

Все это побуждает искать альтернативные формы получения энергии и альтернативные источники энергии. Казалось бы, что наиболее привлекательно прямое преобразование солнечной энергии в электрическую. Было предложено много проектов гигантских гелиоэлектростанций на стационарных околоземных орбитах, обеспечивающих человечество дешевой и экологически чистой энергией. Однако осуществить проекты очень трудно, поскольку, вероятно, потребуются вывести на околоземные орбиты гигантские массивные конструкции. Например, согласно одному из проектов, для удовлетворения потребности в электроэнергии одного миллиона семей на Земле на стационарной орбите должна находиться солнечная электростанция с общей массой около 100,000 т. Следовательно, чтобы обеспечить электроэнергией всех землян, в околоземном пространстве необходимо смонтиро-

вать сооружения общей массой в десятки или даже сотни миллионов тонн. А ведь для выведения на стационарную околоземную орбиту полезного груза в 1 млн т следует израсходовать порядка 300 млн т топлива и 2,5 млн т конструкционных материалов. В процессе этих операций в земную атмосферу поступит около 40 млн т загрязняющих продуктов. Таким образом, при создании экологически чистой энергосистемы будет разрушаться земная среда. Возможно, частичное использование лунных материалов (вместо доставляемых с Земли) снизит нагрузку на земную среду. Но вряд ли это решит проблему. По-видимому, прямое преобразование солнечной энергии в электрическую в глобальных масштабах не окажется радикальным выходом из грядущего глобального энергетического кризиса.

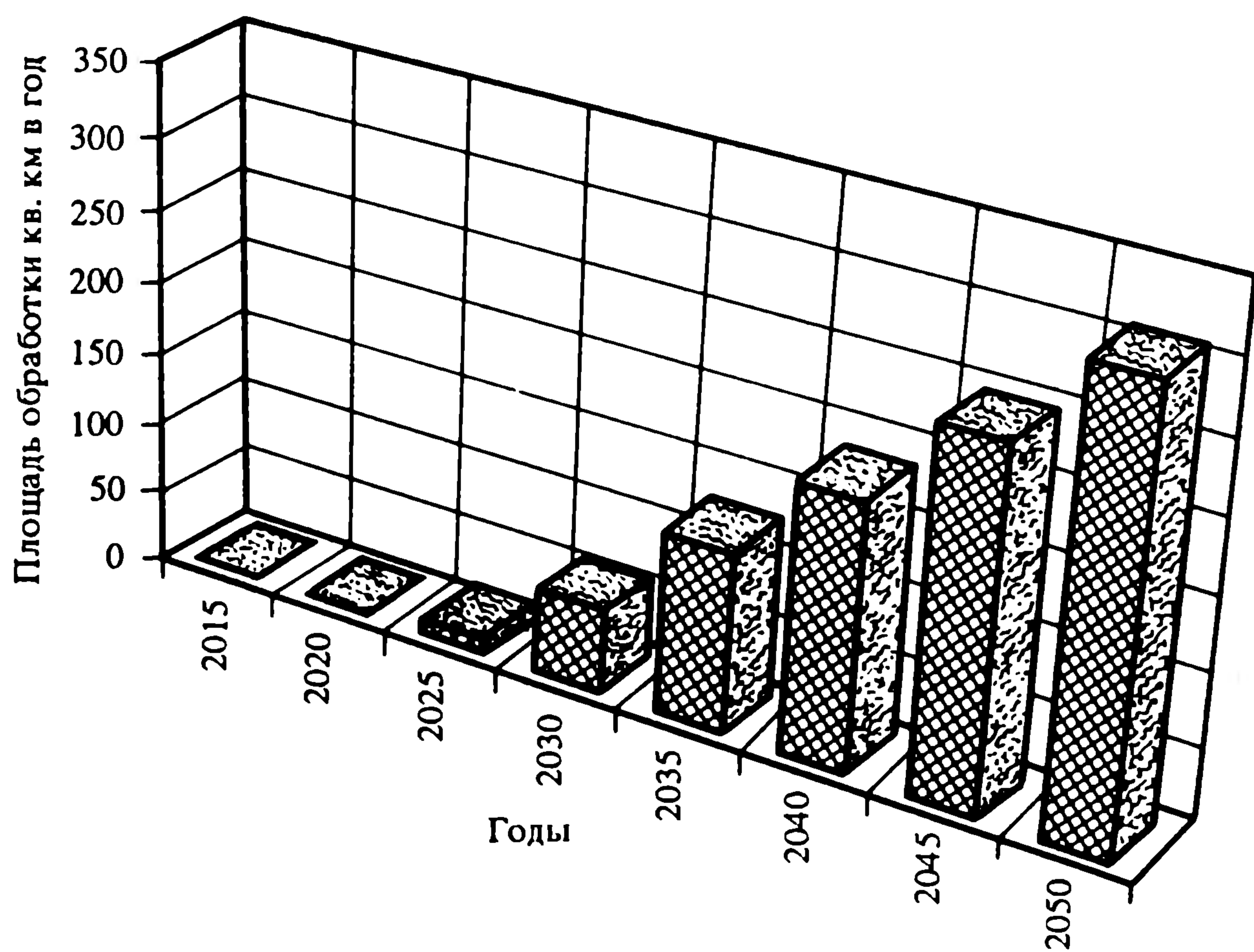
Однако существует возможность использовать «солнечные энергетические консервы» — продукты солнечного ветра, накопленные в древ-

них лунных породах. Как известно, большие надежды на решение энергетической проблемы в будущем возлагаются на термоядерные реакции, обеспечивающие эффективное выделение энергии при малых эксплуатационных затратах и практическом отсутствии радиоактивных отходов. Одна из таких реакций — слияние ядер дейтерия и изотопа гелия (гелий-3). Преимущества данной реакции в высвобождении в ходе ее в десятки тысяч раз меньшего количества нейтронов, создающих радиоактивную опасность. Основные продукты реакции «дейтерий — гелий-3» — это протоны и гелий-4.

Но где взять гелий-3 в необходимых количествах? На Земле он возникает как побочный продукт при производстве термоядерных боеприпасов. Специалисты считают, что современные запасы этого изотопа на Земле очень малы (около 500 кг). А для удовлетворения потребностей в электроэнергии такой страны, как США, необходимо «сжигать» 25 т гелия-3 в год...

Помочь людям может... Луна. Теоретически оценки и результаты ана-

Размеры рабочих площадок на Луне, в пределах которых необходимо переработать лунный грунт для добычи гелия-3 в количествах, покрывающих предполагаемые потребности земной энергетики в первой половине XXI в. (по годам). Расчеты сделаны в предположении, что содержание гелия-3 в грунте составляет 12 нг/г, а глубина обработки равна 3 м. Известно, что естественный поверхностный слой Луны находится в раздробленном состоянии на глубине до 5-10 м. Поэтому практически добычу гелия-3 можно осуществить с помощью автоматических самоходных аппаратов, оснащенных роторным ковшем соответствующего радиуса для забора грунта и его погрузки в камеру для нагревания и камерой для сепарации газов. Источником энергии для таких лунных механизмов может служить солнечная установка. Создание и доставка на Луну подобных заводов-роботов небольшого размера, а также их длительная эксплуатация не представляют особых трудностей для современной ракетно-космической техники (достаточно вспомнить опыт «Лунохода-1» и «Лунохода-2»!)



лиза образцов лунного грунта показывают, что в пятиметровом слое реголита накопилось в итоге длительного облучения солнечным ветром примерно 1 млрд т гелия-3. Такого количества ядерного топлива хватило бы на обеспечение электроэнергией всего человечества на протяжении 5 000 лет (без риска загрязнения окружающей среды!).

ЛУННЫЙ КАРЬЕР

Для 80% современного лунного грунта экспозиционный возраст, т. е. время непрерывного пре-

бывания в самом верхнем (облучаемом Солнцем) слое реголита, составляет от 25 до 100 млн лет. Примерно с такой периодичностью грунт перемешивается в ходе метеоритной бомбардировки лунной поверхности. За несколько циклов, вместившихся в последние 3-4 млрд лет, лунный грунт успел основательно «пропитаться» на глубину нескольких метров продуктами солнечного ветра. Один из таких продуктов — изотоп гелий-3. Грунт с экспозиционным возрастом более 50 млн лет называется «зрелым», т. е. достаточно сильно переработанным ударами микрометеоритов и подвергнувшись длительному солнечному облучению. В каждых 100 т зрелого грунта содержится в среднем до 1,5 гр гелия-3. Добыть этот изотоп можно довольно просто: при нагревании лунного вещества до 1 000° С (при дегазации извлекается практически 100% содержащегося в грунте гелия-3). Определенную

проблему представляет отделение гелия-3 от других выделившихся газов, но современная технология способна решать подобные задачи. Основной частью «завода» для получения экологически чистого ядерного топлива на Луне будет зеркало, концентрирующее солнечное излучение и разогревающее лунное вещество. «Завод», конечно, должен уметь передвигаться по лунной поверхности, чтобы обрабатывать грунт на значительной площади. В первой половине следующего столетия потребуются ежегодно обрабатывать до 200-300 км².

Конечно, предстоит решить много проблем, но экономические расчеты показывают, что уже в первые десятилетия XXI в. использовать лунное ядерное топливо станет более выгодно, чем традиционные энергоносители. Стоимость 1 т гелия-3, добытого на Луне и доставленного на Землю, составит 1 млрд долл. И если ежегодные потреб-

ности в электроэнергии для производства электродустриализации и фунда- США могут быть покрыты энергии. И не следует ментального освоения 25 т лунного ядерного топлива, то ежегодные расходы на энергоносители составят 25 млрд долл. В настоящее время в США ежегодно расходуется около 40 млрд долл на нефть, газ, уголь и уран, необходимые для

забывать об экологических последствиях современной земной технологии! Человечеству в XXI в. будет очень трудно решать стоящие перед ним социальные и экологические проблемы. Путь ин-

дустриализации и фунда- космоса может оказаться одним из приемлемых выходов в этой ситуации. Поддержка соответствующих научных исследований сегодня не только благородная, но и насущная задача, связанная с выживанием земной цивилизации.

Информация

Столкновения Земли с кометами

Почти у каждого народа есть легенда о том, как небо вспыхнуло огнем и всю землю объял пожар... В нашем столетии таким событием стало Тунгусское явление в июне 1908 г. В тот день, как считают специалисты, в сибирской тайге «упал» обломок кометы. Схожие события не раз могли приводить к переломам в геологической и биологической жизни нашей планеты, изменениям климата и крушению молодых цивилизаций.

Но как часто могут случаться столкновения небесных тел с землей?

Астрономам известно, что во внешней области Солнечной системы присутствуют тела, подобные очень крупному ядру кометы. Это «комки» снега, перемешанного с камнями диаметром 200 км и более. Таким телом является Хирон, вращающийся вокруг Юпитера. Примерно одна из тысячи комет

— такой опасный гигант, а ведь вокруг Солнечной системы обращается целое облако подобных небесных тел...

Научный сотрудник Ливерпульского университета Джон Мурс провел компьютерные вычисления, из которых ясно: притяжение наиболее массивных планет — Юпитера и Сатурна — заставляет ту или иную гигантскую комету углубляться во внутреннюю область Солнечной системы один раз в 200 тыс. лет. Орбиты, на которых кометы движутся в последний этап своей «жизни», весьма нестабильны и подчиняются лишь законам динамики хаоса. Но им обычно предстоит оказаться на орбите, проходящей очень близко к Солнцу, и под влиянием его тяготения распаться на куски. Так недавно рассыпалась комета Шумейкеров-Леви, опасно сблизившаяся с Юпитером.

Результатом гравитационного взаимодействия со светилом бывает то, что на месте кометы возникает целый поток ее обломков, обращающийся вокруг Солнца и временами пересекающий орбиту нашей родной планеты. Проходя неоднократно сквозь такой поток, Земля за тысячелетия собирает на себе тучи мелкой космической пыли. Ежегодно Земля принимает из-

вне около 5 млрд 700 млн т космической пыли, которая оседает из атмосферы на ее поверхность и, загораясь, путь солнечным лучам, способна, по мнению Уильяма Напира из Оксфордского университета, понижать температуру поверхности на 3-5° С. Не это ли вызывает повторяющиеся на нашей планете эпохи обледенения?.. Виктор Клаб, также специалист из Оксфорда, пришел к выводу, что сейчас мы переживаем последствия разлома гигантской кометы, происшедшего во внутренних районах Солнечной системы, который мог привести к наступлению 100 тыс. лет назад последнего ледникового периода. Ученый полагает, что рассыпавшаяся тогда комета породила облако мелкой космической материи, обращающейся вокруг Солнца, и Земля проходит сквозь наиболее плотную часть этого облака примерно раз в 3 тыс. лет.

В следующий раз, предсказывает астроном, это должно произойти примерно в трехтысячном году, плюс-минус 200 лет. Вот случай, когда нынешние ученые не горюют, что не смогут присутствовать в момент проверки их собственной гипотезы...

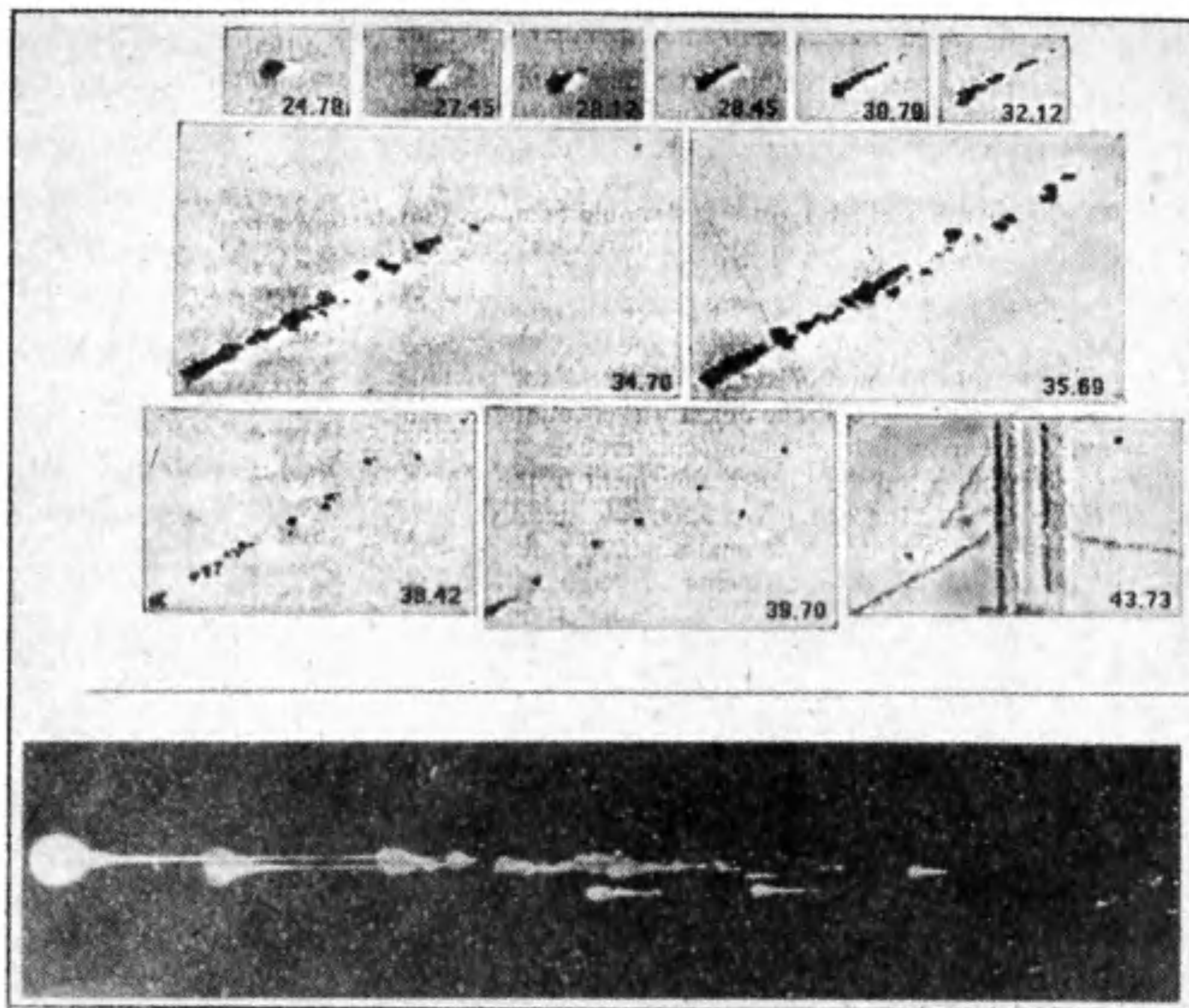
New Scientist, 1994, 141, 16

Четвертый болид, сфотографированный в полете

До сих пор астрономам удалось сфотографировать в полете с помощью специальной аппаратуры только три болида, чей полет завершился выпадением метеоритов: Пршибрам, упавший 7 апреля 1959 г. в Чехословакии; Лост Сити, полет которого был зафиксирован над центральными районами США 4 января 1970 г.; Иннисфри, сфотографированный над Канадой 5 февраля 1977 г. Теперь к ним добавился четвертый; по месту падения его назвали Пикскилл. Это произошло 9 октября 1992 г. над северо-восточными штатами США. Однако результаты обработки видеопленок были опубликованы лишь в феврале 1994 г.

Обстоятельства падения и фиксирования полета метеорита Пикскилл весьма оригинальны. Его сфотографировали (точнее, сняли видеоаппаратурой) не специалисты, а случайные наблюдатели. Вечером 9 октября 1992 г. во многих городах США проходи-

Дробление метеорита Пикскилл в полете. Вверху — серия видеок кадров, снятых Дж. Дерром (Джонстаун, штат Пенсильвания). Числа в углу каждого кадра означают секунды. Изображение негативное. Внизу — фотография, полученная С. Эйчмиллером в Альтуне (штат Пенсильвания) с экспозицией 1/250 с. На оригинале снимка насчитывается до 70 отдельных фрагментов

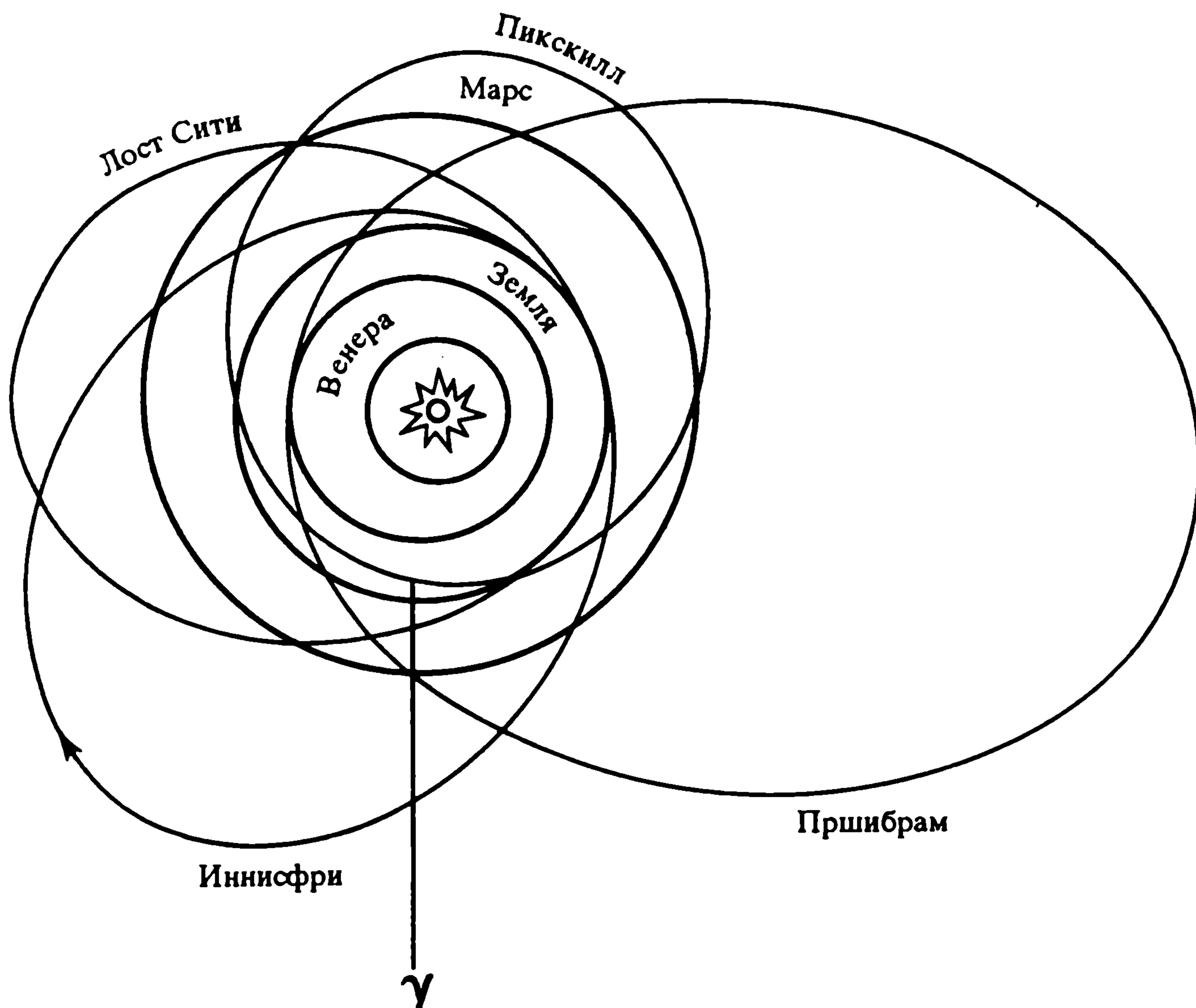


ли футбольные соревнования студенческих команд. Футбольные болельщики собрались, приготовив

видеокамеры, и вдруг увидели яркий болид, превосходивший по блеску Луну и летевший на северо-восток. Многие видеокамеры были тут же направлены на таинственный объект. Его удалось снять в нескольких городах штатов Огайо, Пенсильвания, Западная Вирджиния. Пролетев около 700 км, 12-килограммовый метеорит упал в местечке Пикскилл штата Нью-Йорк, повредив багажник автомашины, принадлежавшей мисс Мичелле Кнапп.

В распоряжение ученых поступили 14 видеопленок, зафиксировавших полет и, что самое интересное, прогрессивное дробление метеорного тела в ходе полета. На отдельных кадрах видно до 70 отдельных осколков метеорного тела, из которых только один достиг Земли и был найден (тот, что ударился в автомобиль). Возможно, будут найдены и другие осколки.

За обработку необычного для исследователей метеоров материала — взялся международный коллектив специалистов: канадские ученые П. Браун, М. Бич (Университет Западного Онтарио), Р. Хаукис, К. Мосман (Университет



Орбиты в Солнечной системе четырех метеоритов, сфотографированных в полете: Пршибрам, Лост Сити, Иннисфри и Пикскилл. Показаны также орбиты Меркурия, Венеры, Земли и Марса

Маунт Эллисон), известный американский исследователь метеоритов Дж. Везерилл (Институт Карнеджи в Вашингтоне) и не менее известный исследователь метеоров Зд. Цеплеха (Чехия, обсерватория Ондржейов Астрономического института Чешской академии наук). По видеокдрам определили скорость метеорного тела в разных точках траектории, по ней и направлению полета были вычислены элементы орбиты метеорита.

Большая полуось орбиты метеорита Пикскилл равна 1,49 а.е., эксцентриситет равен 0,41, наклон к эклиптике всего 4,9°. В перигелии эта орбита проходила внутри земной орбиты, а в афелии — за пределами орбиты Марса. Интересно, что траектория полета метеорита в земной атмосфере была исключительно пологой — в начале траектории ее наклон к горизонтали составлял лишь 3,4°. Пролети метеороид чуть выше, он смог бы вылететь снова в космос

(подобно болиду Вайоминг, 10 августа 1972 г.).

Полет удалось запечатлеть, начиная с высоты 46,4 км. На высоте 41,5 км уже заметно дробление, а на высоте 36,2 км — вспышка с разбросом осколков. До начала дробления происходили пульсации блеска болида с частотой 6 Гц, что говорит либо о быстром вращении (6 оборотов в секунду), либо о периодической пульсации отделяющейся от тела плазмы.

Доатмосферная скорость тела составила 14,7 км/с. На последних кадрах видеосъемки она уменьшилась до 5 км/с. Измерения были проведены в 254 точках траектории.

Несмотря на неожиданное появление болида, собранный в различных пунктах наблюдения материал позволил получить очень ценную информацию. Прекрасное временное разрешение видеотехники (60 кадров в секунду), 14 пунктов наблюдения, хорошее

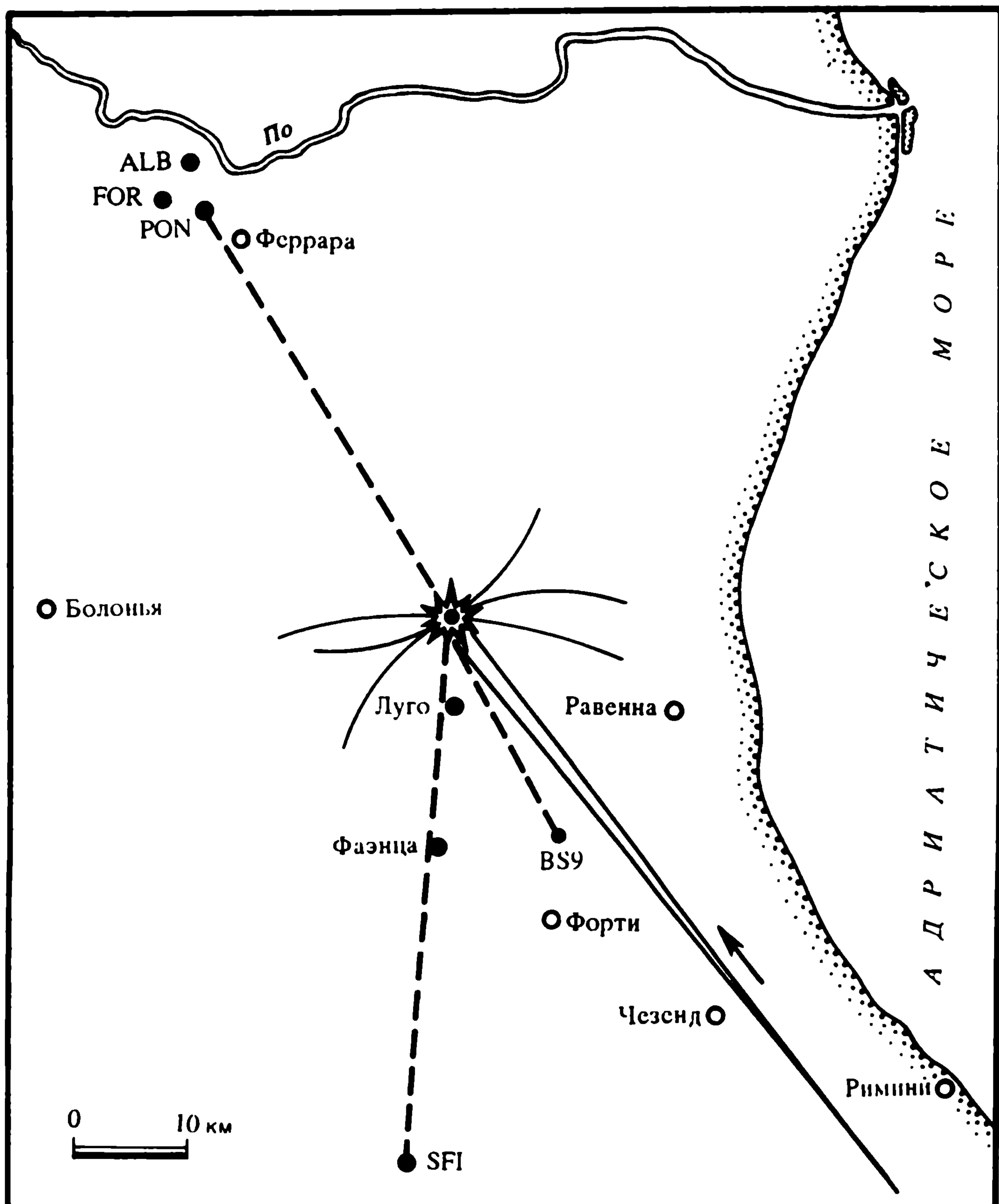
пространственное разрешение — все это позволяет надеяться, что картину дробления тела удастся восстановить во всех деталях. Это позволит теоретикам разработать механизм дробления. Хотя в максимуме блеска произошло зашкаливание фотометрических устройств, которыми были снабжены видеокамеры, ученые надеются восстановить фотометрическую кривую болида, а это позволит определить начальную массу тела. Наконец, предстоит космохимическое исследование метеорита — обыкновенного хондрита, состоящего из обломков одного размера и состава (мономиктовая брекчия). По распределению в нем космогенных изотопов можно будет также восстановить его доатмосферные размеры и массу.

В. А. БРОНШТЭН,
кандидат физико-математических наук

Взрыв болида Луго и его последствия

К сожалению, яркие болиды не предупреждают о своем пролете в атмосфере Земли и не дают возможности ученым подготовиться к их наблюдениям. Так, неожиданным был для астрономов полет и падение метеорита Пикскилл. Выручили футбольные болельщики, заснявшие его полет и дробление на видеокамеры. Но в Северной Италии в половине второго ночи 19 января 1993 г. футбольные матчи не планировались, а вот болид пролетел. К тому же ярчайший: уже на середине пути он превосходил по блеску полную Луну (минус 13 звездной величины), а над городом Луго (между Болоньей и Равенной) дал яркую вспышку до минус 22-ой звездной величины и взорвался. На этом его полет закончился.

Когда итальянские ученые, под руководством Джузеппе Чеволани, приступили к сбору материалов о болиде, выяснилось, что его полет был зафиксирован радаром прямого рассеяния (т. е. рассчитанным на рассеяние радиоволн вперед), пятью сейсмостанциями и многочисленными очевидцами. Несмотря на поздний час болид заметило много очевидцев, часть из них отметила сильные



Карта траектории болида Луго в проекции на земную поверхность. Точка взрыва определена засечками с сейсмических станций PON, ALB, FOR, SFI и BS9

электрофонные явления, т. е. звуки, одновременные с полетом болида и имеющие электромагнитную природу. В ряде мест вышли из строя бытовые и технические электронные приборы и установки. К сожалению, не было получено ни одной фотографии болида.

Скорость болида при входе в атмосферу удалось определить только приближенно: по данным радара (радары этой системы не приспособлены для точного определения скоростей метеоров) и показаниям очевидцев. Она оценена в 25 км/с. Высота взрыва, по данным сейсмостанций, определена в 30 км. Очень хорошо рассчитана проекция траектории болида на земную поверхность. Наклон траектории был оценен в 14-15°. По этому углу и азимуту траектории, который мы определили приближенно по карте, определяем координаты радианта: $\alpha = 6$ ч 36 мин, $\delta = -21^{\circ}52'$. Радиант болида находился южнее Сириуса, недалеко от звезды ξ Большого Пса.

Зная координаты радианта и скорость входа болида в атмосферу, можно было рассчитать приближенные элементы его орбиты в Солнечной системе, что мы и сделали. Орбита — типично кометная, большая полуось 6,95 а.е., эксцентриситет 0,876, наклонение 26°. Перигелий лежит внутри земной орбиты (перигелийное расстояние $q = 0,86$ а.е.), а афелий — за орбитой Сатурна. Период обращения этого тела составлял 18,3 года. Болид был догоняющим, его гелиоцентрическая скорость равнялась 41 км/с.

Итальянские ученые проявили завидную оперативность и приняли меры к сбору космического вещества под местом вспышки. На

специальных ловушках метеостанций и просто на гладких поверхностях удалось собрать микрочастицы размерами от одного до 200 км. Их изучение с помощью электронного микроскопа и рентгеновского спектрометра позволило определить состав распавшегося тела. В нем преобладали углерод, железо, магний, кальций, кислород, алюминий. Скорее всего, он был углистым хондритом.

Еще предстоит дальнейшая обработка полученных результатов: более тщательный анализ сейсмограмм и количественный анализ состава метеорного тела.

В. А. БРОНШТЭН,
кандидат физико-математических наук

Информация

Из общей теории относительности

Из (ОТО) следует, что лучи света должны изменять направление распространения вблизи массивных тел. Это было экспериментально доказано для случая наблюдения искривления лучей света от звезд в гравитационном поле Солнца во время полного солнечного затмения в 1919 г. Позже эффект гравитационного линзирования обнаружили и при наблюдениях квазаров. Лучи света от далекого квазара, проходя около массивной галактики, искривляются, и видно двойное или даже четверное (крест Эйнштейна) изображение одного и того же квазара.

Изменение направления распространения света происходит в поле любого массивного тела, и в 1986 г. Б. Пачиньский выдвинул идею, что, если у нашей Галактики есть массивное протяженное гало из объектов примерно звездной массы или немного меньше, то лучи света от звезд других галактик будут искривляться в поле объектов, входящих в гало, и такой эффект вполне может быть зарегистрирован.

В течение нескольких лет астрономы, наблюдая другие галактики (Туманность Андромеды, М31 и Большое Магелланово Облако, БМО), пытались обнаружить этот эффект, названный микролинзированием из-за относительно малой массы небесных тел, гравитационное поле которых изменяет направление распространения электромагнитных волн. Микролинзирование заключается в уменьшении блеска звезды на 1—2 звездные величины с характерным временем около одного месяца. Кривая изменения блеска должна быть симметричной и одинаковой во всех диапазонах (что крайне редко встречается у переменных звезд).

И вот в 1993 г. в октябрьском номере NATURE появилось сразу три статьи, посвященные этой проблеме. В двух из них две группы исследователей сообщают о независимых наблюдениях нескольких случаев микролинзирования, а третья работа посвящена теории этого явления.

Американо-австралийская и французская группы в течение нескольких лет наблюдали БМО. Использовалась современная аппаратура, в частности, крупная мозаичная ПЗС-матрица с $3,2 \cdot 10^7$ элементами, позволяющая обнару-

жить прохождение объекта гало Галактики перед одной из нескольких миллионов звезд БМО. Однако даже для миллиона звезд в течение года можно зарегистрировать всего лишь 2—3 события. Американо-австралийская группа сообщила о регистрации одного события, а французская — двух. Из наблюдений получены наиболее вероятная масса объектов гало ($0,12 M_{\odot}$) и диапазон вероятных масс ($\approx 0,03 - 1 M_{\odot}$). Поэтому наиболее вероятными кандидатами оказались «коричневые карлики» — объекты с массой $0,08 M_{\odot}$. Внутри таких небесных тел не идут термоядерные реакции и обнаружить их излучение практически невозможно.

Открытие эффекта микролинзирования — важное подтверждение существования массивного протяженного гало Галактики, состоящего из барионного вещества. Появилась возможность определить примерную массу населяющих гало объектов, т. е. получить новую ценную информацию о структуре Галактики.

Nature. 1993, 365, 6447

**«Дельта Клиппер» —
новая концепция
носителя**

В 1991 г. в зарубежной печати был опубликован ряд статей о различных проектах одноступенчатого носителя SSTO (Single stage to Orbit), в которых носитель часто называют DC-3 космоса в честь чрезвычайно популярного пассажирского самолета DC-3 фирмы Дуглас. Он разрабатывается по заказу «Организации по осуществлению стратегической оборонной инициативы» (ОСОИ). Поскольку в отличие от программы NASP (Земля и Вселенная, 1993, № 4, с. 94) проект SSTO основывается на уже имеющихся технологиях, или на технологиях ближайшего будущего, его создание, в принципе, возможно в течение нескольких ближайших лет.

В результате конкурса за основу был принят проект «Дельта Клиппер», разработанный специалистами фирмы Макдоннелл-Дуглас. Проект предусматривает баллистическую схему полета с вертикальным стартом и посадкой аппарата. Этот носитель входит в атмосферу с ориентацией носовой части по вектору скорости, т. е. «носом вперед», а затем разворачивается и садится вертикально, используя для амортизации тормозной импульс двигателя и четыре «ноги» (шасси). Проектом предусмотрено создание пилотируемого и беспилотного вариантов. Носитель «Дельта Клиппер» стартовой массой около 600 т может находиться на орбите в течение 7—14 сут, а при дозаправке в космосе использоваться в качестве межорбитального аппарата при полете на геостационарную орбиту или при обслуживании трассы «околоземная орбита — лунная база».

Силовая установка будет оснащена перспективным жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) фирмы «Пратт-Уитни».



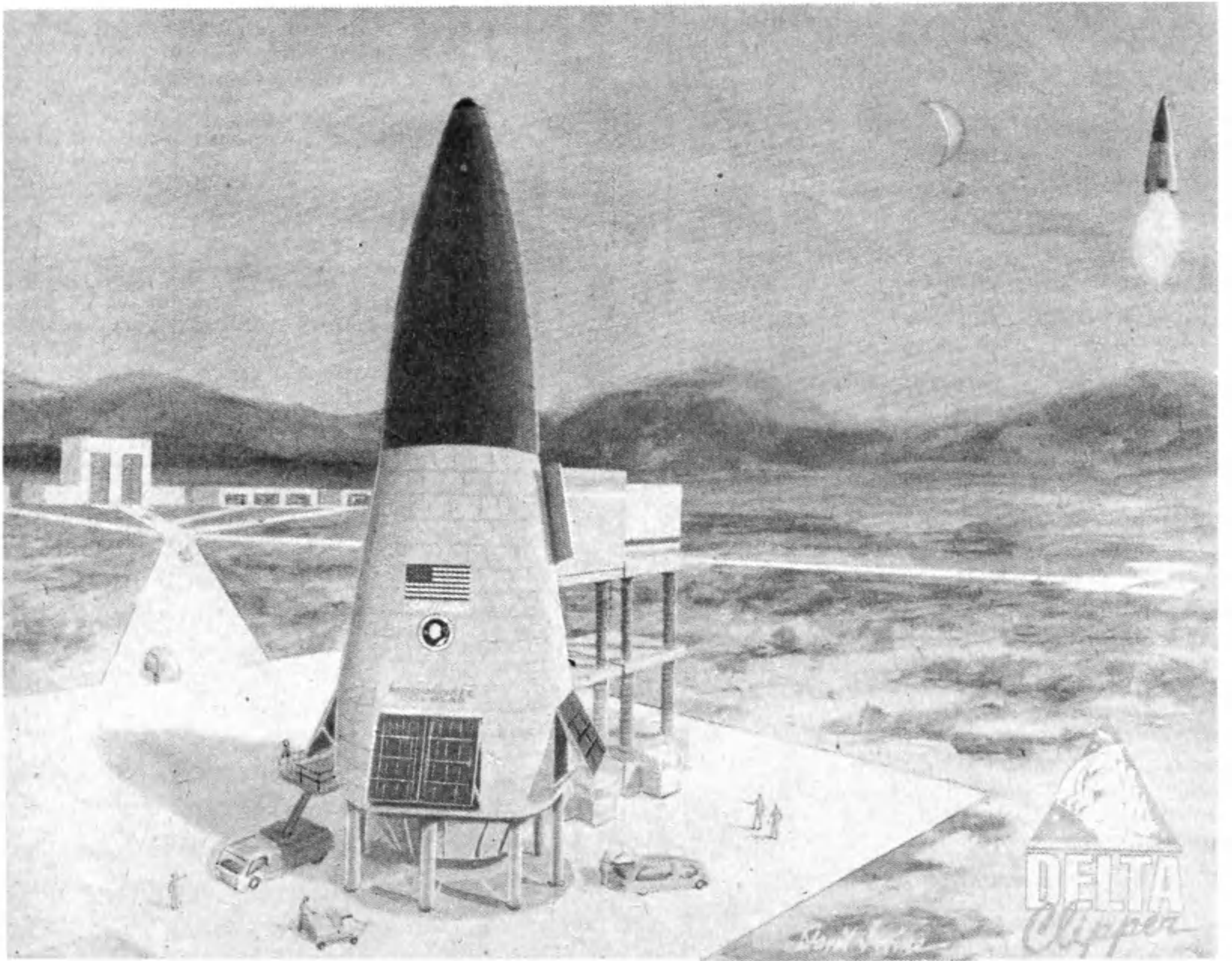
Топливом для реактивной системы управления, пространственным положением аппарата в полете служат те же самые компоненты, что и применяющиеся в маршевых двигателях — кислород и водород. На атмосферном участке полета управление осуществляется с помощью четырех поворотных аэродинамических щитков, установленных в нижней части аппарата.

Трехместная кабина и помещение для полезных грузов находятся в средней части аппарата, в верхней части размещен водородный бак, а в нижней — кислородный бак. Носитель «Дельта Клиппер» разрабатывался для программы СОИ и в соответствии с первоначальным заданием ОСОИ предназначался для выведения полезного груза (ПГ) массой до 4500 кг на полярную орбиту или примерно 9000 кг на низкую околоземную орбиту с малым наклоном, однако его создатели утверждают,

что путем масштабного увеличения аппарата его грузоподъемность может быть увеличена во много раз. Кроме того, эксплуатация носителя позволит проводить высокоскоростные транспортные операции в отдаленные точки земной поверхности в течение одного часа летного времени. В отношении расходов по программе предполагается, что натурный образец аппарата может быть построен при общих затратах около 2 млрд долл., а стоимость доставки на орбиту 1 кг ПГ не будет превышать 1500—2000 долл.

В сентябре 1993 г. проведено испытание опытного образца «Дельта Клиппер» (в 1/3 натуральной величины, массой около 20 т). Аппарат поднялся на высоту 91 м, переместился в горизонтальном направлении на 107 м и совершил мягкую посадку через 66 с.

* Flug-Revue, 1993, 12, 13.



Так художник изобразил подготовку к полету многоразового одноступенчатого носителя «Дельта Клиппер». Рисунок из журнала «Spaceflight»

В 60-х годах создание одноступенчатого носителя, способного вертикально взлетать и совершать посадку, казалось несбыточной идеей, однако успехи, достигнутые в материаловедении, двигателестроении и вычислительной технике, позволили ее осуществить.

Особенно важно, что «Дельта Клиппер» не нуждается в специализированном космодроме, может эксплуатироваться, используя сравнительно простые стартовые площадки.

С. П. УМАНСКИЙ

Программа «Спейс Шаттл»: хроника полетов

Напоминаем, что принятые в США обозначения полетов «Спейс Шаттла» STS ... (от Space Transportation System — Космическая транспортная система) из-за переносов и отмен запусков, как правило, не совпадают с порядковой нумерацией полетов «челноков».

8-17 апреля 1993 г. STS-56.

16-й полет МТКК «Дискавери». Запуск и посадка — Космический Центр им. Кеннеди (КЦК), продолжительность полета — 9 сут 6 ч 8 мин.

Экипаж: Кеннет Камерон (Cameron) — командир (к), Стивен Освальд (Oswald) — пилот (п), Кеннет Кокрелл (Cockrell) — специалист по программе полета (сп), Майкл Фоуэл (Foale) (сп), Эллен Очоа (Ochoa) (сп).

На борту устанавливалась лаборатория «Спейслэб» с оборудованием для атмосферных исследований ATLAS-2 (ATLAS — Atmospheric Laboratory for Applications and Science, научно-прикладная атмосферная лаборатория). С помощью вынесенной за борт, а в конце полета возвращенной обратно платформы SPARTAN (Shuttle Pointed Autonomous Research Tool for Astronomy, нацеливаемый автономный инструмент для астрономических исследований с борта «Шаттла») с собственной системой стабилизации и двумя телескопами, проведены наблюдения солнечной короны. Во время полета М. Фоуэл впервые в истории космонавтики установил любительскую радиосвязь с комплексом «Мир», где в это время работали Г. М. Манаков и А. Ф. Полещук. Кроме того, впервые в космос стартовала испаноязычная американка Э. Очоа.

26 апреля — 6 мая 1993 г. STS-55.

14-й полет МТКК «Колумбия». Запуск — КЦК, посадка — авиабаза Эдвардс (АБЭ), продолжительность полета — 9 сут 23 ч 40 мин. Запуск откладывался с 18 февраля.

Экипаж: Стивен Нэйгел (Nagel) (к), Теренс Хенрикс (Henricks) (п), Джерри Росс (Ross) (сп), Чарльз Прекурт (Precourt) (сп), Бернард Харрис-мл. (Harris) (сп), Ганс Шлегель (Schlegel) (ФРГ) — специалист по полезной нагрузке (спн), Ульрих Вальтер (Walter) (ФРГ) (спн).

Полет с лабораторией «Спейслэб Д-2» по американо-германской программе (Германия затратила около 570 млн долл). Проводились эксперименты с медуко-биологическим оборудованием «Анторэк» (Anthorack), немецким манипулятором «Ротекс». Впервые прошел эксперимент с введением в организм астронавтов солевых растворов для компенсации процессов обезвоживания.

21 июня — 3 июля 1993 г. STS-57.

4-й полет МТКК «Индевор». Запуск и посадка — КЦК, продолжительность полета — 9 сут 23 ч 45 мин.

Экипаж: Рональд Грэйби (Grabe) (к), Брайан Даффи (Duffy) (п), Джордж Лоу (Low) — руководитель работ с полезной нагрузкой (рпн), Нэнси Шерлок (Sherlock) (сп), Питер «Джефф» Уайсофф (Wisoff) (сп), Дженис Восс (Voss) (сп).

В ходе полета возвращена на Землю запущенная в августе 1992 г. европейская исследовательская платформа «Эврика». Впервые испытана в полете коммерческая лаборатория «Спейсхэб» (Spacehab, от Space — космос, Habitation — обитание), применение которой в четыре раза увеличивает объем, отводимый на борту «Шаттла» под научное оборудование. Во время выхода в открытый космос продолжалось испытание оборудования и отработка методов работы для предстоящего ремонта «Хаббла». «Шаттлу» пришлось маневрировать (в четвертый раз за всю историю программы), чтобы избежать столкновения с отработавшей ступенью советской ракеты-носителя «Космос».

12-22 сентября 1993 г. STS-51.

17-й полет МТКК «Дискавери». Запуск и посадка — КЦК, продол-

жительность полета — 9 сут 20 ч 11 мин.

Экипаж: Фрэнк Калбертсон-мл. (Culbertson) (к), Уильям Редди (Readdy) (п), Джеймс Ньюмен (Newman) (сп), Дэниэл Бёрч (Bursch) (сп), Карл Уолз (Walz) (сп).

На переходную к геостационарной орбите выведен экспериментальный связной ИСЗ ACTS (Advanced Communications Technology Satellite, спутник перспективных связных технологий) для отработки методов космической связи. Была отпущена в свободный полет, а затем возвращена с помощью манипулятора платформа ASTRO-SPAS с полезной нагрузкой ORFEUS (Orbiting and Retrievable Far and Extreme UV Spectrometer, орбитальный возвращаемый спектрометр дальнего и крайнего ультрафиолетового диапазона). 16 сентября прошел третий в 1993 г. выход в открытый космос для подготовки к ремонту «Хаббла». Впервые в открытом космосе одновременно работало четверо землян — К. Уолз и Дж. Ньюмен — на борту «Дискавери», В. В. Циблиев и А. А. Серебров — на комплексе «Мир». Карл Уолз стал трехсотым космонавтом мира.

19 октября — 1 ноября 1993 г. STS-58.

15-й полет МТКК «Колумбия». Запуск — КЦК, посадка — АБЭ, продолжительность полета — 14 сут 00 ч 13 мин.

Экипаж: Джон Блэйха (Blaha) (к), Ричард Сизерфосс (Searfoss) (п), Маргарет Седдон (Seddon) — руководитель работ с полезной нагрузкой (рпн), Уильям Мак-Артур-мл. (McArthur) (сп), Дэвид Вулф (Wolf) (сп), Шэннон Лусид (Lucid) (сп), Мартин Феттман (Fettman) (спн).

Проводились научные эксперименты в биомедицинской лаборатории на базе «Спейслэба» SLS-2 (Spacelab Life Science, биологическая лаборатория «Спейслаб»). Полет стал рекордным для «Шаттла» по продолжительности. Шэннон Лусид установила рекорд среди женщин по суммарному пребыванию на орбите (762 ч).

2-13 декабря 1993 г. STS-61.

5-й полет МТКК «Индевор». Запуск и посадка — КЦК, продолжительность полета — 10 сут 19 ч 59 мин.

Экипаж: Ричард Кови (Covey) (к), Дуайен Бауэрсокс (Bowersox) (п), Франклин Мюсгрейв (Musgrave) (рпн), Клод Никольер

(Nicollier) (Швейцария) — бор-тинженер (би), Кэтрин Торнтон (Thornton) (сп), Джеффри Хофман (Hoffman) (сп), Томас Эйкерс (Akers) (сп).

Долгожданный полет по ремонту и обслуживанию Космического телескопа им. Хаббла (подробнее об этом полете рассказано в «Земле и Вселенной» № 4, 1994 г. — *Ред.*). Из-за отклонения формы основного зеркала, запущенный 26 апреля 1990 г. с борта «Дискавери» телескоп («Ричи-Кретъен» с диаметром зеркала 2,4 м) стоимостью 1,6 млрд долл., оказался практически не работоспособным. Захватив ИСЗ манипулятором, астронавты во время пяти выходов в открытый космос установили корректирующую оптику, новую планетарную камеру, заменили блоки гироскопов и системы управления. Затем «Хаббл» был повторно выведен на орбиту. 13 января 1994 г. руководство NASA, представители сената и президента США заявили, что полет «Индевора» оказался полностью успешным, и телескоп теперь соответствует возлагавшимся на него надеждам.

3-11 февраля 1994 г. STS-60.

18-й полет МТКК «Дискавери». Запуск и посадка — КЦК, продолжительность полета — 8 сут 7 ч 9 мин.

Экипаж: Чарльз Болден-мл. (Bolden) (к), Кеннет Райтлер-мл. (Reightler) (п), Нэнси Дэвис (Davis) (сп), Рональд Сига (Sega) (би), Франклин Чанг-Диаз

(Chang-Diaz) (рпн), Сергей Крикалев (сп).

Впервые на «Шаттле» совершил полет российский космонавт. На борту была вторично установлена лаборатория «Спейсхэб», а также ряд автономных научных приборов в специальных контейнерах GAS (Get Away Special). Экипажу предстояло также вывести в космос и забрать по окончании экспериментов автономную платформу WSF (Wake Shield Facility) — «летающую тарелку» диаметром 3,66 м, предназначенную для выращивания тонких кристаллических пленок за «щитом», загораживающим оборудование от набегающего потока микрочастиц, «орбитального мусора» и собственной атмосферы «Шаттла». Хотя полностью отделить WSF от «Дискавери» (а Сергею Крикалеву, соответственно — забрать его обратно) не удалось, астронавты все же провели ряд экспериментов, удерживая КА манипулятором.

4-18 марта 1994 г. STS-62.

16-й полет МТКК «Колумбия». Запуск и посадка — КЦК, продолжительность полета — 13 сут 23 ч 17 мин.

Экипаж: Джон Каспер (Casper) (к), Эндрю Аллен (Allen) (п), Пьер Туэт (Thuot) (сп), Чарльз «Сэм» Гемар (Gemar) (би), Марша Айвинс (Ivins) (сп).

Проведен ряд научных экспериментов по материаловедению в условиях невесомости (аппаратура USMP-2 (United States Microgravity

Payload, американская полезная нагрузка для исследований в невесомости), космической технологии (OAST-2 — Office of Aeronautics and Space Technology, отдел аэронавтики и космической техники NASA, разрабатывавший эксперимент), эксперименты по выращиванию кристаллов и ряд других, по словам командира экипажа, «очень сходных с тем, что мы будем делать на космической станции».

9-20 апреля 1994 г. STS-59.

6-й полет МТКК «Индевор». Запуск — КЦК, посадка — АБЭ, продолжительность полета — 11 сут 5 ч 51 мин.

Экипаж: Сидней Гутьеррез (Gutierrez) (к), Кевин Чилтон (Chilton) (п), Джером «Джей» Эпт (Apt) (сп), Майкл «Рик» Клиффорд (Clifford) (би), Линда Годвин (Godwin) (рпн), Томас Джоунз (Jones) (сп).

На борту МТКК находилась Космическая радарная лаборатория SRL-1 (Space Radar Laboratory) для проведения экспериментов по программе «Полет к планете Земля». Исследовались изменения состояния природной среды, вызванные деятельностью человека.

Дмитрий Пайсон — по материалам журнала «Новости Космонавтики»

(Продолжение следует)

Информация

Новая наземная гамма-обсерватория

Для исследования космического гамма-излучения на территории штата Нью-Мексико (юго-запад США) при участии семи американских научных учреждений во главе с известной Лос-Аламосской национальной лабораторией будет построена обсерватория Милагро. Обсерватория представляет собою, по существу, бассейн площадью с футбольное поле под светонепроницаемой кровлей, расположенный на возвышенности высотой

около 3 тыс. м над уровнем моря. Под водой размещается 750 детекторов излучения, которое возникает при взаимодействии протонов космического происхождения с атомными ядрами в земной атмосфере. Дело в том, что непосредственно наблюдать гамма-излучение не удается. Однако, соударяясь с атомными ядрами воздушной оболочки планеты, оно вызывает ливни субатомных частиц, которые затем «дождем» обрушиваются на земную поверхность. Проходя с огромной скоростью сквозь воду, они порождают фотоны черенковского излучения, доступные для регистрации. Интенсивность этого свечения говорит о том, насколько «энергично» данное гамма-излучение. По времени прихода сигнала на каждый детектор ученые получают возможность определить

направление, откуда пришло излучение.

Возможно, обсерватория Милагро позволит решить загадку космических гамма-всплесков — внезапных ливней гамма-излучения, обрушивающихся на Землю примерно 800 раз в год.

Есть надежды на прогресс в доказательстве существования теоретически предсказанных «черных дыр», которые также производят гамма-излучение. Словом, от наблюдений на обсерватории Милагро ожидают многого. Уже поступили первые ассигнования на ее строительство в сумме 2,5 млн долл. от Национального научного фонда и от Министерства энергетики США. Ее сооружение начнется в конце 1994 г., а открытие запланировано на 1997 г.

New Scientist, 1994, 141, 7

Франческо Мавролик

(к 500-летию со дня рождения)



Франческо Мавролик (1494—1575)

В известном биографическом словаре «Астрономы» (авторы И. Г. Колчинский, А. А. Корсунь, М. Г. Родригес) Мавролику посвящено всего несколько строк: «Итальянский астроном и математик. Автор труда «Космография» (1543), злейший противник гелиоцентрического учения Коперника». Последняя фраза как бы ставила крест на

изучении жизни и деятельности этого человека, пользовавшегося в свое время репутацией одного из самых выдающихся ученых европейского Возрождения...

О жизни Мавролика (грека по происхождению) известно довольно мало. Существует даже несколько вариантов его фамилии. Сейчас используется латинская транскрипция. По-гречески фамилия звучала как Мауроликос, а в Италии она превратилась в Марулли. Отец Франческо, Антонио Мауролико, был родом из Греции, откуда семья бежала в Сицилию, спасаясь от турецкого владычества. Антонио поселился в Мессине и стал мастером городского монетного двора. Здесь же 16 сентября 1494 г. у него родился сын, снискавший себе славу научными трудами и замечательными открытиями. Греческие традиции бережно сохранялись в этом роду, и Франческо прекрасно знал греческий и древнегреческий языки.

Биография ученого не представляет особенного интереса, не изобилует, подобно биографиям других ренессансных героев, бурными перипетиями и захватывающими приключениями. Скорее, напротив, Мавролик вел весьма скромную и тихую жизнь в своем родном городе, из которого никуда не выезжал (за исключением кратковременных поездок в Рим и Неаполь), посвятив все свое время научным занятиям. В 1521 г. он принял духовный сан, а впоследствии стал монахом бенедиктинского ордена. В Мессине он пользовался неизменным покровительством вице-короля Сицилии Карла V,

сына которого обучал математике, а также губернатора Мессины принца Симона Кастельбуоно маркиза Герации. В 1550 г. последний сделал Мавролика аббатом монастыря Санта Мария дель Парто, расположенного недалеко от Кастельбуоно. Кроме того, Мавролик выполнял несколько чисто общественных функций: входил в ряд городских комиссий в Мессине, возглавляя монетный двор, где ранее служил его отец, вместе с архитектором Феррамолино был смотрителем городских фортификационных сооружений, участвовал в написании истории Сицилии, которая была опубликована в Мессине в 1562 г. Однако гораздо большую известность принесло ему чтение публичных лекций по математике в Мессинском университете (профессором Мавролик стал в 1569 г.). Скончался ученый 21 (или 22) июля 1575 г.

Научное наследие Мавролика достаточно велико и многообразно. Сочинения его посвящены математике, физике, астрономии, истории и другим наукам, естественным и гуманитарным. В некоторых своих произведениях Мавролик перечисляет созданные им трактаты, но, к сожалению, лишь немногие из этих работ сохранились и были напечатаны (хотя бы посмертно). Его научное творчество как бы воплотило в себе две эпохи: оно отличается поистине возрожденческим многообразием и разносторонностью интересов и в то же время средневековым традиционализмом, проявившимся, в частности, в трудах по астрономии. Большое значение имела и его деятельность в качестве переводчика античных авторов. Как правило, Мавролик печатал переводы вместе со своими трактатами в одной книге, дабы у читателей имелась возможность полностью представить себе развитие той или иной научной идеи. Так, в 1558 г. в Мессине была опубликована внушительная компиляция «О сфере». В нее вошли переведенные трактаты: «Сферика» Менелая Александрийского (I в. н. э.), «Автолика» (IV в. до н. э.), два сочинения Феодосия из Вифинии, «Начала» Евклида, трактат о сфере самого Мавролика, тригономет-

рические таблицы и математический компендиум. Две другие большие книги, переведенные Мавроликом, издали только после его смерти. В 1654 г. в Мессине вышел перевод «Конических сечений» древнегреческого математика Аполлония Пергского (III—II вв. до н. э.), сделанный Мавроликом еще в 1547 г. До этого в греческом оригинале были известны только лишь четыре книги «Сечений». Мавролик же предпринял попытку исторической реконструкции еще двух книг. Жизнь показала правильность его построений,— в 1659 г. подобную реконструкцию пятой книги этого произведения опубликовал итальянский астроном Винченцо Вивиани. Собрание сочинений Архимеда, также составленное и переведенное Мавроликом, увидело свет еще позже — в 1685 г. в столице Сицилии Палермо.

Кроме комментированных переводов древних авторов, Мавролик создал ряд оригинальных научных трудов, из которых прежде всего следует назвать книги «Космография» (Венеция, 1543), «Математика» — собрание восьми небольших трактатов (Венеция, 1575), «О свете и тени...» (Неаполь, 1611, возможно, издавалась в Венеции в 1575 г.), «Проблемы механики...» (Мессина, 1613), а также работы, изданные в XIX в.: «Краткая демонстрация центра параболы» (1565), две книги «Объяснения алгебры» (1555) и небольшое сочинение по вопросам геометрии. «Алгебра» представляет собой элементарный задачник, содержащий примеры квадратных уравнений и их решения. Математический трактат посвящен тригонометрическим и стереометрическим проблемам. Здесь Мавролик обосновал, предложенный им еще в «Космографии», способ измерения длины дуги земного меридиана. В 1668-70 гг. этот способ на практике применил известный французский астроном Жан Пикар. В работе о параболе Мавролик затронул вопрос, связанный с механикой. Речь шла об определении центра тяжести сегмента параболоида вращения.

Основные математические работы ученого сконцентрированы в его собрании трактатов по математике. Ин-

интересны его исследования в теории чисел, содержащиеся во второй книге «Арифметики». Мавролик воспринял как бы оба направления античной математической традиции, идущее от Никомаха из Герасы и Бозция представление о глубокой философской значимости чисел и конкретно-исследовательское направление (Диофант). Помимо чисто математических сочинений в собрание трактатов входят также труд по хронологии, книга о гномоне (Мавролик подробно изучал различные астрономические инструменты) и описание знаменитых «Начал» Евклида. Ученый, увлекаясь стереометрией, оставил ряд весьма любопытных пассажей, в изобилии рассеянных в разных книгах и касающихся изучения конусов и многогранников.

Интересны работы Мавролика в области физики, здесь главным направлением его деятельности были оптические исследования, столь важные и для астрономии. Они изложены в трактате «О свете и тени...». Мавролик подробно рассматривал прямолинейное распространение света, его преломление и отражение от зеркал разной формы, сферическую абберацию, действие выпуклых и вогнутых линз.

Мавролика интересовало строение человеческого глаза. Древние считали, что световые лучи выходят из самого глаза и как бы «ощупывают» разные предметы. Арабский ученый Альхазен (аль-Хайсам) в начале XI в. показал, что лучи испускаются видимыми телами и влияют на глаз, но механизм зрения не раскрыл. Мавролик же, используя опыты с линзами, пришел к выводу о преломлении лучей в хрусталике глаза, как в линзе. Он, пожалуй, впервые объяснил причины дальновидности и близорукости, состоящие в различной кривизне хрусталика, а также принцип действия очков. Описал Мавролик и преломление света в призмах, в частности, доказал, что световые лучи, проходя через пластинку с плоскими и параллельными гранями, не изменяют своего направления, а только смещаются параллельно самим себе. Оптические опыты позволили ученому объяснить действие и камеры-обскуры, изучением которой, независимо от

Мавролика, занимался другой итальянец — Джованни Порта. Часть трактата Мавролик посвятил исследованию радуги, впервые выделив семь ее цветов. Как видим, скрупулезные занятия оптикой привели мессинского аббата к выдающимся результатам, многие из которых важны и для астрономии и для астрофизики.

Специально вопросы астрономии Мавролик обсуждал, например, в «Космографии» и в одном из трактатов о сфере. По-видимому, глубокий традиционализм Мавролика, опора на старые авторитеты и церковные постулаты помешали ему понять значение открытия Коперника. В длительной и упорной дискуссии о структуре мироздания Мавролик все-таки склонялся к взглядам античных авторов. Специальную работу («Об астрономических инструментах») Мавролик посвятил рассмотрению истории изобретения и действия инструментов, с которыми выполнялись астрономические наблюдения. Еще в 1546 г. в Венеции вышла его книга «Производство квадратов и их применение».

Поздней осенью 1572 г. в созвездии Кассиопеи вспыхнула яркая звезда. До этого времени подобная вспышка Сверхновой звезды наблюдалась лишь китайскими астрономами в 1054 г. Сверхновую 1572 зафиксировали многие ученые Европы. 6 ноября в Виттенберге ее наблюдал В. Шулер, на следующий день — аугсбуржец П. Хайнцель, 8-го — ростокский профессор Д. Хитрей и, наконец, 11 ноября Тихо Браге. Появление яркой звезды всколыхнуло весь мир и породило множество толкований, некоторые даже принимали звезду за новую Вифлеемскую, возвещавшую о втором пришествии Спасителя... Тихо Браге выполнил самые тщательные наблюдения Сверхновой (вплоть до марта 1574 г.). Наблюдал звезду и Мавролик. Результаты его исследования были опубликованы Х. Клавием в 1581 г. Но в 1960 г. появилась еще одна рукопись Мавролика, хранящаяся в Национальной библиотеке Неаполя, из которой явствует, что мессинский астроном наблюдал Сверхновую еще 6 ноября 1572 г.

Таланты Мавролика проявились и в других, подчас совершенно неожиданных, областях знания. Например, в математическое собрание входит трактат, посвященный музыке. В «Проблемах механики» затрагиваются вопросы магнетизма. Мавролик составил карту Сицилии (1541 г.), оставив след в истории географии. Он занимался изучением сицилийских рыб (письмо к Пьеру д'Альби от I.III 1543 г.), высказал ряд соображений по вулканологии, находясь под впечатлением извержения Этны (письмо знаменитому гуманисту кардиналу Пьетро Бембо от 4.V.1546 г.). Мавролик пользовался и

славой метеоролога. Ему удалось предсказать погоду перед битвой при Лепанто 7 октября 1571 г., когда мощный турецкий флот был разбит объединенными силами Испании и Венецианской республики.

Еще Дж. Риччоли, составляя в 1651 г. одну из первых подробных карт Луны, увековечил имя Мавролика в названии лунного кратера. Любители астрономии могут отыскать кратер Мавролик, расположенный недалеко от хорошо им знакомого кратера Тихо.

Е. В. ПЧЕЛОВ

Информация

Молода ли Вселенная?

Известная константа Хаббла — главный фактор при определении возраста Вселенной. Чем больше эта величина, тем быстрее расширяется Вселенная и тем она моложе. Чтобы определить константу Хаббла, астрономы измеряют расстояние до далеких галактик, и сопоставляют его с их красным смещением, которое вызывается расширением Вселенной.

В последние годы новый метод измерения расстояний до галактик разработали американские астрономы Брайен Шмидт, Роберт Киршнер и Рональд Истман. Метод основан на определении истинной яркости сверхновой по ее темпе-

ратуре и размерам разлетающейся от взрыва оболочки. Цвет сверхновой говорит о степени ее нагрева: более раскаленная материя излучает в синей части спектра, а менее — в красной. О размерах судят по времени, когда произошел взрыв, и скорости, с которой материя разлетается во все стороны. Скорость устанавливается из ширины спектральных линий излучения сверхновой: чем они шире, тем скорость выше. По температуре и размерам расширяющейся оболочки вычисляется истинная яркость сверхновой. Сопоставление ее с наблюдаемой яркостью позволяет определить расстояние до нее и, тем самым, до той галактики, в состав которой она входит. Расстояние и красное смещение галактики дают величину константы Хаббла.

В июле 1992 г. астроном Роберто Антесана (обсерватории Серро-Тололо, Чили) открыл сверхновую звезду в галактике в созвездии Кита. Галактика обладает красным смещением, равным

0,048. Б. Шмидт с коллегами высчитали, что она отстоит от нас на 590 млн св. лет ($\pm 15\%$). Следовательно, константа Хаббла равна 81 ± 12 км/с/Мпк.

В случае, если константа Хаббла действительно равна 81, а во Вселенной как раз столько массы, чтобы остановить процесс расширения (так полагают многие специалисты по космологии), то Вселенной «исполнилось» лишь 8,0 млрд лет. Если же Вселенная обладает лишь 10% массы, необходимой для прекращения ее «разлета» во все стороны, то ее возраст 10,8 млрд лет. Однако исследования показали, что древнейшим звездам, входящим в состав Млечного пути, примерно 15 млрд лет. Может ли целое быть моложе входящих в него частей?..

Astrophysical Journal Letters
1.03.1994
The Astronomical Journal, April,
1994
New Scientist, 1994, 141, 19

Мировой центр географической науки

(К 75-летию Института географии РАН)

В. М. КОТЛЯКОВ, академик
В. С. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, доктор
географических наук

Слово «география» в обыденном сознании часто ассоциируется со школьным предметом, содержимое которого закладывается в простую формулу: «знание о странах и районах». А между тем географическая наука, в отличие от школьной дисциплины, ни на день не прекращала и не прекращает тяжелой и кропотливой работы по изучению фундаментальных законов кажущегося очень простым и привычным окружающего нас, земного мира. О путях развития географической науки в XX в., когда, казалось бы, на Земле «все уже открыто», может дать представление 75-летний путь академического Института географии.

ОТ ОПИСАНИЯ К ПОЗНАНИЮ

Становление академических исследовательских институтов связано с именем В. И. Вернадского (1863—1945), способствовавшего созданию Постоянной комиссии по изучению естественных производительных сил (КЕПС). В 1915 г. географ и антрополог Д. Н. Анучин (1843—1923) предложил учредить Центральный географический институт. Но тогда это предложение не было принято. Однако высказанное в апреле 1918 г. 33-летним доцентом

А. А. Григорьевым предложение об организации Института промышленно-географического изучения России оказалось более успешным (Земля и Вселенная, 1994, № 3, с. 51). Основная задача института, по его мнению, должна была заключаться «в разработке, а затем усовершенствовании и детализации плана национальной организации народного хозяйства на основе рационального использования всех ресурсов страны и производства всех работ...» Такая — чисто практическая — формулировка задач нового академического учреждения

логически вытекала из идеологии КЕПСа, возникшего в годы военной изоляции страны от зарубежных источников ресурсов и сохранившего свое значение в условиях Брестского мира.

Первоначально в составе КЕПС появился **Промышленно-географический отдел**, призванный заниматься исследованием природных условий еще не освоенных районов страны с целью их промышленного освоения. Руководителем Отдела был назначен известный экономист М. И. Боголепов (1879—1945), а ученым секретарем — А. А. Гри-

горьев, который в 1923 г. стал руководителем Отдела.

Важной вехой отечественной географической науки становится 1926 год. В этот год А. А. Григорьев публикует небольшую (всего 8 страниц) статью «Задачи комплексного исследования территории», в которой подчеркивалось, что географическую среду нужно изучать как **единое целое**, не отделяя человека с его хозяйством от природного комплекса, а при изучении процессов и взаимосвязей в природе нужны не только экспедиционные, но и стационарные исследования. Предложенная А. А. Григорьевым научная программа провозглашала перемещение интересов ученых-географов из сферы прагматических задач в область фундаментальных проблем, из области статики к динамике, от территории страны — практически ко всей географической среде (оболочке).

В том же 1926 году из названия отдела исчезает слово «промышленный», впредь он именуется только «географическим», и основной формой становятся экспедиционные («полевые») исследования.

В 1930 г. при реорганизации КЕПС был создан **Геоморфологический институт** с оговоркой, что в сфере его интересов находятся и вопросы физической географии. В докладе на Первом всесоюзном географическом съезде (апрель 1933 г.) А. А. Григорьев изложил уже не просто систему

взглядов, а теоретическую платформу деятельности Института в сфере физической географии и геоморфологии. В этой платформе присутствовало все то, что далее на протяжении нескольких десятилетий развивалось в стенах Института: исследование природных процессов и эволюционный подход, а также установка на методическое перевооружение географии на основе достижений физики и химии.

В 1934 г. Институт перебазировался в Москву и получает название **Института физической географии**. А. А. Григорьев упорно работает над анализом огромного материала по составу и строению географической оболочки — введением в новое, динамическое землеведение. Вокруг него складывается группа сотрудников и учеников, приступающих к изучению природных процессов в экспедиционных условиях. В 1936 г. создан впервые в мировой практике географии комплексный стационар в Подмоскowie. В этом же году Институт, наконец, обрел свое «подлинное имя» — **Институт географии Академии наук СССР (ИГАН)**.

Вскоре новому научному учреждению поручается работа по составлению многотомной «Географии СССР», с утилитарной целью: снабдить аппарат управления информацией по всем районам страны. Этот сугубо практический «госзаказ» вступил в противоречие с раз-

ного научного направления, которое шло как бы подспудно, в то время как внешне разворачивалась работа по составлению описательного издания. Такая двойственность сохранялась на протяжении двух-трех десятилетий.

В 1938—1942 гг. А. А. Григорьев опубликовал серию оригинальных статей «Опыты характеристик основных типов физико-географической среды», ориентирующих работу Института на разработку теоретических основ физической географии.

В годы Великой Отечественной войны в Институте сформировали бригады из геоморфологов, почвоведов, геоботаников. Готовились материалы и специализированные карты для командования вооруженными силами (танкопроходимость, взлетно-посадочные условия и т. д.). Это неплохая школа комплексных, междисциплинарных исследований, подчиненных практической цели — изысканию возможностей мобилизации ресурсов тыловых районов на нужды обороны страны.

Послевоенное восстановление научно-поисковых исследований началось весьма энергично. В 1945-1948 гг. Институту удается создать крупную Тянь-Шаньскую физико-географическую станцию. Ее коллектив под руководством Г. А. Авсюка (в будущем академика, члена редколлегии журнала «Земля и Вселенная») приступил к изучению **динамики природных (географических и геобиоценотических) процес-**



Высокогорный филиал Тянь-Шаньской физико-географической станции, основанной Институтом географии АН СССР в 1948 г. Фото В. А. Маркина

сов. Впоследствии, в 60-х годах, возникли еще два стационара — в Курска и в Нальчике. С 1948 г. важное место в работах Института, в рамках работ по «планам преобразования природы», получили исследования эрозии, суховеев, пыльных бурь, селей, русловых и эоловых процессов, включая перенос и накопление снега, а позднее — изучение внезапных подвижек ледников.

Тяжелейшим испытанием для Института (как

графию лишь как инструмент информационного обслуживания очередных государственных планов и отраслевых программ. В этом случае отодвигалась на задний план сама суть академической науки — поиск новых фундаментальных закономерностей, в результате чего направление действий Института перевелось бы в сферу функций, более свойственных государственной географической службе.

Однако уже в 1952 г. И. П. Герасимов (1905—1985), сменивший А. А. Григорьева на посту директора, сумел, формально оставаясь в рамках требований тогдашнего руководства Академии, выделить исследовательскую сущность решавшихся Институтом физико- и экономико-географических задач. В своих формулировках он говорил о важности теории, об изучении процессов, их динамике и прогнозе. Институту удалось выдержать курс на формирование теории динамического землеведения, несмотря на смену политической погоды и связанных с ней «актуальных» практических («народнохозяйственных») задач.



Академик И. П. Герасимов,
директор Института географии
в 1951-1983 гг.

ДИНАМИЧЕСКИЙ ПОРТРЕТ ПРИРОДЫ: С ЗЕМЛИ И ИЗ КОСМОСА

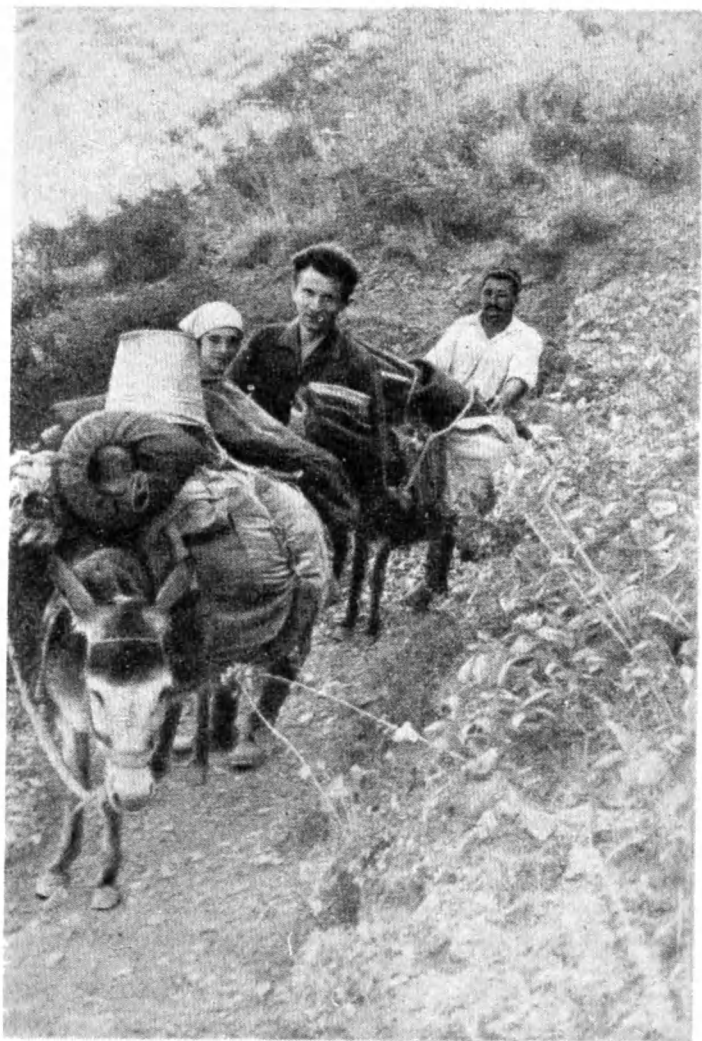
В первые послевоенные годы экспедиции, в которых участвовали сотрудники Института, охватили равнины и среднегорья **Сибири, Средней Азии и Дальнего Востока**. В период Международного геофизического года (1957—1958) организовано несколько стационаров в **Арктике**, в высокогорьях **Кавказа** и **Полярного Ура-**

ла, сотрудники Института вели широкие исследования в **Антарктиде**. Был собран материал о структуре природных систем на огромных пространствах Севера Евразии. В монографиях, изданных Институтом с 1945 по 1972 гг. (их более 60 томов), охарактеризованы природные условия и естественные ресурсы всей территории СССР, дана экономико-географическая оценка основных ее районов. В 50-х годах, совместно с Академией на-

ук **Китая**, развернулись экспедиционные исследования на территории этой страны, одновременно продолжались полевые работы в **Монголии**. Активное участие сотрудников Института в антарктических экспедициях имело принципиальное значение для географии: нельзя ограничить поле ее исследований границами одного материка.

В середине же 50-х годов А. А. Григорьеву и М. И. Будыко удалось сформулировать теоретическое обобщение столь масштабное, что оно получило редкую в географии оценку закона — «закона периодической географической зональности», давшего энергетическую трактовку соотношений тепла и влаги, обуславливающих основные черты природного разнообразия внешней — географической — оболочки Земли.

Результаты многолетних экспедиционных исследований Института и теоретические разработки послужили ключом к созданию общей географической картины природы нашей планеты. Картина эта нашла воплощение в подготовленном Институтом и изданном в 1964 г. многостраничном комплексном **Физико-географическом атласе мира**, и спустя 30 лет вызывающем интерес географов многих стран.



За истиной (Из книги В. М. Котлякова «Горы, льды и гипотезы»). Фото О. В. Роттаевой

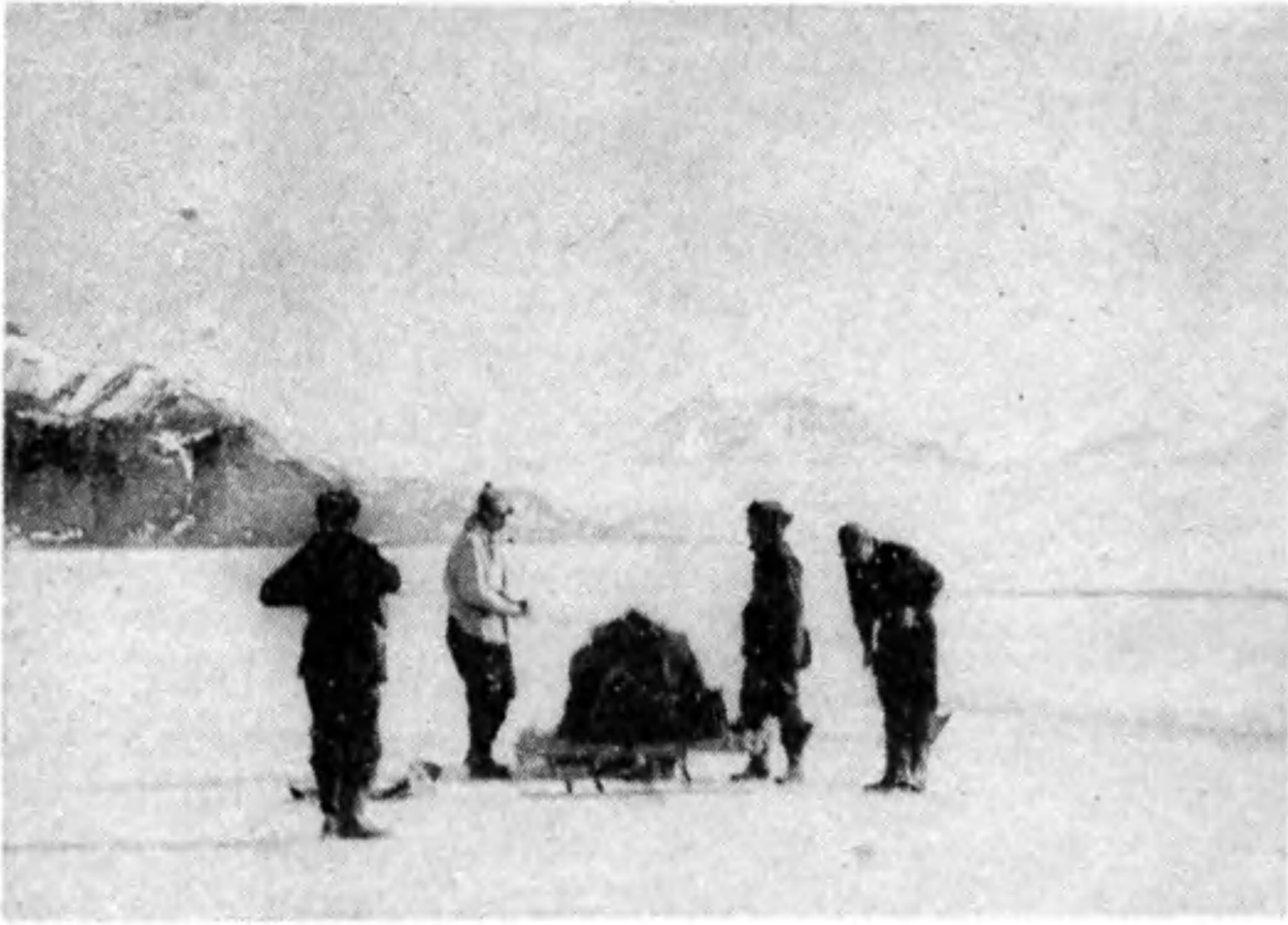
начаты в 1939 г. выходом в свет монографии двух, в то время 34-летних, докторов наук И. П. Герасимова и К. К. Маркова «Ледниковый период на территории СССР». Затем длительное время кропотливо накапливался эмпирический материал. При этом в исследовательское поле вовлекались не только традиционные процессы изменения геологических отложений и рельефа, растительности и животного мира, но и почвенный покров, климат и условия жизни первобытного человека. В силу этого эволюционная география все более приобретала черты комплексной науки.

Крупные эволюционно-географические обобщения относятся к 70-90-м годам, когда был создан оригинальный атлас-монография «Природа Европы за последние 100 тыс. лет», получено представление о пульсационном характере зональной структуры природы Земли, дан глубокий анализ природных условий межледниковых фаз так называемого «ледникового периода», а также обстановки перигляциальных районов (прилегающих к древним ледниковым покровам). Исследования сделали более прочной основу прогноза глобальных изменений природы Земли

Исследование географических процессов стимулировало развитие геофизики ландшафтов, изучения о соотношении устойчивости и изменчивости географических систем, о роли в их жизни саморегуляции и механизмах их устойчивости. Все это пригодилось в наше время при решении проблемы «человечество и глобальные изменения».

Позднее, когда начались космические исследования автоматическими аппаратами, география сыграла важную роль при формировании новой науки — сравнительной планетологии.

И все же в Институте постоянно сознавали, что общая географическая картина природы Земли была бы не полна, если ограничиться лишь анализом ее пространственного строения и современных физико-географических процессов. Исследования в области эволюционной географии были



Полевой отряд Института географии на Шпицбергене. Фото В. А. Маркина

— процесса, идущего непрерывно, но проявляющего неоднородность не только во времени, но и в пространстве.

В 60-70-е годы значительно усиливается внимание к проблеме «человек—природа», приходит сознание того, что Земля — не просто космическое тело, но и «Планета людей». Когда были завершены обобщающие работы о состоянии природных ресурсов СССР и Европы, Институт резко усилил внимание к исследованиям изменений природы под воздействием человека и влияния

на него окружающей, в том числе антропогенно измененной, среды. В его структуре возникают научные группы, разрабатывающие новые направления: медицинская и рекреационная география, географические аспекты экологии человека, проблемы географии населения, процессов урбанизации. Уже в эти годы наметился прорыв общественной ветви географии за рамки, очерченные ей дискуссиями 30-х годов, — за пределы экономической и техноэкономической географии, за пределы ресурсоведения.

В эти же десятилетия, с началом регулярных космических съемок, географы получили возможность рассматривать планету «со стороны», с орбиты спутника Земли, используя методы фотографии, спектрометрии, микроволновой и гамма-съемки. Оформилась новая наука — космическое землеведение, а впоследствии был освоен и постоянный космический мониторинг.

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИРОДЫ И ОБЩЕСТВА

В 80-х и начале 90-х годов существенно углубляются фундаментальные исследования. Их стимулирует обострение региональных и глобальных экологических проблем, осложнение взаимоотношений общества и природы. Науку все более волнуют проблемы соотношения географических образований разного происхождения (природных, экономических и социокультурных), механизмы их устойчивости и



Географы на Памире. Фото В. А. Маркина

изменчивости. Резко возрастает интерес к выявлению пространственно-временной организации как природных, так и систем «общество—природа». Выявлено, что многие изменения качеств географических систем, происходящие под влиянием внешних факторов или саморазвития, сопровождаются изменениями их границ и перестройкой взаимных отношений между ними. В результате меняется пространственная структура территорий и акваторий.

Во второй половине 80-х годов в отечественной географии начинает возрождаться интерес к социально окрашенной географии: социокультурной и политической организации общества в пространстве, к геополитическим проблемам. Особое внимание уделяется сопряженным во времени и пространстве стадияльным изменениям. Набор ключевых слов географии пополняется общенаучными терминами: «изменение и устойчивость», «обмен веществ и энергии», «выживание человечества», «прогнозирование». Существенно расширяется обмен идеями в системе неформального международного географического сообщества, внимание которого сосредоточено вокруг поиска путей решения проблемы глобальных «естественных» и «антропогенных» изменений природы и отклика на них человечества.

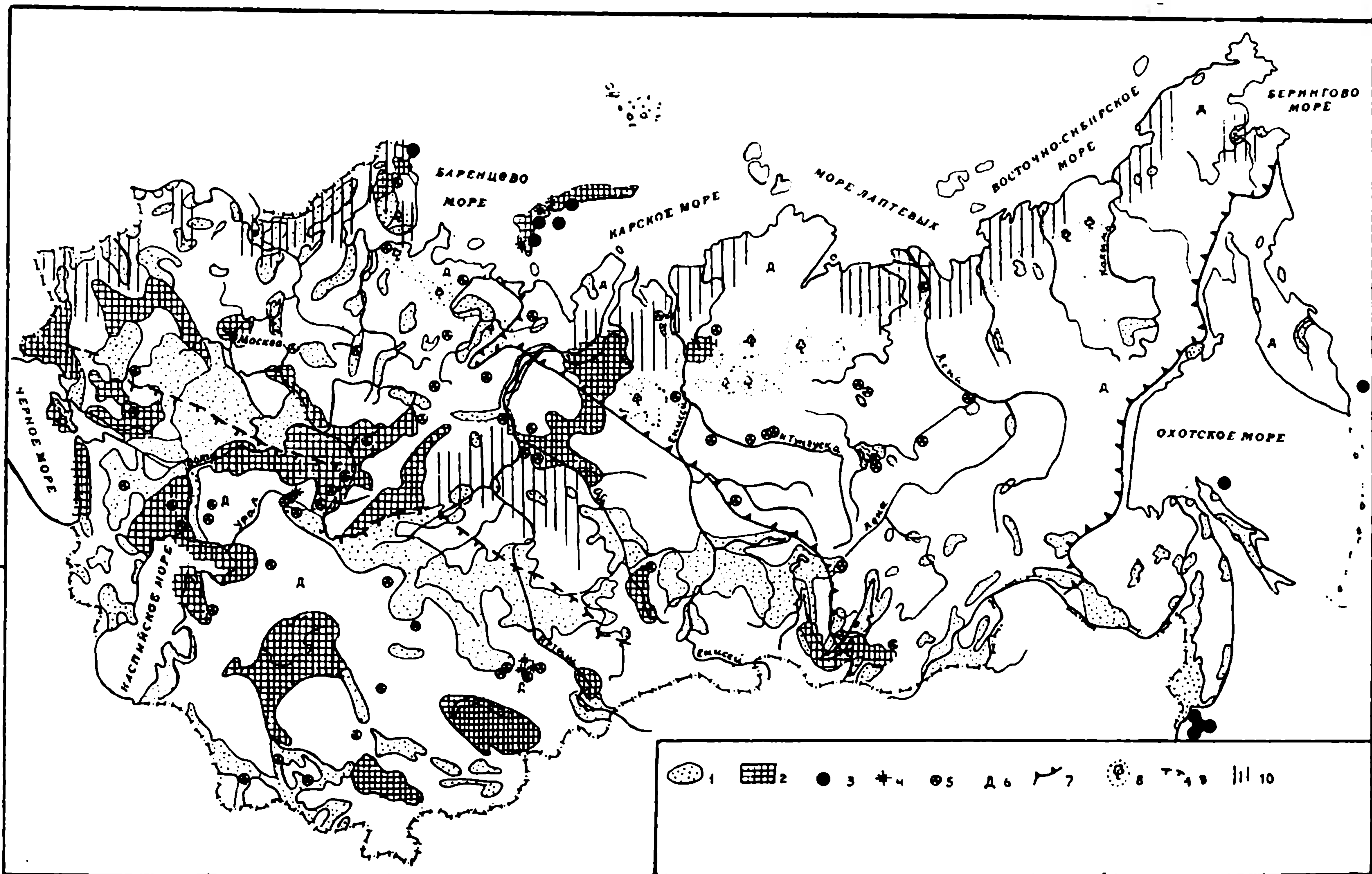
Наверное, сегодняшний день Института точнее

всего может быть охарактеризован тем, что создано его коллективом за последние 5—8 лет. В эти годы завершены два крупных оригинальных атласа. В отличие от Физико-географического атласа мира, характеризовавшего морфологию природы нашей планеты, **Атлас снежно-ледовых ресурсов мира** создает портрет одного из важнейших компонентов земной природы, весьма динамичного, активно реагирующего на климатические изменения и оказывающего воздействие на режим гидросферы и климат. Другой **Атлас — природных условий и естественных ресурсов Земли** — представляет собой попытку рассмотреть планету с позиций интересов человечества, частично отразив и воздействие человека на природу. Эти атласы не имеют аналогов в мировой географической картографии. Они образуют своеобразную базу данных для математического моделирования динамики и эволюции природы Земли, ее роли в жизни человечества, создают основу для прогнозирования.

Многое сделано и для познания закономерностей процессов **пространственно-временной организации** окружающего нас земного мира. Особое внимание привлекали в последние годы волнообразные, пульсационные процессы. Так, выявлен пульсационный характер изменений географических поясов Земли. Существенно углуб-

лены знания о вызывающих этот тип пространственной изменчивости климатических условиях. Особенно интересны данные, полученные в результате анализа ледяной толщи Антарктиды. Пробуренная в ней скважина рекордной глубины (более 2500 м) позволила получить образцы льда, отложившегося за последние 220 тыс. лет, т. е. за весь последний и часть предыдущего ледниково-межледникового цикла. Впервые по данным изотопно-химического анализа льда и газовых включений в нем с разной глубины установлено, как менялась на протяжении 220 тыс. лет температура, тесно связанная с наличием изотопов кислорода и водорода, а также содержание углекислого газа и метана. Оказалось, что за исключением голоцена, т. е. последних 10 тыс. лет, и межледниковья (120—130 тыс. лет назад) — средняя температура в Центральной Антарктиде была на 4—6° С ниже, чем сейчас. В разгар оледенения в атмосфере находилось на 25% меньше углекислого газа и вдвое меньше метана, чем в атмосфере голоценового времени. А изменение содержания в атмосфере углекислого газа и метана тесно связано с колебаниями температуры.

Анализ растительных остатков континентальных отложений Северного полушария позволил построить карты климатических характеристик и соответствующих им состояний природы для



Карта экологической обстановки на территории бывшего СССР, составленная в Институте географии РАН: 1 — острые экологические ситуации; 2 — очень острые экологические ситуации; 3-4 — места испытаний ядерных взрывов; 5 — места подземных ядерных взрывов; 6 — районы деградации естественных кормовых угодий; 7 — южная граница распространения вечной мерзлоты; 8 — притундровые леса; 9 — северная граница распространения пыльных бурь; 10 — места выпадения кислотных осадков

прошлых эпох, когда уровень глобального потепления был близок к ожидаемому (согласно имеющимся расчетам) в ближайшие десятилетия. Оказалось, что палеоаналог прогнозируемого к началу XXI в. повышения среднеглобальной температуры на 1°C — это эпоха оптимума голоцена (5,5-6 тыс. лет назад), а аналог повы-

шения температуры к середине XXI столетия на 2°C — последнее межледниковье (125 тыс. лет назад). Подобные аналогии позволили дать прогноз изменений сезонных температур на различных широтах при общеглобальном потеплении на $1-2^{\circ}$.

Стадиальная концепция регионального развития хозяйства, раскрывающая взаимосвязь между уровнем экономического и динамикой территориального развития, позволила выявить единство историко-географических преобразований на территории Европы и Европейской части бывшего СССР. Установлена последователь-



К «почти космическим» высотам географии. Фото В. А. Маркина

ная смена этапов природопользования и периодов возникновения экологических проблем.

Одна из актуальнейших работ Института — построение карт остроты экологических ситуаций в Центральной и Восточной Европе, в мире и отдельно — экологической опасности на территории бывшего СССР. Современная экологическая обстановка в России — стране с переходной экономикой — характеризуется проявлением черт экологического неблагополучия, свойственных как развитым (промышленное загрязнение вод и воздуха), так и развивающимся (разрушение почвенного покрова, чрезмерная вырубка лесов) странам. Если на западе Европы с наиболее длительным периодом земледельческого

освоения процессы деградации почв уже приостановлены, то на юге Русской равнины, где сравнительно молодое индустриальное освоение происходит при слабом социальном контроле за культурой земледелия, подобная деградация достигла максимальных в Европе размеров. Все это и многое другое можно увидеть на экологических картах, составленных в Институте географии. При их создании использованы космические снимки и многие другие источники статистической и картографической информации.

Такова общая картина вклада Института географии в познание законов строения, динамики и эволюции поверхностной оболочки Земли. Такова картина формирования

землеведения — науки, считающей в себе знания и о природе, и о человеке. В ходе своего развития она решала разные общественно значимые задачи: инвентаризацию природных ресурсов и рационализацию природопользования, совершенствование систем хозяйства и расселения в рамках страны и отдельных её районов. Ныне перед географией стоит общечеловеческая, глобальная задача — разработка стратегии выживания человечества на путях перехода от освоения ресурсов и охраны природы к сотворчеству человечества и природы, к гармонии регионального и глобального развития. Институт географии РАН принимает участие в решении этой задачи.

Информация

Облачность «регулирует» глобальное потепление

Согласно большинству климатологических моделей последних лет, обусловленное «парниковым» эффектом глобальное потепление должно в первую очередь сказываться на приполярных регионах Земли, но данные прямых наблюдений этого пока не подтверждают.

Группа сотрудников Института космических исследований им. Годдарда (NASA, США), участвующая в Международном проекте спутниковых наблюдений за ролью облачности в климатологии, исследовала зависимость эффекта

«парникового» потепления от изменений интенсивности солнечной радиации, отражаемой обратно во внешнее пространство нижними слоями облаков.

Взаимосвязь двух явлений была известна, однако оставались слабо изученными детали процесса. Авторы климатологических моделей обычно учитывали фактор облачного покрова, но они часто игнорировали изменчивость его отражающей способности, считая, что повышение температуры усиливает ее в одинаковой степени повсеместно. В результате возникает отрицательная обратная связь, «тормозящая» потепление.

Существует и положительная обратная связь: при высоких температурах отражающая способность облаков, состоящих не из ледяных кристаллов, а из капель воды, падает, усиливая потепление. Степень проявления этой закономерности зависит от сезона,

географической широты и типа поверхности — суша это или море.

Исследователи ввели полученную информацию в простую двумерную модель климата и обнаружили, что на низких географических широтах положительная обратная связь действует сильнее. А на севере облака остаются белыми и летом, интенсивно отражая радиацию; там эффект потепления снижается. Потепление в экваториальной зоне превосходит тот «парниковый» эффект, который прогнозировался в большей степени по данным полярных областей.

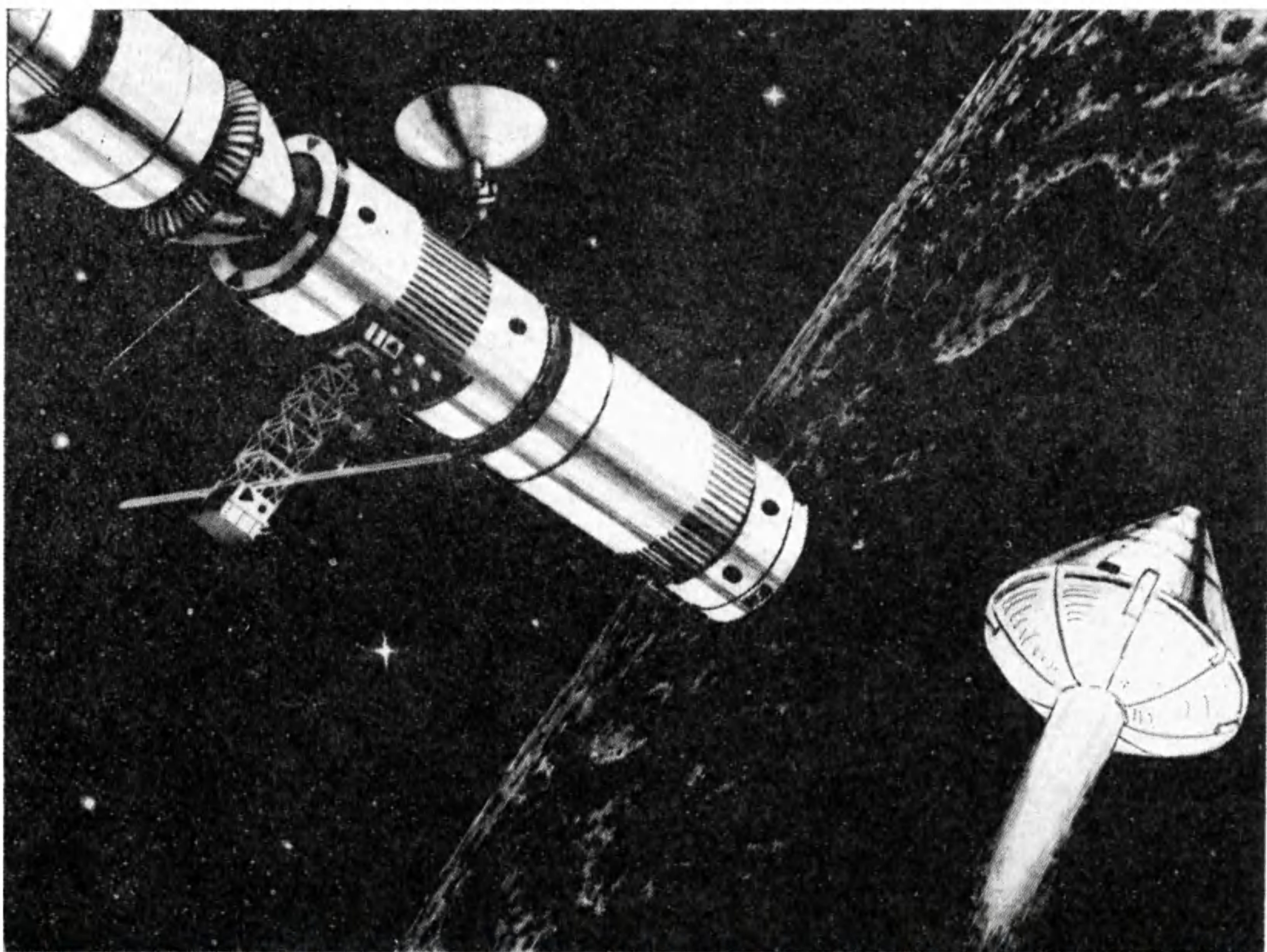
Таким образом облачность — главный регулятор «парникового» эффекта.

Nature, 1994, 366, 670

*Гипотезы,
дискуссии,
предложения*

Следующие 25 лет мировой космонавтики: попытка прогноза

Л. В. ЛЕСКОВ,
доктор физико-математических наук



37 лет отделяют нас от начала космической эры. 25 лет назад человек впервые ступил на поверхность Луны. Автоматические межпланетные станции провели с близкого расстояния исследования почти всех планет Солнечной системы, а на Венеру и Марс неоднократно совершались посадки космических аппаратов. Многие уже дала космонавтика различным областям народного хозяйства.

Как же будет развиваться космонавтика в ближайшие десятилетия? Автор излагает свое видение этой проблемы.

ЗАЧЕМ НУЖЕН ТАКОЙ ПРОГНОЗ?

Космонавтика, войдя в нашу жизнь, заняла в ней вполне достойное место наряду с электричеством, авиацией, телевидением, но место все же особое. **Во-первых**, с ее развитием человек получил возможность распространить свою техническую деятельность на совершенно новую производственную среду — космическое пространство. **Во-вторых**, одно из основных направлений космической деятельности ориентировано на решение проблем экологии и охраны окружающей среды, значимость которых для будущего земной цивилизации сегодня чрезвычайно высока. И наконец, **в-третьих**, эта деятельность сама быстро превращается в задачу общечеловеческого масштаба: большинство современных крупных космических программ основывается на международном разделении труда и сотрудничестве.

Но существуют и сдерживающие факторы, заставляющие правительства и коммерческие структуры проявлять осторожность в вопросах финансирования, — это высокая стоимость большинства космических программ, длительный период их реализации и сравнительно немалый риск. Учитывая позитивные стороны, а также факторы риска, следует признать: для проведения правильной научно-технической и финансовой политики большое значение приобретает составление долгосрочного прогноза

такой деятельности в масштабе мирового хозяйства.

КОСМОНАВТИКА В 2020 ГОДУ: ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Если современные темпы роста космической деятельности сохранятся, то к 2020 г. коммерческий оборот рынка космических услуг достигнет 100 млрд долл. (в ценах 1993 г.), и космическая деятельность выйдет на качественно новые рубежи. Будут разработаны высокоэффективные транспортные космические системы следующего поколения, достигнут существенного прогресса в создании космических энергосистем и использовании внеземных ресурсов.

Спутниковые системы связи и дистанционного зондирования Земли, высокая народнохозяйственная эффективность которых практически доказана в настоящее время, очевидно, предполагается по-прежнему активно развивать. Совершенство же информационных космических систем следующих поколений зависит в первую очередь от успехов электронной и оптоэлектронной промышленности, прогресса в разработке вычислительной техники и систем искусственного интеллекта. Экономическая эффективность этих систем будет повышена за счет перехода к новым носителям.

Дальнейшее расширение получит сервисное

обслуживание с использованием космических средств связи системы профессионального и общеобразовательного обучения, информационных банков данных, медицинских сетей, обслуживание средств транспорта, индивидуальных средств связи, ремонт сложного оборудования с использованием видеотехники и многое другое. При этом следует ожидать как дальнейшего увеличения доли коммерческого капитала, так и расширения видов обслуживания.

Если в развитии мировой цивилизации не произойдет радикальных перемен, то останется без изменений взаимодействие между государственным сектором и ведущими предприятиями ракетно-космической и радиоэлектронной промышленности. Сохранение в руках правительств контрактной системы выполнения национальных космических программ позволяет им контролировать научно-технический прогресс и мобилизовывать научно-технический и производственный потенциал на наиболее актуальных направлениях.

В выигрыше от такого взаимодействия окажется и коммерческий сектор: выполнение госзаказов позволяет предприятиям обеспечить высокий уровень технологичности выпускаемой продукции, а на этой основе и последующую диверсификацию производства. Поэтому даже при сохранении на среднем уровне нормы прибыли, получаемой предприяти-

ем в рамках государственного контракта, экономическая прибыль останется достаточно высокой.

Коммерциализация космической деятельности при сохранении правительственного контроля над стратегическими направлениями космонавтики будет способствовать ее быстрому росту и повышению эффективности. Лидирующую роль в этом процессе, скорее всего, станет играть **космическая связь**. По некоторым оценкам, доля космической связи в совокупности всех ее видов достигнет к 2000 г. примерно 90%.

Дальнейшей активизации коммерческой деятельности следует ожидать также в **дистанционном зондировании Земли, производстве в космосе материалов, разработке систем ракетно-космической деятельности, наземном обеспечении**.

И еще одна важная особенность космической деятельности в XXI в., которую следует ожидать: дальнейшее расширение и укрепление различных форм международного сотрудничества. Космонавтика будет способствовать формированию единого хозяйства Земли и утверждению общечеловеческого единства.

Важные преимущества международного сотрудничества проявляются при выполнении программ типа «Полет к планете Земля» (Земля и Вселенная, 1992, № 1, с. 64). Для этого будет создана широкая глобальная сеть различных спутниковых систем, функционирующих на различных орбитах

— полярной, геостационарной, экваториальной. Большое развитие получат также национальные и региональные наземные службы инфраструктуры, обеспечивающей оперативное использование космической информации.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Транспортные системы. В XXI в. будут разработаны новые одноразовые носители малого, среднего и тяжелого классов. Их отличительные особенности: высокая надежность, экономичность, повышенная экологическая безопасность.

Не исключено, что носители нового поколения оснастят *гибридными ракетными двигателями* (ГРД). Применяемые в настоящее время *жидкостные* (ЖРД) и *твердотопливные* (РДТТ) ракетные двигатели обладают рядом серьезных недостатков. В ЖРД возможны аварии, обусловленные, например, самопроизвольным контактом горючего с окислителем. В РДТТ — нарушением режима горения в сопле (как при катастрофе «Челленджера»). Кроме того возможность снижения стоимости этих двигателей довольно затруднительна, а некоторые виды их топлив высокотоксичны.

В отличие от этого потенциальные преимущества ГРД (жидкий окислитель, твердое топливо) в состоянии обеспечить более высокую надежность,

экономичность и безопасность.

Другой класс перспективных транспортных космических систем, которые несомненно появятся в XXI в., это **воздушно-космический самолет (ВКС)**. Его преимущества также хорошо известны: высокая экономичность и оперативность полетов, возможность выхода на широкий диапазон околоземных орбит, использование обычных аэродромов. Эти преимущества столь значительны, что создание ВКС связывают со второй космической революцией. Работы по ВКС активно ведутся в разных странах (Х-30 в США, «Хотол» в Англии, «Зенгер» (Земля и Вселенная, 1989, № 6, с. 75), в Германии, «Гермес» (Земля и Вселенная, 1993, № 1, с. 40) во Франции). Начаты они и в России: известен проект ВКС, разработанный в НПО «Молния» под руководством Г. Е. Лозино-Лозинского (Земля и Вселенная, 1991, № 3, с. 19). Один из вариантов этого проекта предполагает совместную работу с создателями английской космической ступени «Хотол».

Другой проект, также разрабатываемый в России, выполнен ассоциацией «Земля и космонавтика» под руководством летчика-космонавта И. П. Волка. В качестве топлива для двигателей ВКС предполагается использовать жидкий водород, а окислителем служит атмосферный кислород.

После создания космических солнечных энергоустановок мощно-

стью 20—500 кВт станут применяться электрические ракетные двигатели (ЭРД), которые в состоянии обеспечить высокую экономичность грузовых транспортных операций в околоземном космическом пространстве, а также при полетах в пределах Солнечной системы. Поскольку можно ожидать появления более экономичных и эффективных солнечных батарей, чем используемые в настоящее время, область практического использования ЭРД в XXI в. будет постоянно расширяться.

Что касается применения ядерных энергоустановок большой мощности в сочетании с маршевыми ЭРД, а также ядерных двигателей, то из-за того, что пока не ясно как можно обеспечить достаточно высокую безопасность таких систем, их использование в начале XXI в. представляется маловероятным. Заметим, что хотя создание маршевых ЯРД и ЭЯРД большой мощности, кажется пока маловероятным, не исключено широкое применение радиоизотопных ЯЭУ с термоэлектрическими и термоэмиссионными преобразователями. Уже в настоящее время некоторые отечественные ИСЗ серии «Космос» оснащены энергоустановками «Топаз», относящимися к этому классу.

Известны еще два типа перспективных транспортных систем, чье практическое использование может начаться в XXI в., — это тросовые системы и

ударные пушки. Тросовые системы (Земля и Вселенная, 1993, № 3) существенно облегчат выполнение транспортных операций на околоземных орбитах (ведь можно обойтись без космических буксиров, что упростит конструкцию космических кораблей и снизит стоимость перевозок).

Крупнейшая в мире двухступенчатая пушка на легком газе сооружается в Ливерморской лаборатории (США). Предполагается, что она разгонит снаряд массой 5 кг до скорости 4 км/с. В ее конструкции использован ряд принципиально новых решений, повышающих эффективность работы.

Пушки, построенные на этих принципах, смогут выводить на околоземные орбиты (с ускорением $1,5 \cdot 10^3 g$) до 90% грузов, причем их стоимость составит лишь около 500 долл/кг. Другое преимущество пушки — значительно менее интенсивное воздействие на окружающую среду по сравнению с запуском ракет. Возможны и другие варианты пушек, предназначенных для вывода в космос полезных нагрузок (электромагнитный разгон, гибридные пушки, разгон в закрытой шахте и др.). Однако соответствующие исследования находятся пока на стадии предэскизного проектирования.

Переход от традиционных ракет-носителей к транспортным системам, основанным на иных физических принципах, существенно облегчит задачу строительства на околоземных орбитах

космических энергоустановок большой мощности с соблюдением необходимых требований экологической безопасности.

Космические энергоустановки. В настоящее время совместное российско-американское предприятие «Международные энергетические технологии» проводит проектные исследования по созданию ядерной энергоустановки мощностью 30—40 кВт для лунной базы и марсианской экспедиции. Большой экспериментальный материал, накопленный в нашей стране по исследованию ЭУ такого класса, позволяет сделать вывод, что все физические и технические проблемы, стоящие перед разработчиками, могут быть успешно разрешены. Однако гарантировать безопасность подобных ЯЭУ сложно, а последствия аварии при их выведении в космос могут быть катастрофическими. Поэтому прогноз относительно возможности их использования — сдержанный.

Весьма вероятно, что в XXI столетии одним из основных источников энергоснабжения Земли станут космические солнечные электростанции (КСЭ), которые в значительной степени, чем существующие, будут загрязнять природную среду и не могут привести к авариям типа Чернобыля. Основные проблемы, связанные с КСЭ, — необходимость разработки соответствующей элементной базы и вывода в космос грузов порядка десятков тысяч тонн. Ми-

нистерство энергетики США и NASA рассматривают возможность строительства 60 КСЭ мощностью 5 ГВт каждая, расположенных на геостационарной орбите. На частоте 2,45 ГГц потери микроволновой энергии в атмосфере Земли в среднем не должны превышать 1% мощности. Высокий КПД преобразования энергии микроволнового излучения в наземной ректенне /около 90%/ способствует предотвращению «теплового загрязнения» Земли.

Видимо, в начале XXI в. основное внимание в рамках проблемы КСЭ сосредоточится на решении нескольких взаимосвязанных задач:

- совершенствование элементной базы;
- исследование вопросов безопасности;
- разработка перспективных систем выведения;
- подготовка и проведение космических экспериментов с моделями КСЭ мощностью порядка 100 кВт и 10 МВт.

Эксперимент с передачей в космосе СВЧ-излучения мощностью 1 кВт подготовлен в Японии, а в начале XXI в. запланированы эксперименты более высокой мощности. Следует заметить, что создание КСЭ мощностью порядка 1 ГВт позволит на новых принципах организовать межорбитальные перелеты в околоземном космосе («космический троллейбус»).

Другое перспективное направление космической энергетики, время кото-

рого наступит в XXI в., — орбитальные отражатели, предназначенные для освещения районов Земли. Соответствующие проектные исследования выполнены к настоящему времени в нашей стране и за рубежом. Среди менее исследованных возможностей практического использования подобных систем отметим разведку полезных ископаемых, основанную на проникновении вглубь Земли длинноволнового электромагнитного излучения, передаваемого из космоса, использование пленочных отражателей для очистки околоземного пространства от «космического мусора», разработку транспортных систем, оснащенных космическим парусом.

Первый эксперимент освещения районов Земли с помощью майларового алюминированного отражателя диаметром 20 м, установленного на борту транспортного грузового корабля «Прогресс», осуществили в феврале 1993 г. (Земля и Вселенная, 1994, № 1, с. 3). Интересно, что эксперимент вызвал в отечественной печати протесты некоторых высокопоставленных экологов, которые, очевидно, совершенно не разобрались в этом вопросе.

Внеземные ресурсы. Более высокий уровень технического обеспечения, рост финансирования, активизация международного разделения труда сделают возможным осуществить ряд программ, нацеленных на исследование и освоение внеземных ресурсов. Наиболее значительные среди этих

проектов — создание исследовательской базы на Луне и организация экспедиции на Марс. Реализация проектов существенно облегчится, если им с самого начала придадут международный характер и первая программа будет предшествовать второй.

Перспективы освоения Луны в XXI в. кажутся весьма широкими: научные исследования, строительство разнообразных лунных предприятий, горная промышленность для поставки минерального сырья на околоземные производственные комплексы, входящие в систему сооружения сети КСЭ на геостационарной орбите, добыча изотопа гелия-3, организация туристических рейсов.

До 2020 г. может быть осуществлена лишь часть этой программы. На первом этапе возобновится детальное исследование поверхности Луны с помощью автоматов: подробная съемка топографических и геологических карт, луноход для изучения физико-химических свойств грунта. На следующем этапе — сборка солнечной батареи достаточно высокой мощности. После этого можно будет приступить к строительству долговременной базы, способной функционировать в значительной мере за счет внутренних ресурсов, а из кремния изготавливать солнечные батареи, стекло, элементы для электронной аппаратуры.

Предполагается, основным строительным материалом на Луне будет бетон, сырьем для

которого может служить минерал анортозит, содержащий 20% SiO_2 ; можно использовать и алюмосиликаты. Нагревая минерал гельменит до 800°C , можно получать кислород. Чтобы добыть воду, потребуется доставлять с Земли водород, хотя возможно, что он содержится в лавовых потоках или в приповерхностном слое лунного грунта. Реализацию первых этапов этой программы планируют начать уже до 2020 г. Одна из задач, которая будет решена уже на ранних стадиях лунной программы, — исследование возможности промышленной добычи на Луне изотопа гелия-3, будущего перспективного сырья для производства энергии в установках термоядерного синтеза. Малая сила тяжести на Луне и отсутствие атмосферы позволит использовать для обеспечения транспортных операций электромагнитные ускорители массы и тросовые системы.

Программы полетов к Марсу автоматических КА, а около 2020 г. и пилотируемой экспедиции, уже проработаны довольно детально, но во всех случаях этому предшествует решение двух задач: создание нового тяжелого носителя и постоянной крупномасштабной орбитальной станции (ОС). Предложение использовать для этих целей РН «Энергия» вряд ли осуществимо, ведь к началу XXI в. ее элементная база устареет.

Космическая экология. Одна из крупномасштаб-

ных экологических программ — «Полет к планете Земля», в которой участвуют США, Западная Европа, Япония, рассчитана на 1996—2011 гг., но нет сомнений, что со временем примут решение о ее продолжении и развитии. В рамках этой программы предполагается разместить автоматические КА на полярной орбите, на ГСО и на экваториальной орбите. Будет исследована земная поверхность с целью определения результатов техногенного давления, связи растительного и животного мира и других экологических проблем.

Следующая крупная программа — **удаление с Земли радиоактивных отходов (РАО)**. (Земля и Вселенная, 1992, № 5, 1993, № 5, 6).

Около 2000 г. мировой объем РАО достигнет порядка 100 кг ежегодно. Проблема надежного их захоронения на Земле весьма серьезна: период полураспада некоторых из изотопов превышает 1000 лет. Существуют также особо опасные короткоживущие изотопы с периодом полураспада меньше 10 лет. Поэтому, вероятно, технически наиболее приемлем вариант, когда тяжелые актиниды с большим периодом полураспада выводятся в герметичном контейнере в далекий космос, а затем распыляются в газообразном виде. При таком распылении концентрация радиоактивного газа значительно меньше концентрации водорода, а плотность энергии их излучения — меньше плот-

ности энергии космических лучей.

Другое направление космической экологии — экология самой космонавтики, иными словами, проблема вредных воздействий со стороны ракетно-космических систем. Одна из серьезных работ в этом направлении — проект **КСЭ-2000**, — осуществляемый в Японии, начат в настоящее время и будет продолжен в XXI веке. Предполагается разместить на экваториальной орбите высотой 1000 км опытную КСЭ мощностью 10 МВт. Вывод станции на орбиту планируют осуществить с помощью российской ракеты «Энергия», или французской «Ариан».

Одна из центральных задач проекта — исследование экологического воздействия микроволнового излучения на окружающую среду. Эксперименты с КСЭ-2000 позволят решить вопрос безопасности и полноразмерных станций гигаваттной мощности. Возможно, тогда будет преодолен психологический барьер, определяющий сдержанно-настороженный характер отношения общественности к этому новому классу энергосистем.

Важная отличительная особенность японской программы КСЭ-2000 — ее комплексный характер, стремление с самого начала учесть все возможные обратные связи, изучить ущерб, который работа таких станций может нанести окружающей среде. Данный подход резко отличает програм-

му от проектов, когда все перечисленные аспекты отходят на второй план. Программа КСЭ-2000 — образец для аналогичных проектов XXI в. Другой пример комплексной программы, имеющей экологическую направленность, — упомянутая программа «Полет к планете Земля». Нет сомнений, в XXI в. удельный вес подобных работ значительно возрастет — таково требование экологического императива. Этот критерий будет играть все более важную роль при выборе перспективных и транспортных космических систем. На первом этапе их разработки он практически не учитывался. Между тем, при запуске, например, одной ракеты «Союз» в атмосфере Земли уничтожается 220—230 т озона.

Очень важный аспект таких программ — исследование солнечноземных связей. Земная биосфера порождена Солнцем и связана с процессами на нем многочисленными сложными связями, которые исследованы совершенно недостаточно. Одна из важнейших задач космической экологии XXI в. — комплексное исследование этих проблем.

Чтобы выжить, в XXI в. человечество должно выработать новую стратегию взаимоотношения с миром природы — стратегию коэволюции. И космическим исследованиям суждено взять на себя роль одного из главных инструментов решения указанных проблем.

Космическое машиностроение. Развитие кос-

мической техники, работающей в условиях, резко отличающихся от земных (невесомость, космический вакуум, радиационные воздействия, нестационарный тепловой режим), настоятельно требуют нового подхода к разработке космических систем. В особенности это относится к материалам, которые смогут и элементам конструкций, которые предполагается производить непосредственно на орбитальных промышленных комплексах. Задачи подобного типа ранее не встречались в машиностроении, и в XXI в. их значение существенно возрастет.

Это потребует развития нового направления в науке и технике — космического машиностроения, представляющего собой совокупность научных и инженерно-технологических дисциплин, а также производственных маршрутов, направленных на разработку сложных конструкций и оборудования для работы в космическом пространстве, и на других небесных телах (Луна, Марс, Фобос, астероиды).

За счет обратных связей развитие космического машиностроения будет стимулировать прогресс хозяйства Земли, продвижение в различные отрасли промышленности передовых технологий и материалов. Поэтому одним из важных направлений космического машиностроения станет создание на околоземных орбитах специализированных технологических комплексов по производству

новых материалов. Это автоматические аппараты, часть которых будет функционировать в режиме посещения с помощью многоразовых транспортных ВКС. Существующие в настоящее время планы организовать промышленное производство материалов на борту орбитальных станций вряд ли смогут реализовать из-за высокого уровня динамических помех на пилотируемых объектах и высокой стоимости. Они удобны для проведения исследований и предварительной отработки технологических процессов и оборудования, но для организации самого производства лучше ориентироваться на специализированные автоматические КА. Первые проекты КА этого типа существуют — «Ника-Т» (ЦСКБ) (Земля и Вселенная, 1992, № 4, с. 18), проект «Текос» (НПО им. С. А. Лавочкина). Нет сомнений, в XXI в. создадут более совершенные КА этого типа.

КОСМОС — НАШ ДОМ

В США, к которым после развала Советского Союза отошла роль лидера в освоении космоса, стали все громче звучать голоса скептиков: никакой Никита Хрущев нас больше не подгоняет, стуча ботинком по столу и обещая закопать нас, и не пора ли нам поэтому более бережно расходовать деньги налогоплательщиков¹. Расходы на космо-

¹ По решению Конгресса США расходы на изучение и освоение космического пространства в 1994 г. снижены впервые за 20 лет (Ред.)

навику велики, а ре- лет назад выиграли те, имущества, которые че-
зультат неопределен- кто поверил Колумбу. Се- ловечество получит, осва-
ный. Им возражают оп- годня перед человечест- ивая космическое про-
тимисты: это неверная вом открылись просторы странство, огромны.
постановка вопроса. На- космоса. Конечно, за уда- Поэтому пришло время
до спрашивать иначе: чу придется платить. Но понять: космонавтика —
чего у нас не будет, так обстоит дело в любой не эпизод в истории че-
если мы начнем не в новой области, включая ловечества. Космонавти-
меру экономить? Триста освоение космоса. Пре- ка — это наша судьба.

Информация

«Разночтения» гренландского керна

Климат Земли был нестабильным вплоть до начала последней эпохи оледенения (около 118 тыс. лет назад), — утверждают гляциологи объединенной западноевропейской группы, участвующие в проекте «Гренландская ледовая скважина» (GICP — Greenland Ice Core Project). К другим выводам — о незначительных изменениях климата — пришли их американские коллеги, работавшие по программе «Гренландский ледяной покров-2» (GISP-2 —

Greenland Ice Sheet Project-2). Пункты, где производилось бурение Гренландского ледникового покрова, отстоят друг от друга всего на 28 км. В обеих скважинах получены колонки льда длиной 3 км. Верхние их части (примерно 90% общей длины) полностью совпадают. Они образованы снежными осадками, выпавшими в Гренландии за последние 100 тыс. лет, включающие как большую часть эпохи последнего оледенения, так и нынешний интергляциал (теплый период). Расхождение в интерпретации керна касается нижних 300 м, относящихся к предшествовавшему интергляциалу. Именно этот период отличался, по западноевропейским данным, большой нестабильностью климата, тогда, по мнению американских ученых, климатические условия изменялись очень мало.

Гляциологи Кендрик Тейлор

из Университета штата Невада (Рино, США) и Минц Сталвер из Университета штата Вашингтон (Сиэтл, США) признают, что их колонка на глубине более 2750 м сильно деформирована, а многие годовые слои осадков там «скомканы» и перемешаны (вероятно, в результате сползания ледника вниз по склону). Но и нижние слои «европейской» колонки, по их мнению, тоже должны были подвергнуться деформации.

Возможно, имело значение, что колонка «GICP» бурилась непосредственно на ледоразделе, а в пункте «GISP» — в понижении: ложе ледника находится на 30 м ниже. Противоречие помогла бы разрешить еще одна скважина.

New Scientist, 1994, 141, 14

Золото подземных россыпей

А. М. ПОРТНОВ,
доктор геолого-минералогических
наук, НПО «Аэрогеология»

Вопреки общепринятому мнению большая часть золота добывается на Земле не из поверхностных россыпных месторождений и не из коренных кварцевых жил, а из кварц-пиритовых конгломератов, отложенных в подземных реках, порожденных магмой.

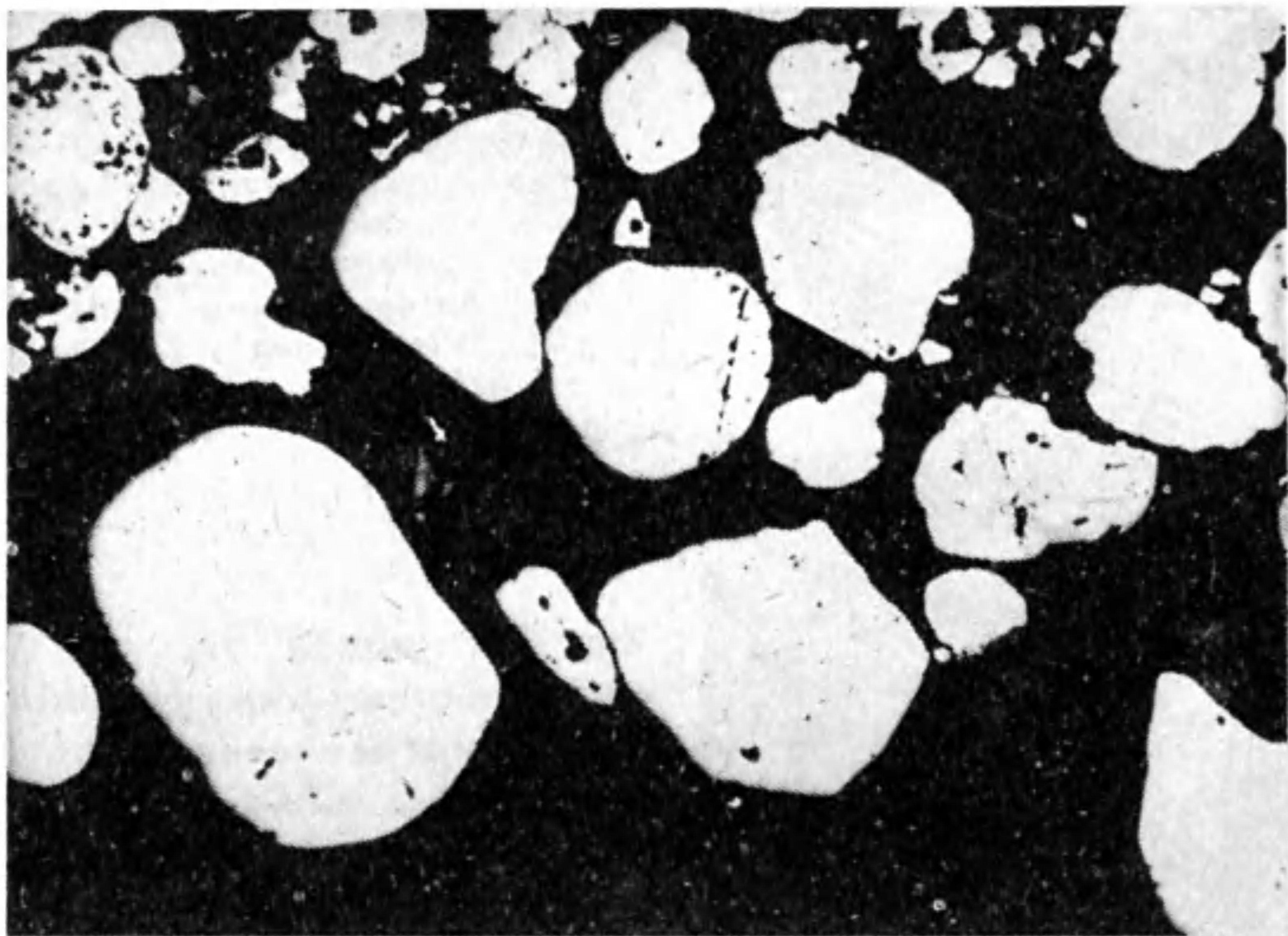
ПОДЗЕМНЫЕ РЕКИ ВИТ- ВАТЕРСРАНДА

За всю историю человечества добыто более 100 тыс. т золота. Эту массу драгоценного металла можно представить в виде обелиска высотой 54 м с основанием 10 x 10 м. Несмотря на необыкновенную химическую устойчивость золота и его способность накапливаться на земной поверхности при выветривании горных пород и окислении рудных жил, доля золота, добытого из бесчисленных речных (или морских) россыпей, относительно мала: не более 12—15%. Это означает, что в нашем

воображаемом обелиске знаменитое россыпное золото Аляски, Колымы, Калифорнии, Австралии, Южной Америки (не говоря уж о забытых россыпях древнего Египта, античной Испании и эллинистической Бактрианы) займет по высоте лишь первые 6-8 м. Все остальное золото — из **коренных месторождений**, главным образом, из разнообразных **кварцевых жил**, содержащих его в виде примеси — до 10 гр на тонну и более. Эти золотиносные кварцевые жилы отложены из горячих растворов. Нагретые до 200-300° С, они поднимались снизу, вбирая в себя, наряду с кремнеземом, еще и некоторое

количество растворимых соединений золота.

Но к этой простой, казалось бы, картине происхождения рудного золота Земли есть одна существенная поправка: 40 тыс. т золота или 22 м высоты нашего обелиска составляет металл, добытый из древних конгломератов гигантского месторождения **Витватерсранд** (Южная Африка). Это величайшее в мире скопление золота было обнаружено в 1886 г. фермером Уолкером, жившим вблизи г. Йоганнесбурга. Он одним из первых заметил сходство между галечниками-конгломератами современных золотиносных рек и пластом какой-то



Фотографии руды. Полированные образцы в отраженном свете. Окатанные кристаллы пирита (белые) и кварца (темные). Увеличение — 15 раз

очень древней, хорошо окатанной кварцевой гальки, которая тянулась по степи в виде длинного невысокого гребня.

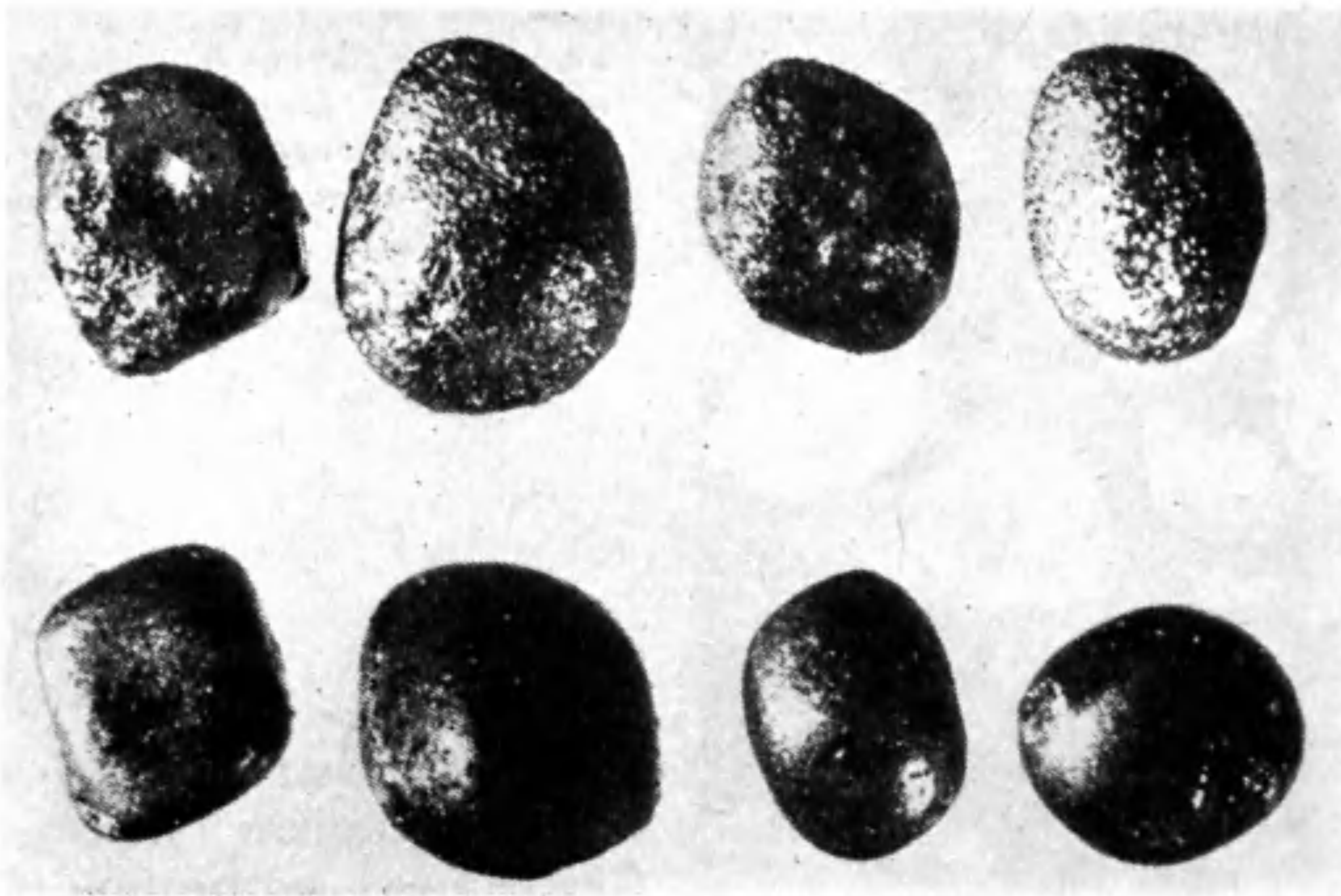
Внимание фермера привлекла не только галька, но и ярко блестящий латунно-желтый минерал. Он раздробил породу, промыл песок и выяснил, что кроме отливающего латунью минерала пирита (FeS_2) — на дне таза зазмеилась тонкая ярко-желтая полоска золота: волей случая первые же пробы попали на очень богатые золотом участки. Разведка месторождений Витватерсранда продолжается вот уже более столетия. Она выявила уникальную по масштабам и особенностям геологического строения область концентрации золота (в сочетании с ураном). Запасы золота здесь составили 70 тыс. т; вероятно, это далеко еще не предел, хотя извлечено уже 40 тыс. т.

В иные годы ежегодная его добыча превышала здесь тысячу тонн!

Что собой представляет это месторождение? Как и почему оно возникло? Из космоса структура его напоминает гигантскую тарелку, заполненную древнейшими осадочными породами. В центре их прорывает грандиозный массив глубинных магматических пород — Бушвелдский батолит. Поднятые края «тарелки» сложены самыми древними породами Земли — архейскими гранито-гнейсами, которые по мере приближения к батолиту сменяются более молодыми ранне- и среднепротерозойскими кварцитами и сланцами толщиной около 10 км. В этой толще — до 20 «рифов» (так называют южноафриканские геологи прослойки и пласты золотоносных конгломератов). Пласты уходят в

глубины Земли, к корням Бушвелдского массива. Скважины встретили их ниже 6 км, а золотодобывающие шахты достигли рекордных глубин — 4 км!

Все золото, равно как и весь уран, содержится исключительно в пластах конгломератов: ни в сланцах, ни в кварцитах золота и урана нет. Внешне руды похожи на речные галечники: белая или чуть голубоватая кварцевая галька размером 2-3 см составляет основу. Очевидно, что это хорошо окатанные обломки безрудных кварцевых жил. Но есть здесь и удивительное отличие: галечники битком набиты окатанными кристаллами рудного минерала пирита, того самого, который привлек когда-то своим блеском внимание первооткрывателя Уолкера. Пирита в конгломератах так много, что его добывают попутно — более полумиллиона тонн ежегодно. На рудниках всего мира обычно встречаются прекрасные кристаллы пирита, а вот южноафриканские геологи называют окатанный пирит «пиритовой дробью».



Окатанные кристаллы пирита из вулканических пород Средней Азии (верхний ряд) практически неотличимы от знаменитой «пиритовой дроби» величайшего в мире золото-уранового месторождения Витватерсранд (нижний ряд). Увеличение — 2 раза

В ДРЕВНИХ ГЛУБИННЫХ ПОТОКАХ

Окатанный пирит задал геологам неразрешимую задачу. Ведь в кислородсодержащей атмосфере Земли, а тем более в насыщенных кислородом речных потоках пирит совершенно неустойчив и в кратчайший срок переходит в желто-бурые стяжения гидроокислов железа. Поэтому пирит отсутствует в современных или относительно молодых погребенных россыпях, в то время как пласты древних протерозойских россыпей Витватерсранда им переполнены.

Ни у кого из геологов, работавших в Южной Африке, не возникли сомнения в том, что пласты конгломератов — это долины древнейших рек, размывавших сотни гигантских коренных месторождений, где залегали кварцевые жилы с пиритом... Ни кварцевые гальки, ни пирит золота не содержат: все оно — в

цементе, скрепляющем гальку. Но не ясно, где же оно находилось в первичном залегании. Где остатки хотя бы одного из сотен крупнейших месторождений коренного золота, которые дали рассеянное золото в цементе конгломератов? Их нет...

Пласты золотоносных конгломератов залегают как в раннепротерозойских, так и в среднепротерозойских отложениях. В разрезе пласты разделены несколькими километрами, но во времени — более чем полумиллиардом лет! Получалось, что за такой гигантский период на Земле ничто не изменилось, золотоносные пласты однотипных конгломератов с удивительным постоянством отлагались из древних рек, протекавших здесь в течение сотен миллионов лет. Древние реки, в отличие от современных, имели сульфидные пляжи из пиритового песка с примесью такого же неустойчивого в по-

верхностных условиях уранинита!

Чтобы объяснить все эти загадочные факты, геологам пришлось допустить, что в протерозое атмосфера Земли была бедна кислородом и неустойчивые минералы могли сохраняться на поверхности планеты. Множество научных трактатов рассказывало о «бескислородной» ранней атмосфере нашей планеты — и кварц-пиритовые конгломераты Витватерсранда были в них главным доказательством.

Но в 70-х годах эта точка зрения стала рушиться. Тогда начались массовые изотопные исследования кислорода и углерода в карбонатах, отложившихся в морях и других водоемах архея и раннего протерозоя, т. е. в самых ранних осадочных покровах, в которые 3,0-2,5 млрд лет назад стала закручиваться еще юная Земля. Оказалось, что кислород присутствовал в заметных количествах в атмосфере Земли, по крайней мере, еще 3 млрд лет назад. Только присутствием свободного кислорода можно объяснить накопление в интервале от 3 до 2 млрд лет назад гигантских толщ же-

Микроструктура золотоносного конгломерата Витватерсранда, аналогичная микроструктуре золотоносной руды из древнего вулкана Средней Азии



лезистых кварцитов, составляющих основу металлургии железа? Пласты железистых кварцитов залегают и в протерозойских отложениях Южной Африки в переслаивании с кварц-пиритовыми золотоносными конгломератами. Но пирит (FeS_2) и гематит (Fe_2O_3) железистых кварцитов — минералы-антагонисты. Они не могут возникнуть вместе, поскольку для пирита необходима восстановительная среда, а для гематита — окислительная.

Похожие кварц-пиритовые конгломераты были обнаружены в Канаде, Австралии, Гане. Их тоже сопровождало урановое или золотое оруденение, правда, гораздо меньших размеров. Эти рудные тела залегают среди протерозойских осадочных пород, и геологи тоже считают их древними россыпями.

Однако детальное изучение главного рудного минерала — золота — показало, что оно совсем не похоже на типичное золото россыпей. Здесь преобладают мельчайшие высокопробные золотишки размером в тысячные доли миллиметра, причем для них характерны тонкоплочные выделения, нарастающие на гальку.

Они не отличаются от рассеянного золота в обычных рудных гидротермальных жилах. Было установлено, что отложения они при температуре около 250°C . Тогда геологи предположили, что золото появилось позднее и избирательно накопилось в пористых пластах, сложенных речными галечниками.

Поскольку золото сопровождается уранинитом, есть возможность опосредовано — через возраст этой породы, содержащей радиоактивные «спутники», оценить время поступления золотоносных растворов. Оказалось, что ураниниту около 2 млрд лет. Такой же возраст имеют магматические породы Бушвелдского массива, расположенного в центре рудоносной структуры. Но, казалось бы, естественный вывод, что зо-

лото принесено из глубин Бушвелдским массивом, опровергался другим удивительным фактом: пласты кварцево-пиритовых конгломератов пересечены более молодыми кальцитовыми жилами с галенитом (PbS), в котором резко преобладает радиогенный изотоп свинца — ^{206}Pb . Датировка по свинцу давала возраст от 2,5 до 3,8 млрд лет! А как же в этом случае оценить данные по возрасту уранинита, которому «всего лишь» 2 млрд лет? Чтобы ответить на эту очередную загадку, исследователи довольно произвольно решили, что наложенные процессы метаморфизма, т. е. воздействия глубинного давления и температуры, изменили именно уранинит, вынесли из него часть радиогенного свинца и «омолодили» этот минерал. А его «истинный»



Кураминский хребет в Средней Азии, на склонах которого встречается месторождение золота, похожее на южноафриканское Витватерсранд

возраст — не менее 3 млрд лет. Но тогда не понятно как столь древний уранинит попал в верхние слои рудоносной толщи, относимые к среднему протерозою с возрастом не более 2,5 млрд лет... И нет ответа на вопрос, почему в этих реках постоянно присутствовали окатанный пирит, почему он не превращался в бурую ржавчину, как старый железный гвоздь на помойке? Ведь железо гораздо более устойчиво на воздухе, чем пирит!..

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ «БЛИЗНЕЦ»

Долгое время все контакты геологов с ЮАР были запрещены. Тогда мало кому доводилось видеть или тем более изучать породы знаменитого месторождения. Но мне выпала такая удача. Во Всесоюзном институте минерального сырья (ВИМС) хранилась коллекция руд Витватерс-

ранда, собранная еще в 1929 году геологом Н. М. Федоровским. Необычный вид этих руд, округленные зерна пирита — ушли в глубины памяти, как чудеса кунсткамеры эпохи Петра I, без всякой надежды на встречу где-нибудь в реальной геологической обстановке.

Но вот в те же годы в Средней Азии среди древних вулканических пород каменноугольного возраста начались работы по разведке нескольких крупных золоторудных месторождений. Когда-то здесь поднималась гряда огнедышащих гор, похожих на Ключевскую сопку или Везувий. Сейчас здесь, в верховьях бурной реки Ангрен, на склонах **Кураминского хребта** от конусов вулканов ничего не осталось, сохранились лишь их глубокие подземные корни, пути подъема лавы, где позже начался процесс отложения рудного золота. Здесь

было много крупных кварц-пиритовых жил, образованных из нагретых до 250° С минерализованных растворов.

Эти более ранние жилы прорывались «рудными столбами» — трубами диаметром 15-20 м, — здесь структуры руд резко менялись. Трубы были буквально забиты галькой кварца, валунами свинцово-цинковых руд, установленных лишь глубоким бурением и залежавших на очень глубоких горизонтах месторождения; в цементе было много золота.

Вдруг среди молочно-го кварца мелькнула как бы шапочка гриба, что-то круглое, как шарик подшипника.

— Это какой-то странный пирит... Наверное, он оплавился, — ответил на мой вопрос местный геолог. — Мы его называем «рисовидным», он похож на зерна риса.

— Однако пирит не плавится. Он или горит, или растворяется в перегретых растворах... Мне кажется, что он больше похож на дробь.

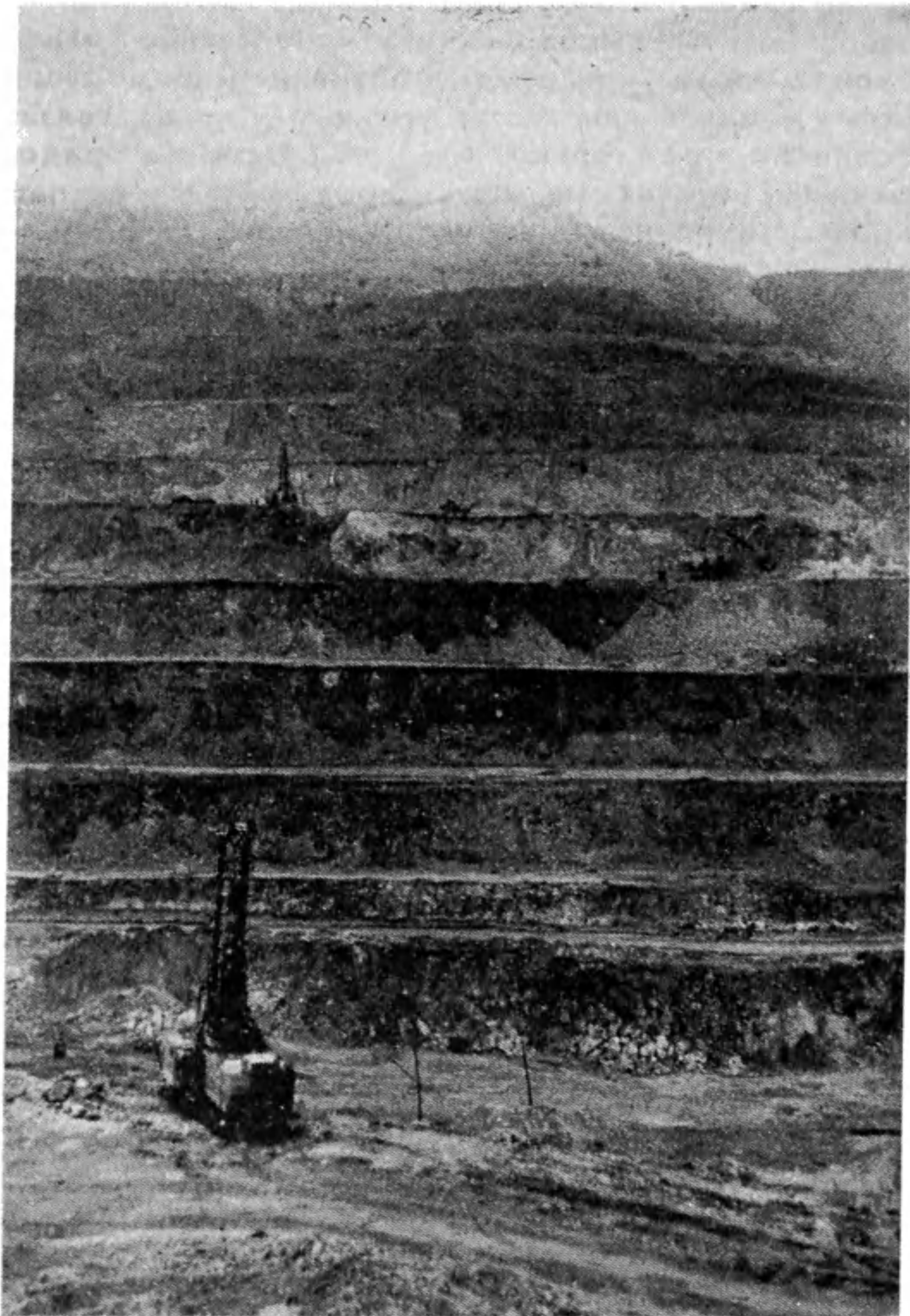
В памяти всплыли полузабытые образцы из Южной Африки. Неужели возможно подобное сходство? С таким же загадочным процессом

столкнулся я, исследуя корни древних вулканов Средней Азии. Ведь здесь в рудных столбах наблюдался типичный конгломерат из окатанных обломков различных пород, а пирит был представлен «пиритовой дробью», практически неотличимой от южноафриканской!

В пиритовых галечниках можно было проследить, как кубики пирита, окатываясь, превращались в шарики. Иногда возникали косо-слоистые, как в речных отложениях, скопления пиритового песка. Необычное строение руды скрывало неизвестный ранее геологический процесс, но какой? Может быть, обломки горных пород и минералов округлились под воздействием подземного жара Земли? Но плавление кварца и андезита идет при температуре значительно большей, чем $1\ 000^{\circ}\text{C}$ и оставляет продукт плавления в виде стекла. В пирите не было и характерных «структур растворения», которые знает каждый минералог. Оказалось, что пиритовая и кварцевая галька возникла при дроблении более ранних кварц-пиритовых жил и их последующем окатывании в мощном

конвективном потоке. Температура образования более позднего кварцевого цемента оценивалась в $220\text{-}250^{\circ}\text{C}$. Значит, в трещинах среди вулканических лав бурлил кипящий водный поток, а в нем вращались андезитовые валуны, дробившие рудные жилы подобно чугунным шарам мельниц на горнообогатительных комбинатах. Газы и во-

давлением во многие сотни атмосфер сформировали в трещинах вертикальные столбы, набивая их разнообразной галькой и превращая в рудные тела. Описываемая картина имеет некоторое сходство с процессом флюидизации, который мы считаем ведущим при образовании кимберлитов (Земля и Вселенная, 1994, № 2, с. 58). Но в кимберлитах преобладает газовая



фаза, а здесь — водо-газовая. Главный вывод был неожиданным: конгломераты и галечники могут возникать не только в речных потоках на поверхности планеты, но и в ее глубинных полостях.

Детальное исследование кварца и пирита из глубинных конгломератов Средней Азии выявило новые неожиданности: в тесной ассоциации с углистым веществом обнаружены радиоактивные элементы — уран и торий. Эти металлы вообще очень редко концентрируются на месторождениях золота, а в сочетании с углистым веществом — только в конгломератах Витватерсранда, где образуют странный и до сих пор плохо изученный минерал тухолит. Похожий минерал встречен и в рудных столбах Средней Азии.

Современные методы исследований дают возможность по нарушениям внутренней структуры кристаллов кварца и пирита не только измерить полученную этими минералами дозу облучения, но и тип излучателя. Дозиметрия окатанных зерен кварца и шариков пирита показала, что они, в отличие от неокатанных, получили огромную дозу облучения, значительно превышающую рассчитанную, исходя из содержания урана и тория в породе.

ИЗЛУЧАТЕЛЬ-РАДОН

Для объяснения этого удивительного парадокса

пришлось предположить, что интенсивное альфа-облучение (при дефиците урана и тория!) связано с присутствием радона и продуктов его распада, сильнейших альфа-излучателей с энергией 5,2-5,7 МэВ. При вскипании раствора радон всегда концентрируется в газовой фазе и за несколько тысяч лет может дать очень высокую дозу облучения. В дальнейшем газ радон превращается в тончайшие пленки радиогенного свинца ^{206}Pb , который легко растворяется в горячих растворах и может бесследно исчезнуть... А может и накопиться в виде сульфида свинца — галенита, обогащенного радиоактивным свинцом именно так, как это имело место в пластах Витватерсранда, где поздние секущие жилы кальцита с галенитом оказались намного «древнее» пластов конгломерата.

Если допустить, что радон присутствовал и при формировании конгломератов Южной Африки, практически одинаковый возраст золотоносных пластов и гигантского Бушвелдского массива позволяет связать воедино эти два грандиозных процесса.

Конечно, размеры залежей в Южной Африке значительно больше, но и масштабы Бушвелдского массива уникальны. Ясно, что этот массив отдал вместившим его породам огромные запасы тепла, механической

энергии, а также газов и растворов.

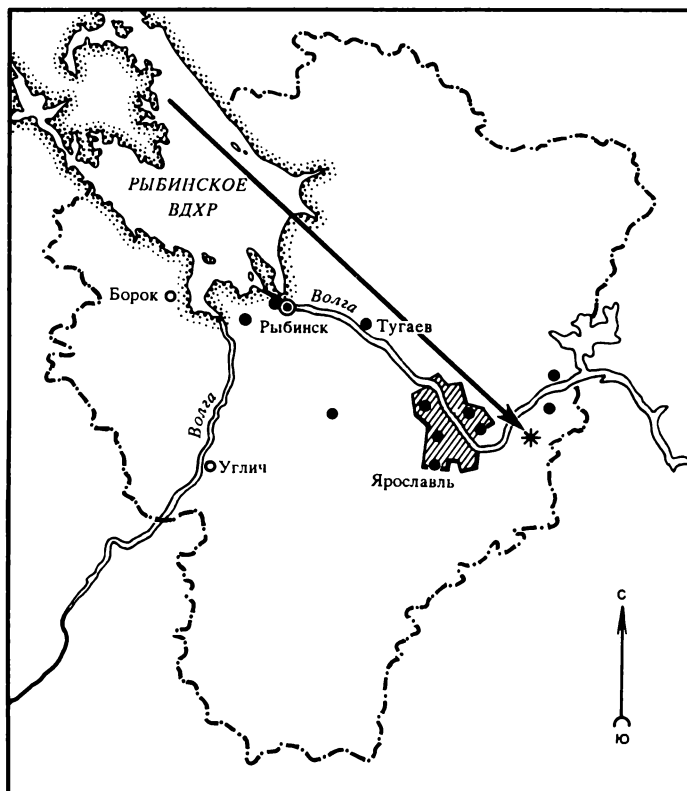
Предположение о подземном образовании конгломератов Витватерсранда, основанное на аналогии с подземными золотоносными (в сочетании с ураном и торием) конгломератами Средней Азии, похоже, снимает завесу тайны с золотого гиганта. Становится понятным, почему не окислилась «пиритовая дробь» и сохранился на поверхности неустойчивый уранинит. Одновременное внедрение рудных тел в различные по возрасту осадочные породы объясняет загадку «повторяемости» золотоносных конгломератов в течение всего раннего и среднего протерозоя. Концентрация радона во флюиде объясняет аномальную концентрацию радиогенного изотопа свинца ^{206}Pb в более молодых жилах, пересекающих золотоносные пласты. Наша концепция резко «омолаживает» рудные пласты — до 2 млрд лет. А это означает, что для поисков руд подобного типа перспективной оказывается значительно более обширная площадь, чем считалось раньше.

Новые представления о происхождении подземных галечников Витватерсранда показывают, что процессы дегазации планет проявляются иногда весьма причудливыми формами и сопровождаются появлением интереснейших в промышленном отношении типов оруденения.

Электрофонный болид над Ярославлем

23 октября 1993 г. в 23 ч. 58 мин. (± 1 мин.) московского времени над Ярославлем на безоблачном звездном небе был виден яркий болид, полет которого завершился вспышкой. В областной газете «Золотое Кольцо» и по местному телевидению дали информационные сообщения, позволившие выявить около 30 очевидцев. Двенадцать наблюдений оказались пригодными для обработки. Опрос очевидцев и замеры на месте позволили получить сведения о траектории и физических характеристиках болида.

По наблюдениям из г. Ярославля и его окрестностей блеск болида составлял примерно минус 11-12 звездной величины, иначе говоря, он был сравним с блеском Луны в фазе полнолуния. Видимые размеры головы болида (приблизительно круглой формы) оценены в $10'$ (треть поперечника лунного диска). Ее цвет большинство очевидцев восприняло как оранжево-красный. Продолжительность свечения болида составила около 3 с. В момент пролета около точки зенита болид имел хвост не более 2° . Дробление и искрение простым глазом не наблюдались. Полет закончился вспышкой, блеск которой достигал, по-видимому, минус 13-14 звездной величины. След после вспышки не наблюдали.



Проекция траектории на земную поверхность

Болид интересен тем, что его полет сопровождался электрофонными явлениями, которые отметили, однако, не все, а только 7 очевидцев в г. Ярославле. В сообщениях из других населенных пунктов описания звуков, слышимых одновременно с наблюдением болида, отсутствуют. Согласно наблюдению М. В. Костровой, звук был «монотонный, неприятный, низкой частоты и напоминал работающий прибор». Уверенно звук стал слышен примерно одну секунду спустя после появления болида и прекратился в момент его вспышки.

Двенадцать базисных пунктов, расположенных

на территории Ярославской области, позволили определить радиант, высоту вспышки и ее проекцию на земную поверхность. Расчеты сделали по методике, предложенной в свое время И. Т. Зоткиным. Согласно вычислениям, азимут направления полета болида 135° , высота точки вспышки — около 45 км, экваториальные координаты радианта: $\alpha = 257^\circ$, $\delta = +34^\circ$ (между звездами ϵ и π Геркулеса).

С. Ф. МАСЛЕНИЦЫН,
М. В. КОСТРОВА
Ярославский государственный
педагогический университет
Ярославское астрономо-геодезическое общество

Небесный календарь: ноябрь-декабрь

ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ
СОЛНЦЕ-ЗЕМЛЯ-ЛУНА

День зимнего солнцестояния 22 декабря 2^h23^m.

Новолуние:

3 ноября 13^h36^m; 2 декабря 23^h55^m.

Первая четверть:

10 ноября 06^h15^m; 9 декабря 21^h07^m.

Полнолуние:

18 ноября 06^h58^m; 18 декабря 02^h18^m.

Последняя четверть:

26 ноября 07^h05^m; 25 декабря 19^h07^m.

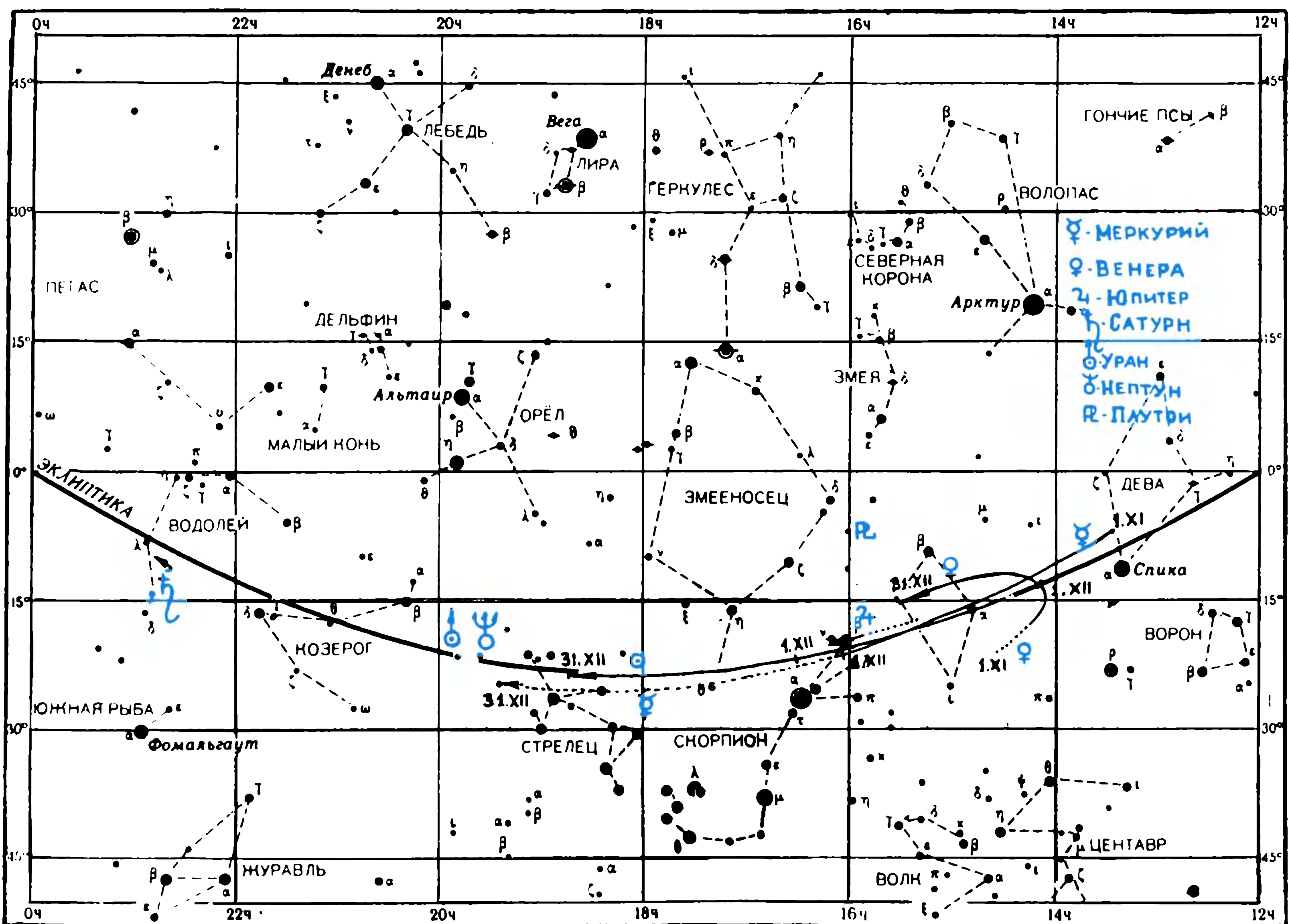
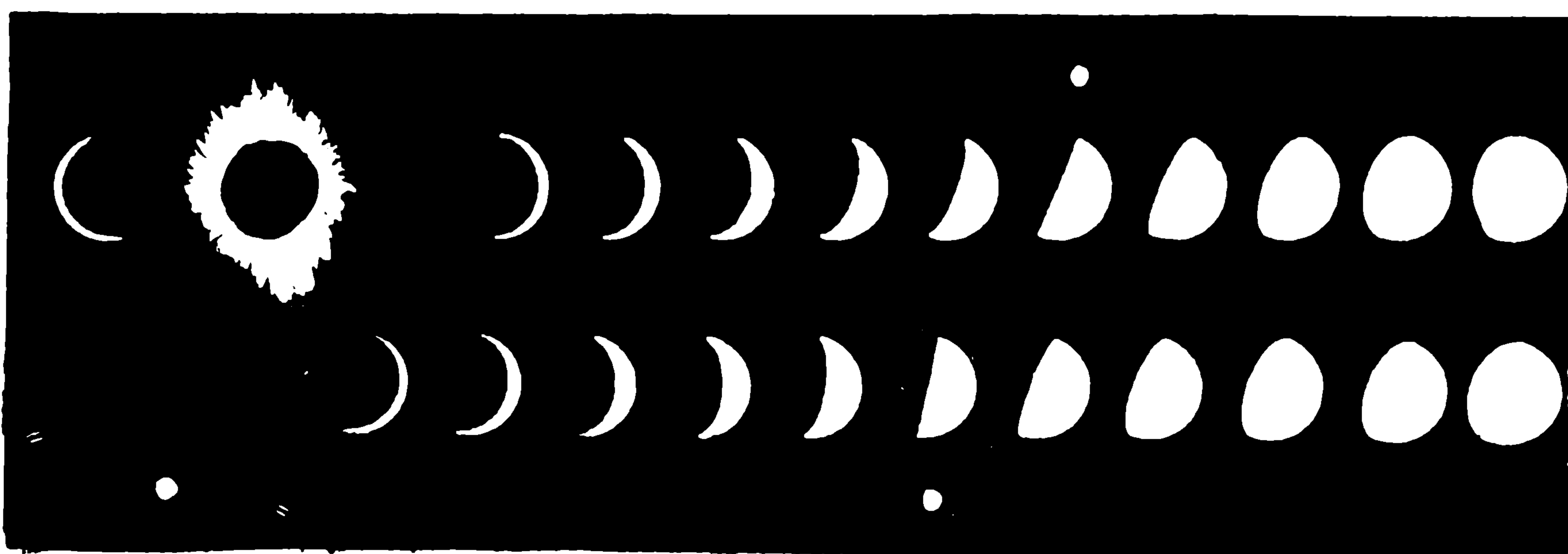
Луна в перигее:

4 ноября 0^h, видимый диаметр диска Луны 33'27";

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Ноябрь

Декабрь



Затмения

3 ноября произойдет полное солнечное затмение. Оно будет наблюдаться в южном полушарии. Полную фазу затмения можно будет увидеть в Перу, Боливии, Парагвае и Бразилии, а также находясь в акваториях Тихого и Атлантического океанов.

Частное полутеневое лунное затмение 18 ноября.

Затмение будет видно на территории нашей страны, хотя условия для его наблюдения будут не очень благоприятны.

Обстоятельства затмения:

величина наибольшей фазы затмения 0,9

вступление Луны в полутень $4^{\text{h}}26^{\text{m}}$,
момент наибольшей фазы $6^{\text{h}}44^{\text{m}}$,
выход Луны из полутени $9^{\text{h}}02^{\text{m}}$.

В момент затмения Луна расположена в созвездии Льва.

ЯВЛЕНИЯ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ

На карте экваториальной области неба нанесены пути видимого движения Солнца, планет (сплошная линия — в период видимости, прерывистая — в период невидимости), астероидов Евномия, Веста и Флора, кометы Борелли, показаны расположения радиантов метеорных потоков Леониды и Геминиды.

Астероиды и Кометы

В ноябре-декабре наиболее яркими, с хорошими условиями видимости, будут три астероида: Евномия, Веста и Флора, а также комета Борелли.

Малая планета Евномия перемещается по созвездию Близнецов. В ноябре-декабре она видна на протяжении всей ночи. 27 декабря планета вступает в противостояние с Солнцем. В этот день ее блеск достигает максимального значения 8.1^{m} , а расстояние между землей и планетой составит 1.38 а. е.

Также по созвездию Близнецов в течение этих двух месяцев перемещается астероид Веста. Это самая яркая из всех малых планет. В начале ноября ее блеск составит 7.5^{m} , но к моменту противостояния планеты с Солнцем (25 декабря) он возрастет более чем на одну звездную величину и будет равен 6.3^{m} .

Стоит попытаться в эти месяцы отыскать малую планету Флору. Совсем

нетрудно это будет сделать в конце декабря, когда астероид пройдет на 0.5° южнее Альдебарана (α Тельца). В эти дни малая планета будет видна как звезда восьмой звездной величины.

В этот период времени прекрасные условия видимости у кометы Борелли. Она перемещается по созвездиям Близнецов, Рыси, Большой Медведицы. Комету можно будет наблюдать на протяжении всей ночи, и ее блеск может достичь 7^{m} .

Планеты

Ноябрь — период утренней видимости Меркурия. Перемещаясь по созвездиям Девы и Весов на несколько градусов выше эклиптики, он имеет очень благоприятные условия для наблюдений. В середине ноября продолжительность видимости планеты составит около часа, а ее блеск будет равен -0.7^{m} . В декабре Меркурий не виден.

В первой половине ноября Венера не видна. Лишь только во второй половине месяца она начинает проблескивать в лучах утренней зари. В эти дни планета расположена на границе созвездий Весов и Девы и ее блеск равен -4.5^{m} . Период утренней видимости продлится до конца года, и в конце декабря Венера будет видна более двух часов перед восходом Солнца.

В эти месяцы наилучшие условия видимости у Марса. Он перемещается по созвездиям Рака и Льва и наблюдается на протяжении всей ночи. Планета видна как красноватая звезда нулевой звездной величины и ее нельзя не заметить.

В ноябре Юпитер не виден, лишь только в начале декабря его можно заметить в лучах утренней зари. Продолжительность утренней видимости планеты в начале месяца не велика, но уже к концу декабря он доступен для наблюдений более двух часов, предвещая восход Солнца.

В ноябре Сатурн виден почти на протяжении всей ночи, он перемещается по созвездию Водолея и его блеск равен -0.8^{m} . Но угловое расстояние между планетой и Солнцем уменьшается и уже к концу декабря

ее можно будет наблюдать лишь только вечером.

Уран и **Нептун** расположены недалеко друг от друга в созвездии Стрельца и имеют одинаковые условия видимости. В начале ноября их можно наблюдать вечером, но к концу месяца обе планеты скрываются в лучах вечерней зари.

Плутон расположен в созвездии Весов. В ноябре он не виден, а в декабре условия для его поисков не благоприятны из-за слабости его блеска (14^m) и непродолжительной утренней видимости.

Метеорные потоки

Метеорный поток **Леониды** активен с 14 по 21 ноября. Максимум 17 ноября. Радиант потока: $\alpha = 10^h$, $\delta = 22^\circ$. Условия для наблюдения потока в этом году не благоприятны, так как период активности потока приходится на полнолуние.

Геминиды. Данный поток активен с 7 по 17 декабря. Метеоры потока медленные и яркие. В день максимума потока (13 декабря) можно насчитать до 50 метеоров в час. Радиант потока $\alpha = 7^h30^m$, $\delta = 33^\circ$.

А. Д. Сельянов

Информация

О переменности красных карликов

Звезды, принадлежащие к классу красных карликов, — сравнительно мелкие, холодные и слабо светящиеся объекты, не видимые невооруженным глазом. Они составляют большинство среди звезд, близких к Солнечной системе. Их сходство с Солнцем — ядерные реакции, превращающие в их ядрах водород в гелий. Но масса красного карлика мала (8—60% солнечной), поэтому его «горючее» выжигается медленно и свечение происходит весьма слабо.

Научный сотрудник Веслианского университета в Миддлтауне

(штат Коннектикут, США) Эдвард Уэйс (E. Weis) провел наблюдения 43 красных карликов на Китт-Пикской национальной обсерватории в штате Аризона в течение 11 лет. Измерив их излучение в видимой и инфракрасной частях спектра, он установил, что 21 из 43 звезд изменяют свою яркость.

Астрономы давно знали, что многие красные карлики дают вспышки, которые длятся несколько минут и приводят к увеличению яркости в 2 и более раз. Но изменения, впервые обнаруженные Уэйсом, длятся много лет, а яркость увеличивается лишь на 1-3%. Это говорит в пользу переменности красных карликов, о существовании которой специалисты не подозревали. Вероятно, она связана с циклической пятнообразующей деятельностью, сходной с солнечной.

Большинство звезд, подобных Солнцу, заметных изменений в яркости не показывает, так как их значительная светимость перекры-

вает собой вариации, вызванные циклическостью в пятнообразовании. Кроме того, те красные карлики, которые выглядят постоянными, на самом деле могут оказаться переменными, если длительность цикла у них больше 11 лет, в течение которых Уэйс вел свои наблюдения. Некоторые из этих звезд, возможно, переживают этап отсутствия пятен, как это было с Солнцем между 1645 и 1715 гг.

Открытие Э. Уэйса вызвало проблему стандартных звезд — звезд, неизменную светимость которых использовали как калибровочную для измерения яркости небесных объектов. Среди наблюдавшихся Э. Уэйсом красных карликов 14 принадлежали к числу стандартных. Восемь из них теперь оказались переменными.

The Astronomical Journal.
March, 1994
New Scientist, 1994, 141, 16

Наблюдения метеорного потока Персеид в 1993 г.

В 1993 г., ожидая усиление активности Персеид, Кировская и Керченская группы наблюдателей метеорных потоков совместно проводили (на базе астрономического кружка Дворца детского и юношеского творчества г. Керчи) наблюдения этого традиционного для них потока-гиганта. В Псковской области, параллельно им, за Персеидами следили члены молодежного научного астрономического клуба «Прогноз» из Санкт-Петербурга. К наблюдениям Персеид в этом году также подключился активный любитель астрономии из Ростовской области Д. М. Сергиенко.

Наблюдениям в 1993 г. сильно мешала Луна (в обработку вошли данные лишь по метеорам до 3-й звездной величины включительно). 12-13 августа небо в Крыму закрыла сплошная облачность, а любителей астрономии из С.-Петербурга в ночь с 14 на 15 августа отвлекало северное сияние.

Часовые числа метеоров до $+3^m$, исправленные с учетом коэффициента замечаемости каждой группы и зенитного расстояния радианта в среднем по всем коллективным наблюдателям, позволили выявить ход активности потока.

График относительной активности потока (т. е. доля персеид по отношению

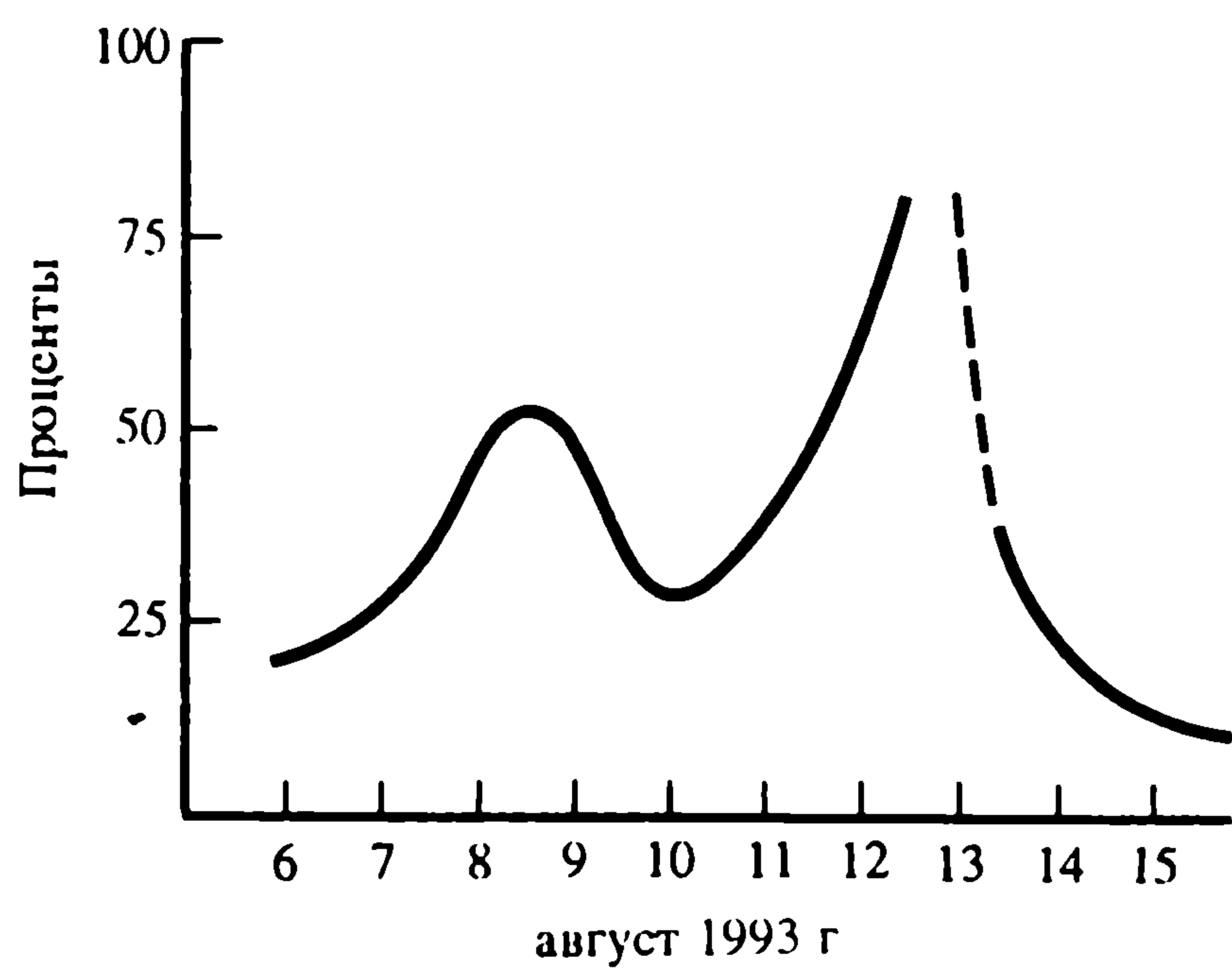
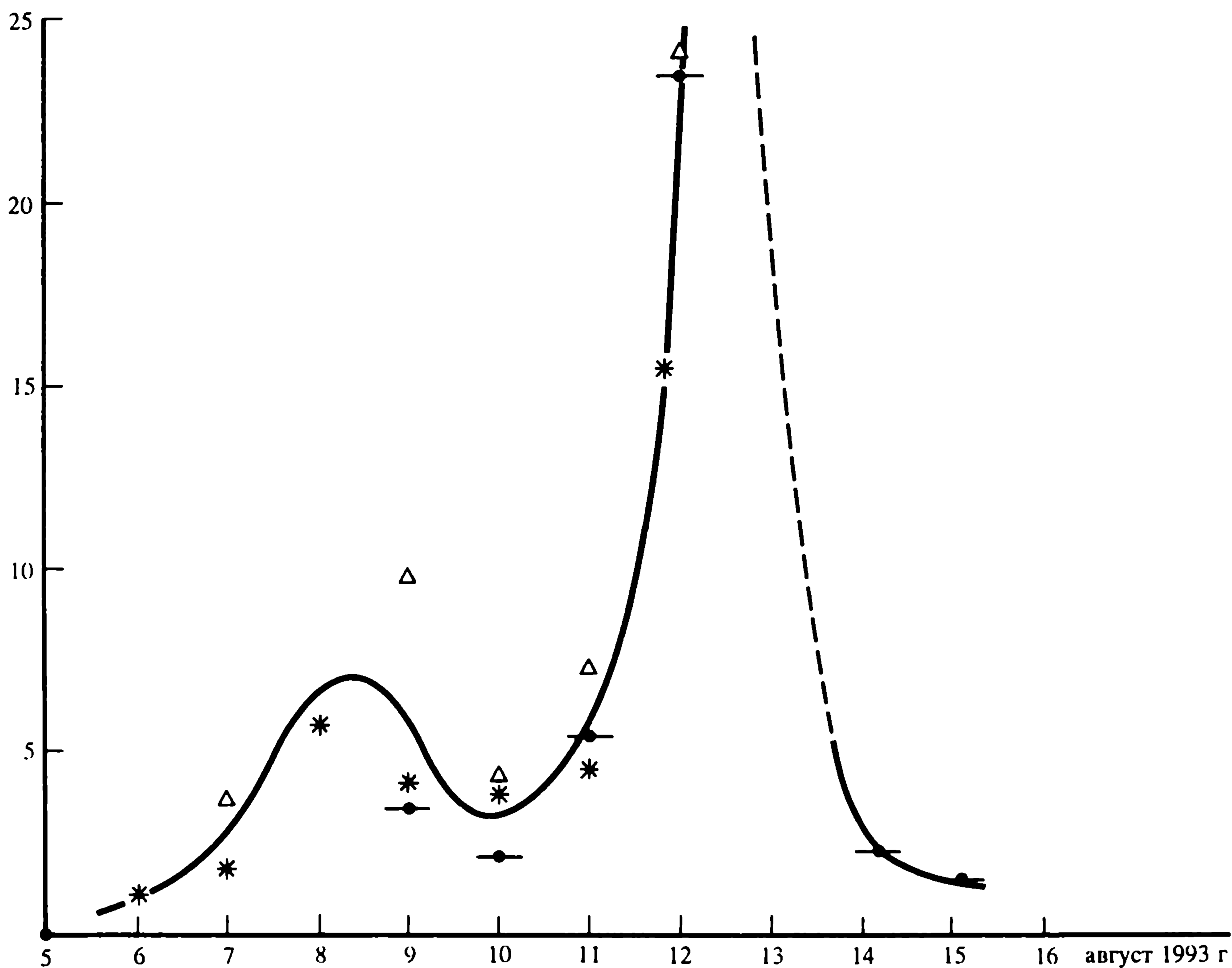
ко всем замеченным метеорам) имеет аналогичный вид, подчеркивая явно выраженный первичный побочный максимум под утро 8 августа и резкий главный максимум 12 августа, который, к сожалению, пришлось для наблюдателей СНГ на светлое время суток. Это тем более обидно, что, по сообщениям их зарубежных коллег, в максимуме активности Персеиды дали ожидаемый кратковременный «метеорный дождь». Интересно, что в ночь перед максимумом наблюдалось большое количество ярких Персеид (показатель функции светимости 11-12 августа составил $-1,7$).

Из запомнившихся особенностей красивого потока 1993 г. можно отметить традиционные для Персеид следы у ярких метеоров и «пачки», когда на небе почти одновременно вспыхивали по 2-3 метеора-«близнеца». Порадовали наблюдателей и яркие, надолго запоминающиеся болиды. Так, 7 августа в Крыму был виден болид (-7^m !) зеленого цвета, замечено дробление и след, продержавшийся почти 10 с. Красивейший болид видели в ночь на 11 августа наблюдатели из С.-Петербурга. Один из них отмечал: «Я увидел болид (около -6^m); он летел, слегка

Общие данные о наблюдениях

Место наблюдения	Даты	Чистое время наблюдений (в часах)	Всего метеоров	Из них Персеид	Кол-во наблюдателей	Область обзора
Киров	5-12.VIII	31	281	122	6	около зенита, диам. 60°
Керчь	5-12.VIII	31	780	333	8	все небо, центр-радиант
С.-Петербург	2-16.VIII	21	834	367	17	все небо
Ростовская обл.	8-14.VIII	14	249	160	1	все небо

N_n (до +3^m)



Часовые числа Персеид до +3^m в 1993 г. (по данным наблюдений в разных городах — * — Киров, Δ — Керчь, —•— С.-Петербург) и усредненный ход активности потока

Ход относительной активности Персеид в 1993 г.

увеличивая свою звездную величину на протяжении примерно 0,5°. За ним тянулся широкий след с интегральным блеском около +1^m. Он явно не был точкой и был резко очерчен. Неожиданно вспыхнул (примерно, —8^m) и ярко осветил красно-оранжевым светом местность, «погасив» на мгновение звезды в этой части небосвода. Затем очень быстро уменьшил свою звездную величину и потух».

Хотелось бы отметить большую пользу совместных наблюдений и обработки данных одного и того же потока силами разных групп, когда происходит интенсивный обмен опытом и в результате получают более объ-

ективные данные об изучаемом метеорном рое. Особенно важно в ближайшие годы такими совместными усилиями всех «метеорщиков» пронаблюдать усиление активности Леонид в связи с ожиданием обильного «метеорного дождя» этого потока (Земля и Вселенная, 1992, № 5). Получить консультации по наблюдениям метеоров и выслать свои результаты любители астрономии могут по адресу: 610002, г. Киров, ул. Ленина, 111, Кировское отделение АГО.

ГОРШЕЧНИКОВ М. В.
ЛЫСАК Т. Н.
БЕЗРУКОВ А. Н.

Рассказы о метеоритах

Р. Л. ХОТИНОК

Комитет по метеоритам РАН

Читатели, наверное, уже давно обратили внимание, что журнал «Земля и Вселенная» (с 1965 г.) сообщает о падениях и находках новых метеоритов. Метеориты имеют очень большую научную ценность. Они образовались 4—5 миллиардов лет назад. В их веществе зафиксированы физические и химические процессы, которые происходили еще во время образования Солнца и планет.

Большим событием в отечественной метеоритике была находка в 1979 г. метеорита Царев, самого крупного каменного метеорита России и бывшего СССР («Земля и Вселенная», 1980, № 3, с. 35 и 1981, № 4, с. 74). Есть в нашем журнале описание и других метеоритов (Земля и Вселенная, 1975, № 1, с. 35; 1975, № 4, с. 23; 1987, № 1, с. 65; 1990, № 5, с. 37; 1991, № 4, с. 54; 1992, № 6, с. 73; 1993, № 2, с. 37). Но имеется еще ряд метеоритов, которые входят в коллекцию Комитета по метеоритам (КМЕТ) Российской академии наук

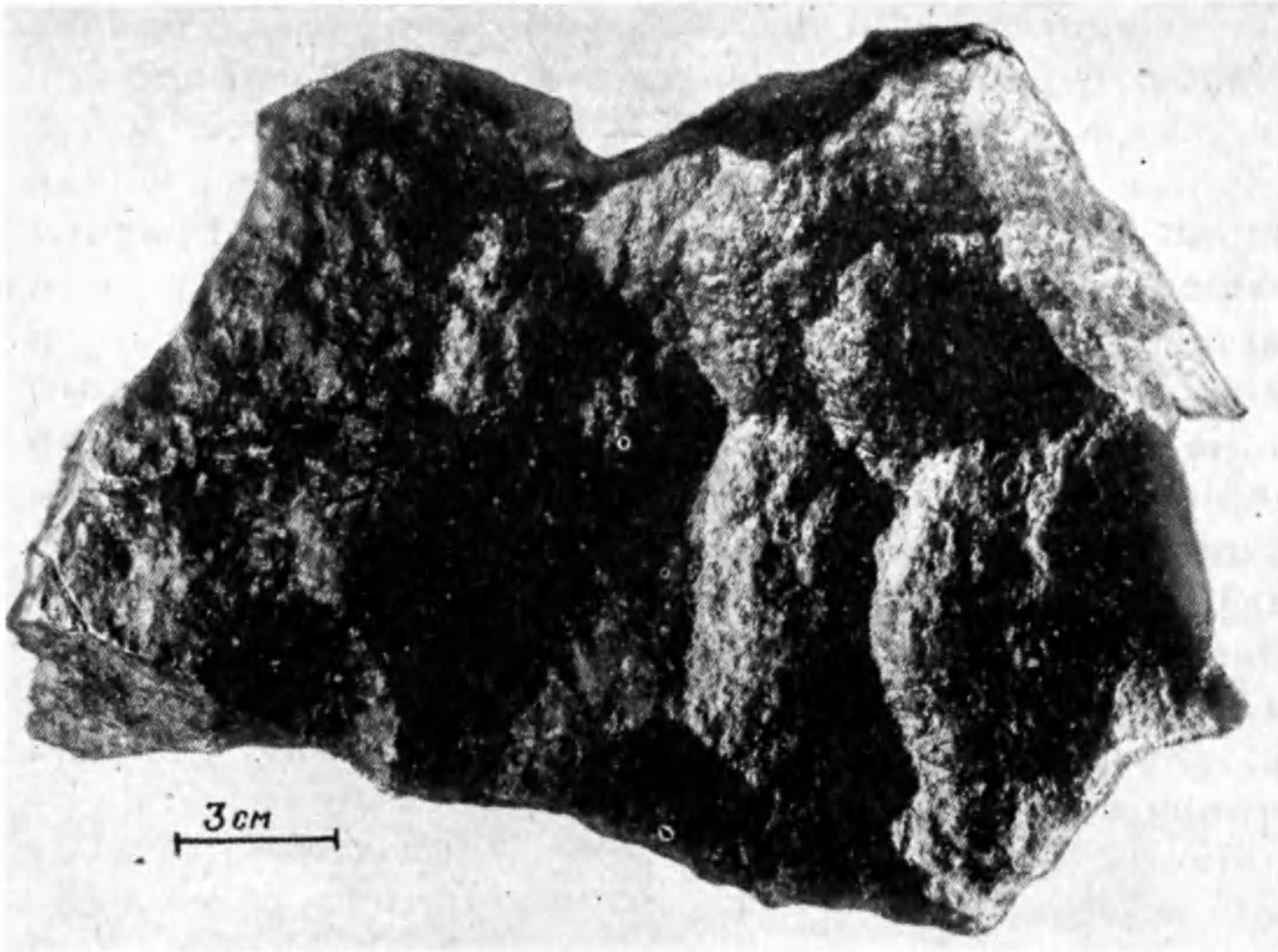
(РАН) и о которых хотелось бы рассказать.

Метеорит **Кифкахсяган** железный, массой 18,75 кг, он найден около поселка Новочаплино Провиденского района на Чукотке в начале августа 1972 г. Г. Н. Лисиним, геофизиком Провиденской геологической экспедиции. В коллекцию КМЕТ метеорит поступил 30 января 1973 года. «Я уже к палаткам возвращался,— рассказывает Лисин,— и вдруг на вершине сопки, рядом с горой Кифкахсяган, краем глаза заметил яркое красноватое пятно. Оно хорошо выделялось на зеленоватой породе. Вернулся, рассмотрел подробнее: явно чужеродное тело. Решил взять с собой. Тяжелый! С горы его «своим ходом» скатил. А дальше на себе нес. Умаялся.»

Автор этой статьи случайно узнал о находке метеорита из маленькой заметки «Послано космосом» в газете «Правда» от 1 декабря 1972 г. (это была информация корр. ТАСС из Магадана). Начались поиски автора информации и места хра-

нения метеорита. Срочно позвонили в Магадан и корр. ТАСС Е. В. Денисов сообщил, что метеорит находится в геологической экспедиции на Чукотке и обещал содействовать в передаче его в АН СССР. После серии писем, звонков и телеграмм на Чукотку и в Магадан метеорит был доставлен в Москву. Он, наверное, много десятилетий пролежал в горах Чукотки, проржавел, коры плавления практически нет, но хорошо видны крупные регмаглипты. Метеорит имеет поверхности раскола, поэтому на месте находки могут находиться другие его части. Летом 1974 г. под руководством В. И. Цветкова («Земля и Вселенная», 1975, № 3, с. 81) состоялась экспедиция на Чукотку, однако новых частей не нашли.

Метеорит **Ереван** упал в 1911 г. (или в 1912 г.) на окраине города Еревана. Поступил в КМЕТ 29 апреля 1975 г. Метеорит каменный (всего 68,5 г) и очень редкого типа — ахондрит. История падения и сохранения его увлекательна и поучительна. 16 февраля 1975 г. в

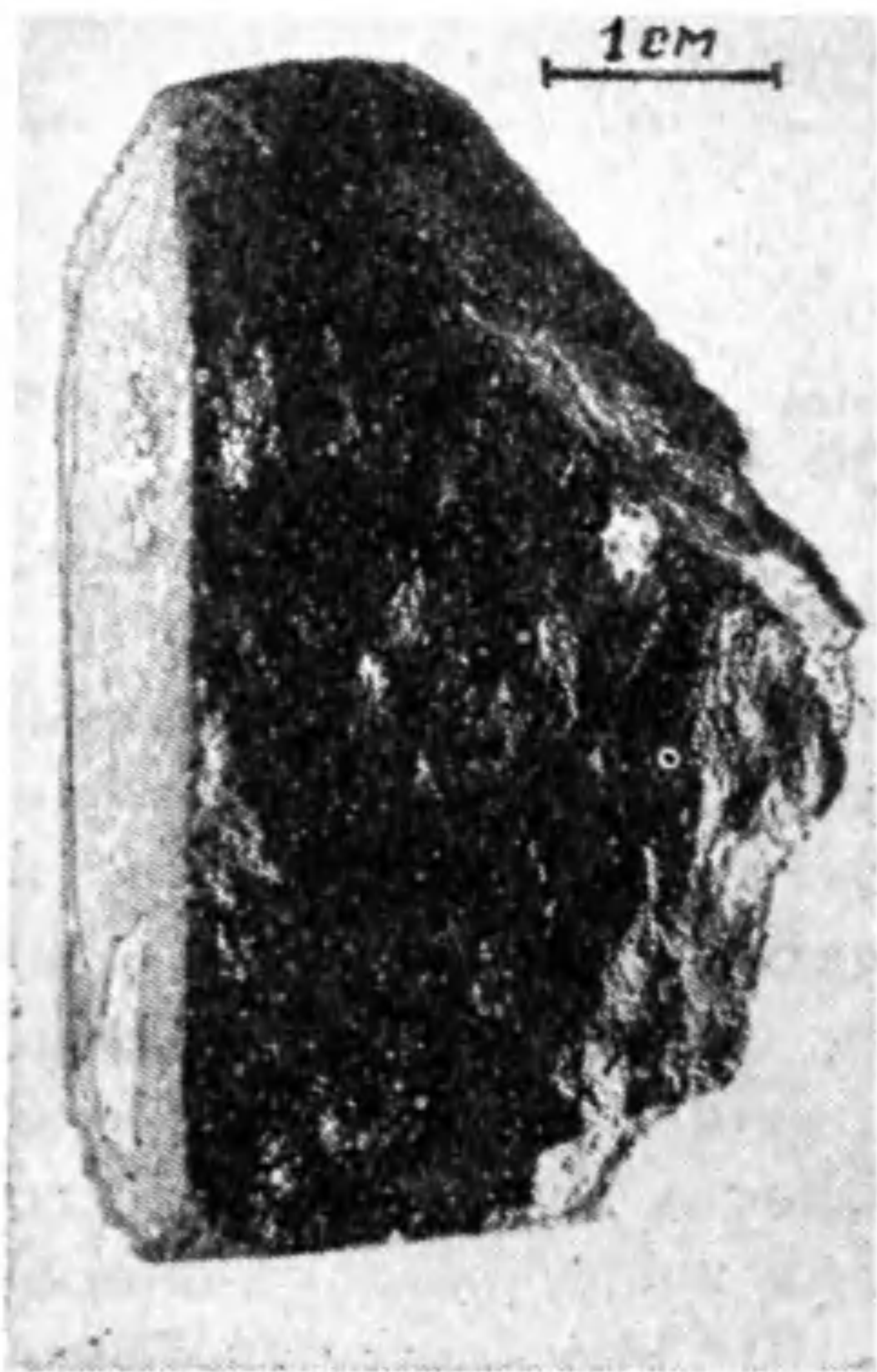


газете «Комсомольская правда» (автор В. Калининский) появилась статья «Найдите свой метеорит», в которой содержалось обращение к населению сообщать о падениях и находках метеоритов. В ответ на эту публикацию 27 февраля 1975 г. в КМЕТ пришло письмо из г. Самары (бывш. Куйбышев) от горного инженера, кандидата технических наук В. А. Петросяна, в котором он писал: «В 1911-12 г. моему отцу был передан, подобранный тогда же, как что-то упавшее с неба, очевидно, метеорит. Вся его наружная поверхность оплавлена, а в разрезе серо-пепельного цвета имеются более темные и светлые вкрапления». С тех пор метеорит хранился в этой семье. Первоначально метеорит был размером «с кулак» (около 5 x 6 x 7 см), весь покрытый черной блестящей корой плавления, с небольшим отколом с одной стороны. Более подробных сведений об об-

стоятельствах падения и находки метеорита со времен детства у В. А. Петросяна не сохранилось (тогда ему было 7 лет). В 1927-1928 гг. В. А. Петросян сам распилил метеорит на три части и одну передал на кафедру петрографии Азербайджанского политехнического института (г. Баку). Несмотря на несколько запросов, судьбу этой части метеорита выяснить не удалось. В 1960 г. вторая часть метеорита (68,5 г.) была передана на кафедру геологии Куйбышевского политехнического института, но исследования метеорита там не проводились, и эту часть В. А. Петросян позднее отправил в КМЕТ. Третий кусок (38,7 г.), вероятно, передан им в 1975 г. геологическому музею Института геологических наук АН Армении. Таким образом, можно полагать, что первоначально метеорит был целым индивидуаль-

ным экземпляром массой 500 ± 100 г.

Метеорит Геническ поступил 19 февраля 1976 г. Метеорит каменный, хондрит (531 г), найден 10-15 августа 1927 г. на хлебном поле в 3-4 км к западу от города Геническа Херсонской области жителем города, учителем-пенсионером С. Ф. Никулиным. Переслан им в КМЕТ. В своем письме С. Ф. Никулин писал: «Я читаю в газетах, что Вам посылают камни, о которых думают, что они метеориты. У меня имеется такой камень. В 1927 г. я ехал рано утром на уборку хлеба. Не доезжая до своего поля, увидел, что упал огненный шар. Через несколько дней на поле я нашел камень, как кусочек железа, коричневого цвета, неправильной формы. Я его храню с 1927 г.» Метеорит лежал в пыли на поверхности почвы, чистой от стерни. Ни лунок, ни ямок не было; почва на поле мягкая. Его поверхность сильно окислена и частично покрыта такой же окисленной корой плавления. По внешней форме видно, что это индивидуальный экземпляр с поверхностями первого и второго рода, по классификации Е. Л. Кринова. По-видимому, метеорит представляет собой часть более крупного тела, раздробившегося в атмосфере, но на соседних полях других частей этого метеорита не находили. Хотя метеорит сильно окислен



Метеорит Ереван

и поверхность подверглась длительной эрозии, на ней, тем не менее, четко различаются кора плавления, границы дробления и внутренняя поверхность, также оплавленная, но в меньшей степени. Метеорит имеет темно-буро-ржаво-коричневый цвет. Нечетко различаются 2-3 небольших регмаглипта.

Метеорит Рагули. Каменный хондрит (4,210 кг) найден во время уборки хлеба в середине июля 1972 г. на поле колхоза «Путь Ленина» в 40 км к северо-востоку от села Рагули Апанасенковского района Ставропольского края. Поступил в коллекцию КМЕТ только в конце июля 1976 г. из краеведческого музея города Ставрополя. Необычные приключения этого метеорита до поступления его в музей в начале 1973 г. В мае 1976 г. в КМЕТ пришло письмо из г. Ставрополя от врача скорой помощи Георгия Ивано-

вича Сидорова. Он писал: «Мною в дар краеведческому музею в 1973 г. передан метеорит весом около 5 кг. Этот метеорит нашел в степи студент мединститута и привез мне, ... вероятно, в музее о нем забыли и он, наверное, валяется где-нибудь на пыльных полках. Заставила Вас написать статью в газете «Комсомольская правда» за 28 апреля 1976 г. «История огненного шара» (это о метеорите Геническ)». В тот же день автор позвонил в г. Ставрополь. Сотрудница музея сообщила, что действительно в 1973 г. поступил камень и хранится, а не экспонируется как метеорит. В ответ на запрос был получен образец весом 29,4 г для установления метеоритной природы, а позднее и весь метеорит. Из писем в КМЕТ ставропольского краеведа В. Г. Гниловского стало известно, что метеорит нашел молодой комбайнер Михаил Кураксин. Камень лежал на поверхности почвы (возможно, был выкинут еще весной при пахоте) и привлек внимание своим необычным видом: многогранник с частично закругленными и обтекаемыми краями, бурой, сильно окисленной корой плавления. М. А. Кураксин сохранил метеорит и отнес его домой. В августе 1972 г. М. А. Кураксин поступил в медицинский институт и снял комнату у врача Г. И. Сидорова, которому и рассказал о своей находке. В октябре 1972 г. М. А. Кураксин, по настоянию

Г. И. Сидорова, привез метеорит в Ставрополь.

Второй образец метеорита Рагули (4 кг) нашел тракторист М. Н. Кравцов 18 сентября 1987 г. в 6 км к югу от села Рагули и почти в 50 км от первого образца. Метеорит лежал на поверхности вспаханного поля. В конце ноября поступил в КМЕТ.

Метеорит Ветлуга каменный, очень редкого типа — ахондрит, массой 780 г, упал днем 27 февраля 1949 г. в 7 км от города Ветлуги вблизи деревни Федоровское и 80 метрах к югу от озера Боброво Нижегородской области. Более 27 лет метеорит хранился в краеведческом музее города Ветлуги. Только в конце ноября 1976 г. автор был командирован в Ветлугу и с большим трудом добился от музея согласия передать метеорит в коллекцию КМЕТ. Впервые о метеорите узнали 10 мая 1976 г. из письма В. И. Киселева (Латвия, г. Резекне). Он сообщал, что прочитав статью «История огненного шара» (о метеорите Геническ, автор О. Кулиш, «Комсомольская правда» 28 апреля 1976 г.) «решил написать Вам следующее: в пятидесятых годах в Ветлужском районе Горьковской области упал метеорит, осколок которого находится в краеведческом музее г. Ветлуги (дату не помню). Возможно, он уже у Вас зарегистрирован?»

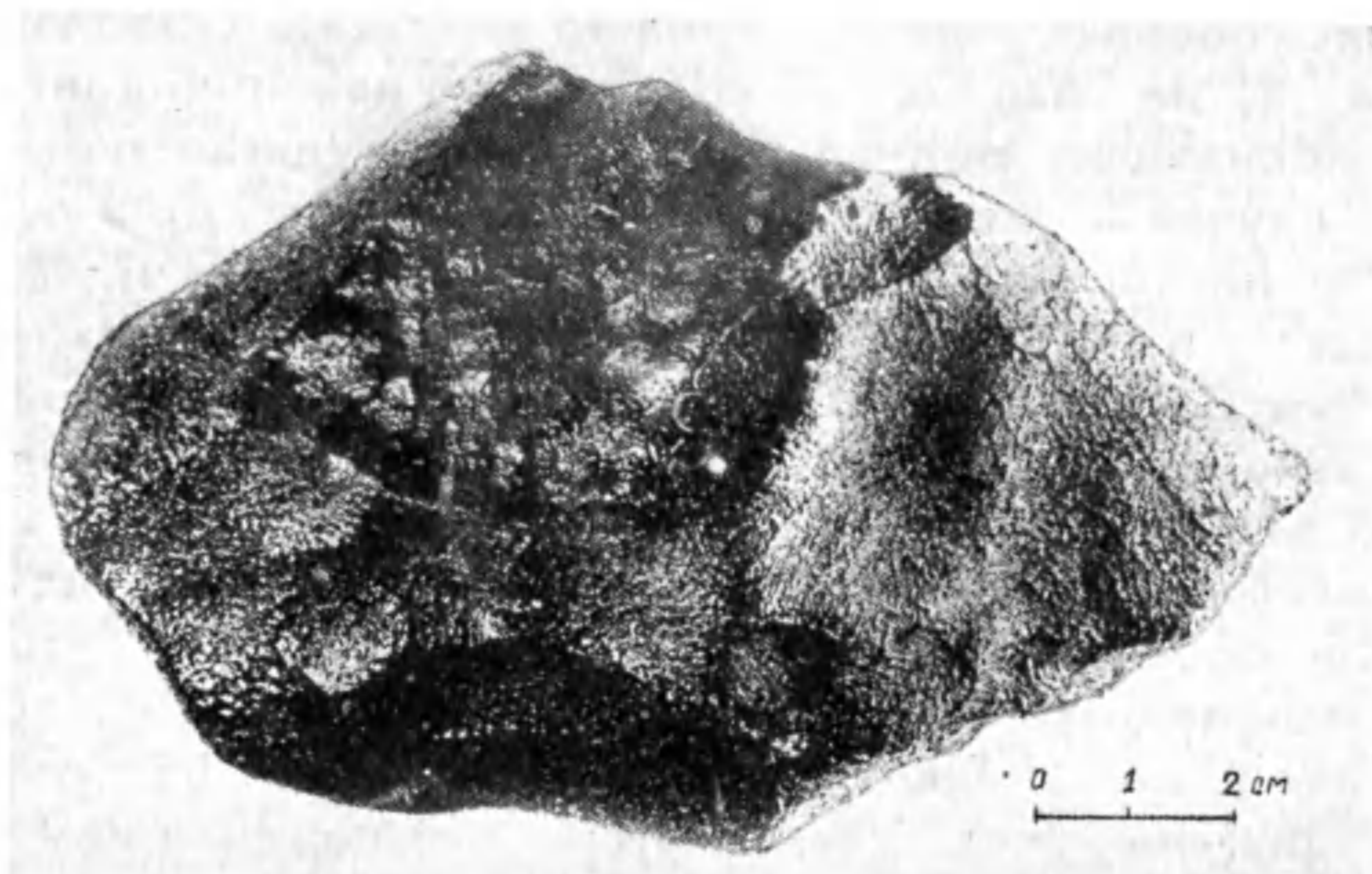
Независимо от В. И. Киселева осенью 1976 г. в КМЕТ поступило еще два сообщения, что в том же музее хранится метеорит. Это письма Т. Н. Семе-



новой из пос. Салтыковка Московской обл. и С. В. Самарина из г. Горького. Оба были откликом на статью автора о метеорите Рагули в газете «Известия» от 7 сентября 1976 г. «Метеорит найден в музее». Очевидец падения — лесник Ветлужского района Михаил Василь-

евич Цветков (он поднял метеорит еще теплым!). Вот что М. В. Цветков рассказал в 1952 г. Н. Д. Денисову, тогда студенту Горьковского пединститута: «Днем 27 февраля я отправился за реку Ветлугу на лыжах собирать сосновые шишки на семена. Собираю шиш-

ки в Бобровом сосняке и вдруг слышу сзади меня какой-то шум, как будто ком снега с дерева упал и в снег плюхнулся. Только гораздо сильнее, так что со всех окружающих сосен снег посыпался. Я оглянулся назад и вижу: в метрах двадцати от меня, рядом с лыжней, по которой я только что проходил, лежит что-то темное. Я подумал: уж не тетерев ли в снег бросился? и осторожно стал подъезжать к этому месту. Когда подъехал, то вижу — лежит камень. Меня удивление взяло: откуда, думаю, тут камень взялся, ведь его только что здесь не было? Оглянулся кругом — не подбросил ли кто? Нигде никого не было. Тогда я поднял камень и через рукавицы почувствовал, что он очень теплый. Я вытащил из-за ремня топор и легонько стукнул по одному углу камня. Внутри камень оказался серым. Я подержал его в руках и хотел уж бросить — не знал ведь тогда, что бывают какие-то там метеориты. А потом подумал, что-то, мол, тут не так, и положил камень в сумку. Потом я посмотрел, откуда он все-таки взялся. Вижу слева от лыжни снег взрыхлен полосой в глубину. Стало быть, камень ударился в снег с востока. Снегу было около 70 см,

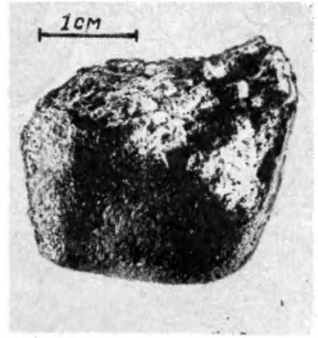


а под ним оказался лед. Так он снег-то пробил, а лед не смог и выскочил обратно наверх, прямо на лыжню. Если бы он ушел под лед или зарылся в снег, я бы его и не нашел. Ну, вечером, приехал домой. Показал камень. Вот, мол, бог гостинец прислал. Потом по деревне «слух разнесли», стали приходиться глядеть на него. А дня через четыре пришла из г. Ветлуги женщина из музея (Е. М. Саликова, научный сотрудник музея.— Р. Х.). Водил я ее на то место, где упал метеорит, ездили по озеру, но ничего больше не нашли. Тогда я метеорит в музей не отдал. Хотел я в Москву отослать. А потом что-то передумал и отослал его в Ветлужский музей».

Как потом выяснилось, 11 мая 1949 г. в газете «Горьковская коммуна» была маленькая заметка Е. М. Саликовой «Упавший метеорит», которая стала известна в КМЕТ. Е. Л. Кринов написал М. В. Цветкову и в музей просьбу сообщить обстоятельства падения и передать метеорит в КМЕТ. Просьба осталась без ответа, а к 1976 г. Е. Л. Кринов совершенно забыл об этом. Сообщение В. И. Киселева было для него новым, а тем более для автора, который доставил этот уникальный метеорит в коллекцию КМЕТ. О приключениях метеорита в космосе за три миллиарда лет, читайте журнал «Наука и жизнь», 1984, № 12, с. 144.

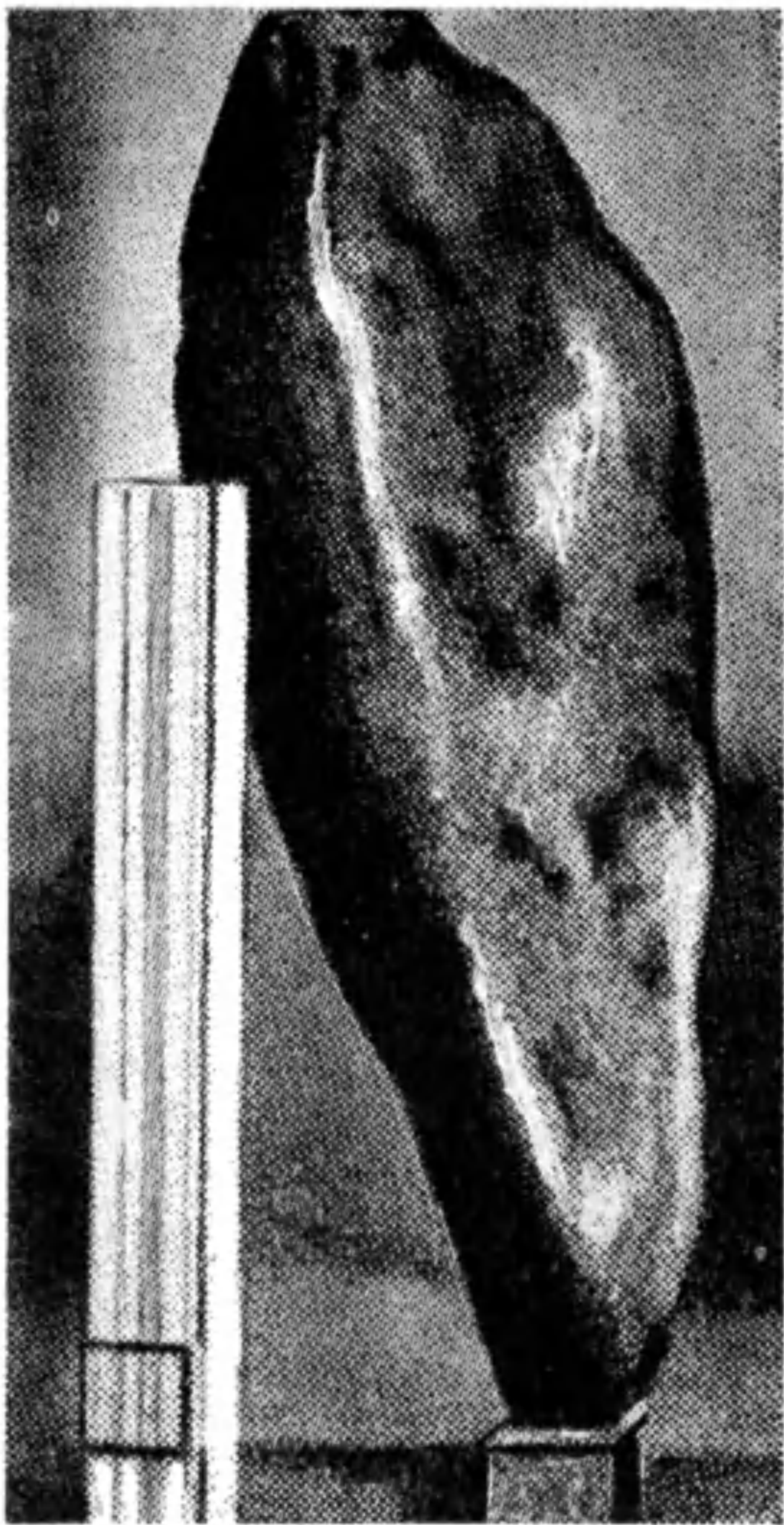
Метеорит Кутаис. Каменный, массой 23 г, он

упал 28 ноября 1977 г. в 8 ч. 10 мин. утра в Краснодарском крае в поселке Кутаис Горячеключевского района. В начале марта 1978 г. в редакцию газеты «Труд» пришло письмо, которое потом передали в КМЕТ, от учительницы географии и астрономии А. И. Ивановой о том, что в школе хранится «наверное, метеорит», упавший у них в поселке. Она пишет: «Уважаемая редакция. Пишут вам учащиеся 10 класса. Жительница нашего поселка Лидия Федоровна Корниенко вышла на улицу и услышала свист в воздухе, что-то упало около нее. Это был небольшой камень, внутри серый, а сверху оплавлен. Мы просим Вас сообщить нам, куда его выслать для определения». Немедленно отправили телеграмму с просьбой выслать метеорит по почте. И вот 20 мая 1978 г. метеорит Кутаис попал в коллекцию КМЕТ. Потом автор выехал в пос. Кутаис, чтобы выяснить обстоятельства падения и собрать новые части. С помощью большой группы учеников были организованы поиски около места падения и в окрестностях поселка, но так ничего и не нашли. А ведь произошел редчайший случай — метеорит упал к ногам человека! Вот как это было. В 8 часов утра Л. Ф. Корниенко закончила дежурство (по охране территории с огромными баками воды для поселка). Корниенко направилась домой, но сменщица окликнула ее. Женщины беседова-



Метеорит Кутаис

ли... Через несколько минут раздался шум и свист, их испугавший. В этот момент вблизи (в одном метре) от Корниенко упал камень, образовав лунку глубиной 6 см и диаметром в размер самого камня. При ударе от метеорита откололся небольшой кусочек и виднелась внутренняя серая масса. Остальная поверхность была покрыта черной матовой корой плавления. Погода была облачная, может быть с небольшими прояснениями, но болида никто из жителей поселка не видел. (Возможно, что на холме в траве, на огородах, в низине холма могут быть еще части метеорита.) Корниенко громко и сердито сказала: «Кто же это камни кидает, безобразие, хулиганство!» Потом догнала другую жительницу поселка Л. А. Юрченко, которая находилась в 150 м от места падения и тоже слышала очень громкий шум и треск, показала ей камень. Они поняли, что звуки были не от какого-нибудь реактивного самолета, а от падения кам-



Метеорит Алискерово

ня. Придя домой, Корниенко передала метеорит сыну Александру, ученику 10 класса, а он в то же утро принес его в школу. На уроке физики директор школы Л. В. Образцов сказал, что это, скорее всего, метеорит, и распорядился передать его учительнице А. И. Ивановой, у которой он хранился до апреля 1978 г.

Метеорит **Бахардок** каменный, хондрит (4,1 кг) найден в песках пустыни Каракум в сентябре 1978 г. Метеорит обнаружен рабочим центральной геофизической экспедиции И. И. Прониным. Он увидел в нем что-то очень необычное для песков пустыни, принес на базу и передал старшему технику. Тот не мог объяс-

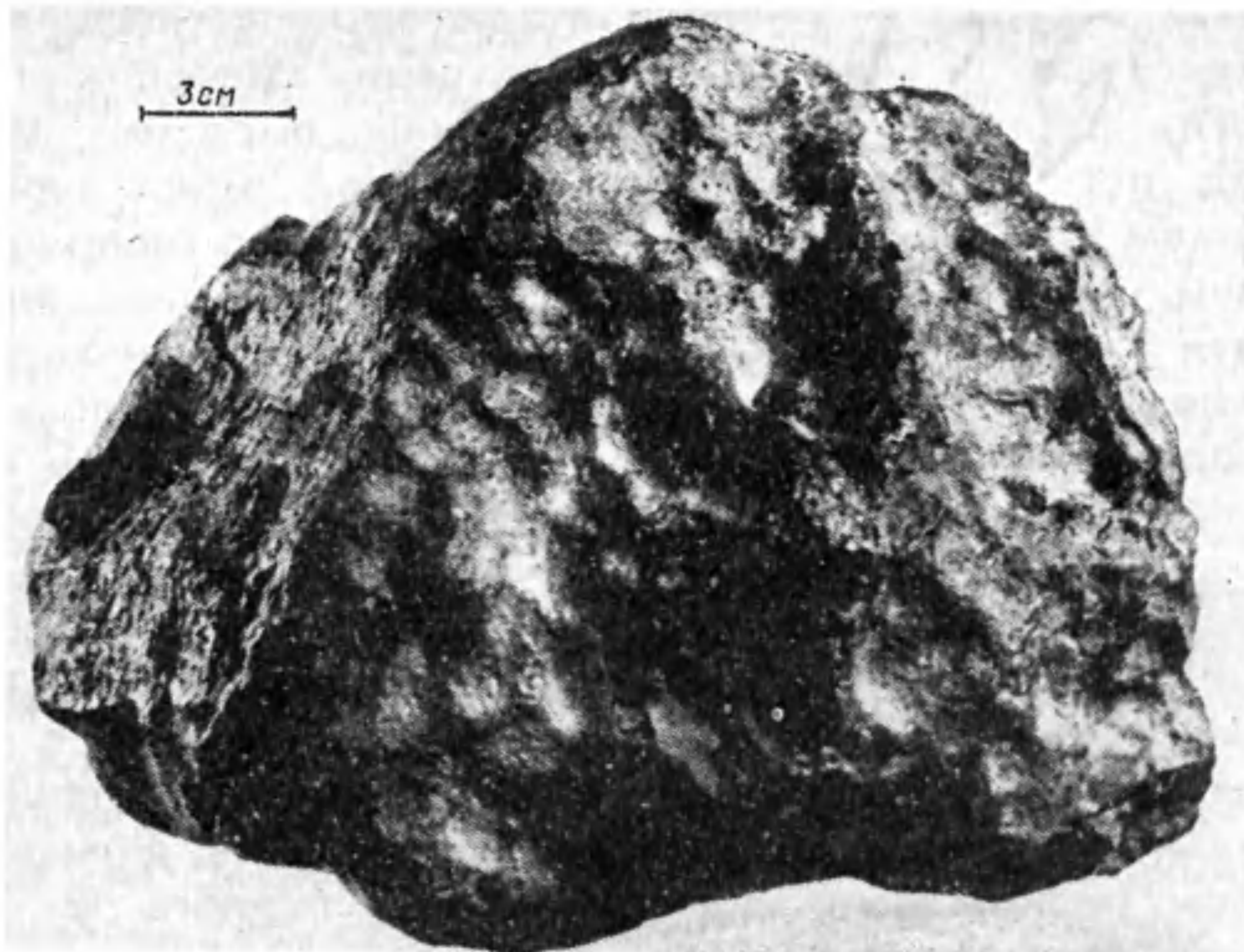
нить откуда в пустыне взялся такой камень, а когда вернулся в Ашхабад передал его астрономам в физико-технический институт Академии наук Туркмении. В середине января 1979 г. метеорит поступил в КМЕТ. Место его находки — в 60 км к северу от железнодорожной станции Геоктепе и в 50 км от ближайшего поселка Бахардок. Метеорит очень сильно окислен и так «оброс» песком, что даже специалист не сразу распознает в нем пришельца из космоса. Небольшой невзрачный камень по внешнему виду мало похож на метеорит. Темный, покрытый ржавыми пятнами, сцементировался, песок образовал на нем наросты, проник в трещины — таков этот второй туркменский метеорит, похожий на простой булыжник. А первый туркменский метеорит — Кабаклы, описан И. Т. Зоткиным («Земля и Вселенная», 1972, № 5, с. 28). Всего сейчас в Туркмении найдено четыре метеорита и все в песках пустыни («Земля и Вселенная», 1991, № 4, с. 54).

Метеорит **Алискерово** железный, октаэдрит (58,4 кг), найден в долине ручья Свеча 10 июля 1977 г. во время промывки золотосодержащего песка на прииске имени Алискерова на Чукотке в Билибинском районе Магаданской области. Метеорит нашел рабочий А. Я. Чередниченко во время работы на гидромониторе. Он пишет: «... работая на гидромониторе, я обнаружил

в вашгерде промывочной установки тяжелый металлический предмет. Моментально приостановил работу, собрал товарищей по смене для выяснения происхождения находки. Были суждения всякие: это какая-то ерунда, не стоит заострять внимания, нечего с ней возиться, заниматься головоломкой, лучше выбросить и продолжать работу и т. д. Но большинство решили не выбрасывать, а вызвать главного геолога В. Н. Хакимова и с его помощью разобраться, что к чему».

В дальнейшем метеорит передали в Магадан в геологический музей Дальневосточного отделения Академии наук, а потом часть его (25,7 кг) — в коллекцию КМЕТ. Метеорит по форме напоминает веретено, его размеры 44 × 26 × 11 см, на поверхности хорошо видна кора плавления и регмаглипты. Учитывая морфологию места находки, магаданские геологи считают, что метеорит упал на Землю несколько тысяч лет назад.

Метеорит **Новосибирск** каменный, хондрит (11,4 кг), найден весной 1978 г. на окраине г. Новосибирска, в районе Гусинобродского шоссе. Метеорит нашли во время земляных работ на глубине 1,5 м шофер А. П. Деренкин и экспедитор автопредприятия П. А. Политченко. Они обнаружили увесистое шарообразное тело красновато-бурого цвета с тупыми, будто отполированными гранями. «Может быть метеорит?» — подумали они и отправили



часть образца в Томский университет. Доцент университета Ю. Львов подтвердил правильность их предположения. Благодаря усилиям ученого секретаря комиссии по метеоритам Сибирского отделения РАН Г. М. Ивановой метеорит стал до-

стоянием коллекции Института геологии и геофизики в Новосибирске. В коллекцию КМЕТ передано 1135 г этого метеорита.

Читателям, интересующимся, сколько было найдено метеоритов на территории бывшего СССР, сообщаем: Россия — 109,

Украина — 39, Белоруссия — 4, Литва — 4, Латвия — 4, Эстония — 4, Туркмения — 4, Узбекистан — 1, Армения — 1, Казахстан — 12, Азербайджан — 3, Киргизия — 1. Всего — 186.

Астрономическим кружкам, любителям астрономии КМЕТ может выслать бесплатно брошюру — «Инструкция по наблюдению болидов, поиску и сбору метеоритов». Следует напомнить читателям, что обо всех «подозрительных» камнях, обо всех наблюдениях болидов, — сообщайте по адресу: 117313, Москва, Комитет по метеоритам.

(Фото Е. И. Малинкина)

Информация

Северные леса — стабилизаторы климата

В норвежском городе Опдале (Норвегия) в августе 1993 г. состоялась международная конференция «Климатические изменения и Арктика», на которой обсуждены данные о состоянии бореальных (северных) лесов Европы, Северной Америки и России.

По данным американских экологов с 1920 по 1960 г. масса древесины бореальных лесов увеличилась в четыре раза, в основном — за счет появления в начале этого периода молодых деревьев, дававших быстрый прирост.

Начиная с 60-х гг. стал более интенсивным процесс естественного отмирания растений, повыси-

лось количество вредителей и участились лесные пожары. Все это в сочетании с активной рубкой резко сокращало объем древесины. Много деревьев погибло из-за кислотных дождей.

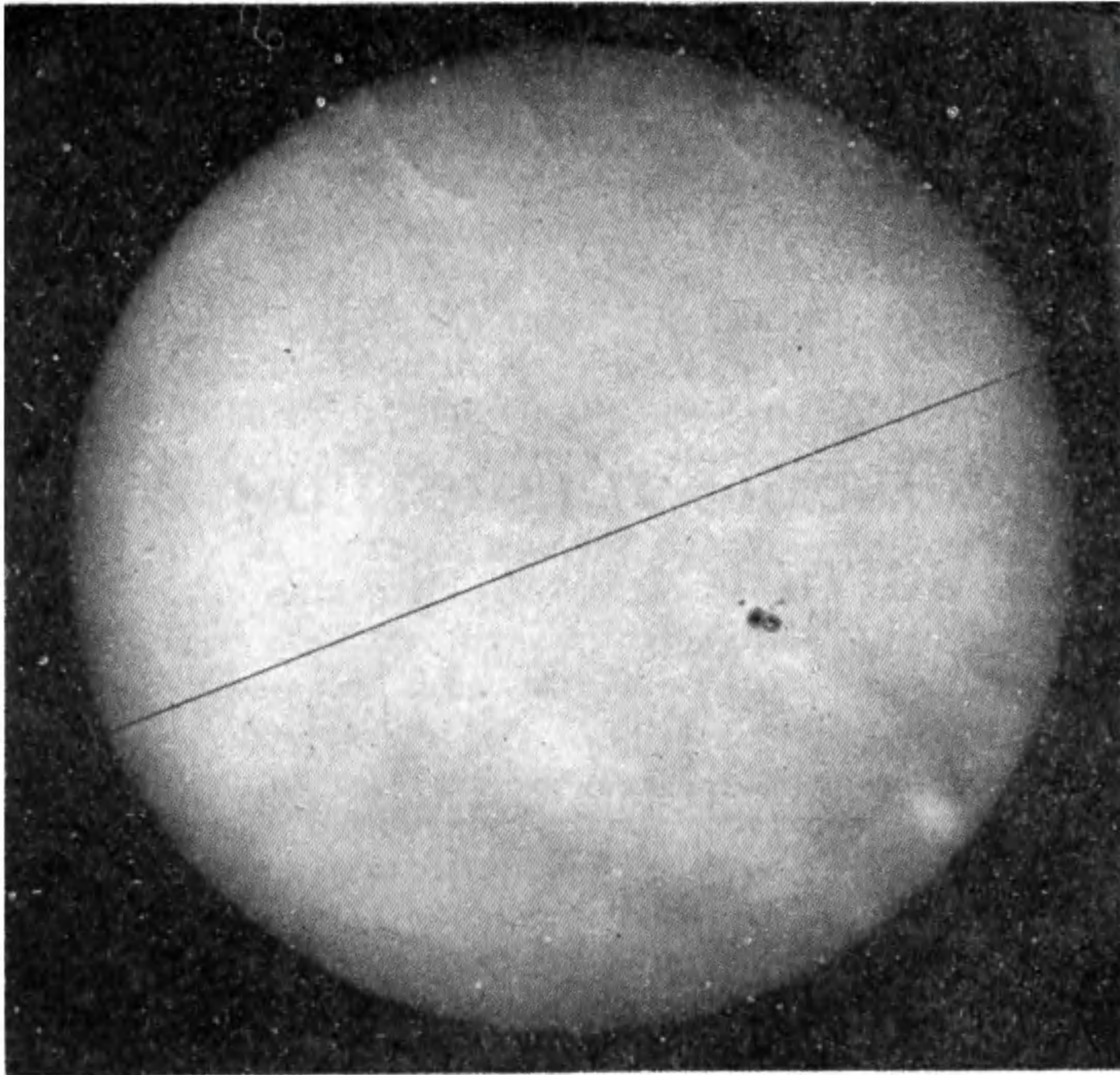
В результате, начиная с 1976 г. масса бореальных лесов уже шла на убыль. Статистический анализ показал, что процесс подобных изменений развивался параллельно с насыщением атмосферы двуокисью углерода в течение большей части теперешнего столетия.

Данные же о динамике древесной массы в умеренной и тропической зонах Земли, которыми располагает ООН, заметным образом не совпадают с ростом CO_2 в воздушной оболочке планеты. Отсюда вывод: на содержание двуокиси углерода в атмосфере в первую очередь влияют именно бореальные леса.

Научный сотрудник Университета штата Аляска (Фербенкс, США) Джон Брайант объясняет быстрое увеличение массы северных лесов в 1920-60 гг. их возобновлением в ранее обезлесенных местностях. Возможно также, что рост концентрации CO_2 в атмосфере стимулировал ускорение развития растительности. Однако по мнению оппонентов, этот эффект нельзя считать доказанным.

Участники конференции отметили, что бореальные леса, весьма вероятно, могли бы стабилизировать климат планеты, в какой-то мере компенсируя «парниковый эффект» от избытка углекислого газа в атмосфере. Между тем, практически все страны Севера ныне планируют расширение вырубки именно бореальных лесов.

New Scientist, 1993, 1890, 6



Солнце в апреле — мае 1994 г.

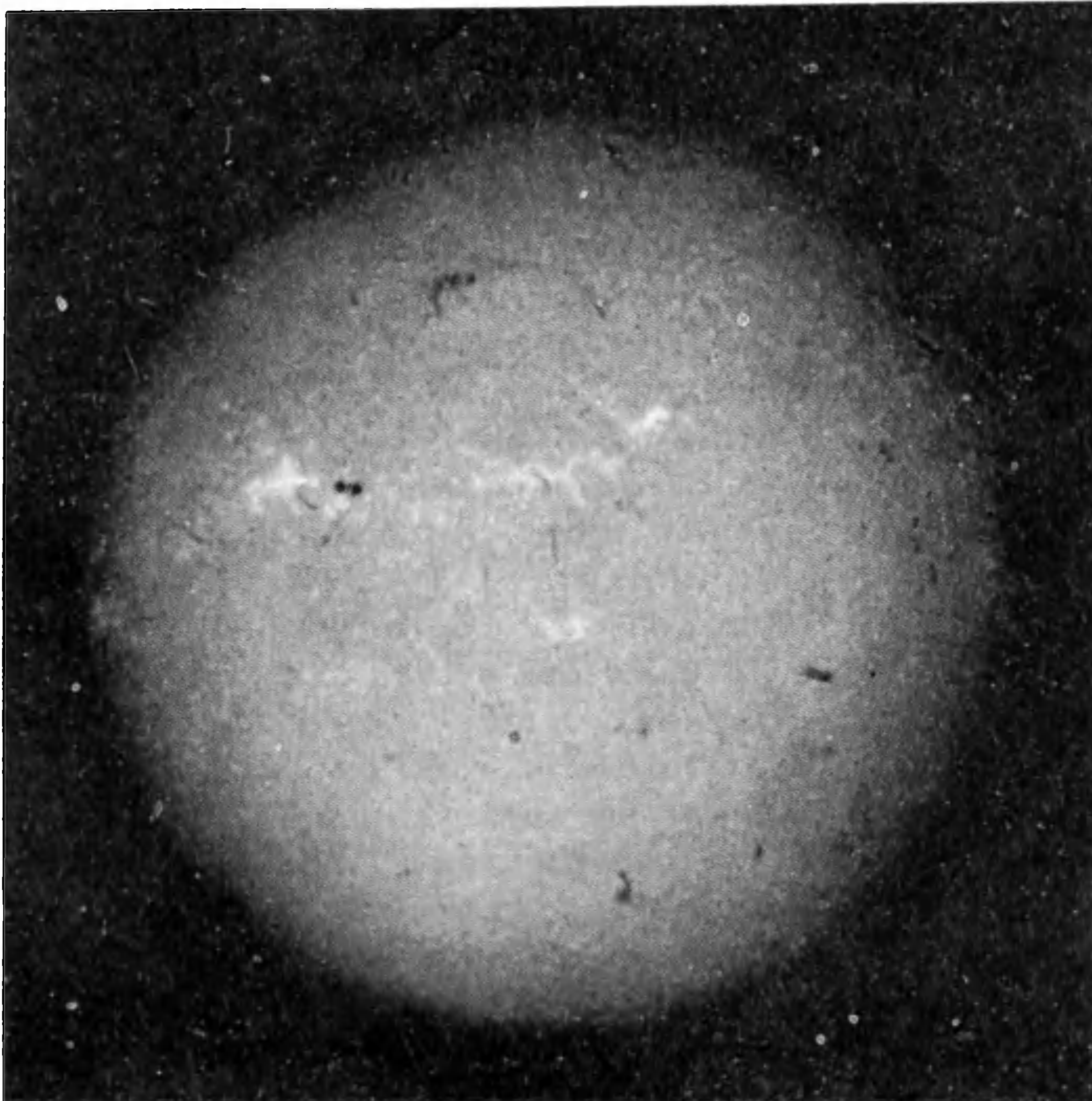
В апреле — мае активность Солнца была довольно слабой. Число пятен не превышало 3, причем большей частью они были небольшие и короткоживущие. Первые две декады апреля на диске находилась обычно одна группа, индекс W не превышал 15. Затем число групп увеличилось до 3, а число W — примерно до 40.

В середине первой декады мая — вновь спад до одной группы ($W \approx 15$). Однако уже в начале второй декады активность несколько оживилась: 2-3 группы на диске ($W \approx 40$). В конце месяца пятна отсутствовали вовсе.

Так и должно быть, потому что очередной 11-летний солнечный цикл завершается. В дальнейшем общий уровень активности еще более понизится, хотя в отдельные периоды возможно заметное ее оживление.

В. Г. БАНИН,
доктор физико-математических наук
С. А. ЯЗЕВ,
кандидат физико-математических наук

Фотосфера Солнца 16 мая 1994 г.



Хромосфера Солнца 16 мая 1994 г. Снимки Т. В. Говориной, Байкальская астрофизическая обсерватория

Проблемы планетной космогонии

А. В. КОЗЕНКО,
кандидат физико-математических наук

Еще в 1944 г. академик
О. Ю. Шмидт опубликовал статью «Ме-
теоритная теория происхождения Земли

и планет», положившую начало раз-
витию новой космогонической кон-
цепции. За прошедшее время она
получила всестороннее развитие в
трудах отечественных и зарубежных
исследователей и была значительно
модифицирована. Однако в работах
преобладал механистический подход
к исследуемым проблемам. Многие
важнейшие физические аспекты фор-
мирования планетных систем остава-
лись вне поля зрения специалистов.
Сборник статей «Происхождение
Солнечной системы: Кинетические
и термодинамические аспекты», из-
данный под редакцией члена-кор-
респондента РАН (Российская
Академия естественных наук)
А. В. Витязева в 1993 г. в издательстве
«Наука», существенно восполняет
этот пробел. Как справедливо за-
метил во «Введении» А. В. Витязев,
с открытием газопылевых дисков у
молодых звезд типа Тельца — ана-
логов околосолярного протопланет-
ного диска — теория происхождения
Солнечной системы обрела надеж-
ный фундамент и стала, по сути,
частью общей теории образования
звезд с дископодобными оболоч-
ками.

Сборник открывается статьей В. С. Саф-
ронова «Проблемы образования



планет», написанной на основе лекции, прочитанной им в связи с его награждением премией имени Дж. Койпера за 1990 г. в Американском астрономическом обществе. В статье дан блестящий обзор современного состояния планетной космогонии. Основное внимание уделено образованию и эволюции протосолнечной туманности, формированию в ней пылевого субдиска, его турбулизации, образованию в нем гравитационной неустойчивости, ведущей к пылевым сгущениям, а затем и планетезималям, общей динамике формирования планет.

Следующие две обширные статьи написаны А. В. Витязевым с соавторами — «**Вариации давлений и температур в ранней Солнечной системе и их влияние на состояние летучих**» и «**Реконденсация вещества в протопланетном диске**». Они посвящены изучению термодинамических условий в ранней Солнечной системе и фазовым превращениям вещества. В работах детально изучен состав и состояние летучих в протопланетном облаке и рассмотрена общая проблема происхождения льдов и газгидратов. Особое внимание уделено неравновесным процессам в облаках взрывов, вызванных высокоскоростными столкновениями.

Во второй статье рассмотрен равновесный минеральный состав для закрытой системы, элементный состав которой соответствует хондритовому веществу. Показано, что температуры конденсации повышаются при удалении из системы водорода из-за повышения парциальных давлений породообразующих элементов, а значительный разрыв между температурами конденсации FeO и FeS имеет влияние на состав допланетных тел внутренних планет. Обнаружено, что из вещества углистых хондритов путем нагрева и равновесной конденсации не удастся получить вещество обыкновенных хондритов и земное протовещество, в которых должно быть значительное количество металлического железа.

В статье С. И. Ипатова «**Моделирование на ЭВМ процесса аккумуляции планет**» представлены результаты численного моделирования формирования

планет, полученные при детерминированном выборе пар контактирующих тел. В этом приближении оказалось, что время формирования 80% массы Земли не превышало 10^7 лет. Моделирование роста планет-гигантов подтвердило гипотезу В. Н. Жаркова и А. В. Козенко о том, что зародыши Урана и Нептуна приобрели водородные оболочки массой порядка полутора масс Земли в зонах роста Юпитера и Сатурна еще до диссипации газа из протопланетного диска. Обнаружилось, однако, что если начальные значения больших полуосей орбит этих зародышей превышали 10 а. е., то их миграция к современным орбитам Урана и Нептуна могла происходить и при меньшей суммарной массе планетезималей. Показана также возможность миграции тел из люков Кирквуда в астероидном поясе (Земля и Вселенная, 1991, № 1, с. 86.— Ред.), и из занептунных поясов к орбите Земли в настоящее время. Оценено, что столкновение Земли с телом диаметром D метров происходит в среднем раз в $2 (D)^{1.58}$ лет.

В двух статьях А. Г. Башкирова «**Неравновесная статистическая механика системы крупных частиц в неоднородной жидкости**» и «**Молекулярная теория нуклеации**» дано последовательное развитие методов статистической физики для описания поведения систем многих тел. Строится теория броуновского движения частиц с учетом возмущения ими жидкости. Развита модель, описывающая переход молекул из пара и обратно. Для крупного (по сравнению с длиной свободного пробега в газе) зародыша получены модификации кинетического уравнения и выражения для коэффициента нуклеации, отличные от результатов классической теории. Показано, что при нуклеации паров в околосолнечном диске мог реализоваться этот случай.

В статье Ю. И. Зецера с соавторами «**О возможности экспериментального исследования процесса дифференциации планетного вещества**» обсуждается уникальный, очень тонкий и важный эксперимент по СВЧ-нагреву и плавлению метеоритного вещества —

аналога примитивного вещества, из которого, как предполагают, сформировались планеты. В результате получено разделение образца на Fe—Ni—S и силикатную фазу.

Две небольшие статьи А. В. Витязева с соавторами «Об интеграле столкновений в гравитирующих системах», «Рэлееская неустойчивость в седиментирующих оболочках астрофизических объектов» посвящены решению весьма частных, но имеющих принципиальное значение задач. Первая имеет отношение к проблеме релаксации в гравитирующих системах. Получен интеграл столкновений, не содержащий расходимость при больших прицельных параметрах. Во второй исследуется влияние процессов теплопереноса и теплогенерации при опускании частиц тяжелой примеси на условия возникновения тепловой конвекции. Для газопылевых дисков эти процессы важны на стадиях образования пылевых дисков.

В статье Г. В. Печерниковой «Вращение планет и астероидов» исследуется классическая проблема кос-

могони. На основе развитой автором теории приобретения осевого момента планетами в процессе их роста сделаны теоретические оценки и проведено их сравнение с наблюдательными данными. Показано, что вращение крупнейших астероидов также первично, т. е. приобретено в процессе аккумуляции.

Сборник хорошо издан, но, как это часто бывает, не обошлось без неточностей. Например, в статье В. С. Сафронова, где речь идет о пионерских работах фон Вейцзеккера, ссылка дается на совсем другую работу. При перекрестных ссылках на статьи из этого же сборника допущена неточность в названии. И даже в оглавление проникла досадная опечатка в инициалах одного из основных авторов (причем, ответственного редактора...). Но, разумеется, дело не в этих мелочах, потому что остается самое благоприятное впечатление от очень интересной книги, посвященной одной из важнейших проблем современного естествознания.

Заведующая редакцией Г. В. МАТРОСОВА, Зав. отделом наук о Земле В. А. МАРКИН,
Художественный редактор М. С. ВЬЮШИНА,
Литературный редактор Е. А. НИКИТИНА, Младший редактор Л. В. РЯБЦЕВА

Корректоры: Л. В. БЕЛОВА, В. И. ГУЛИНА

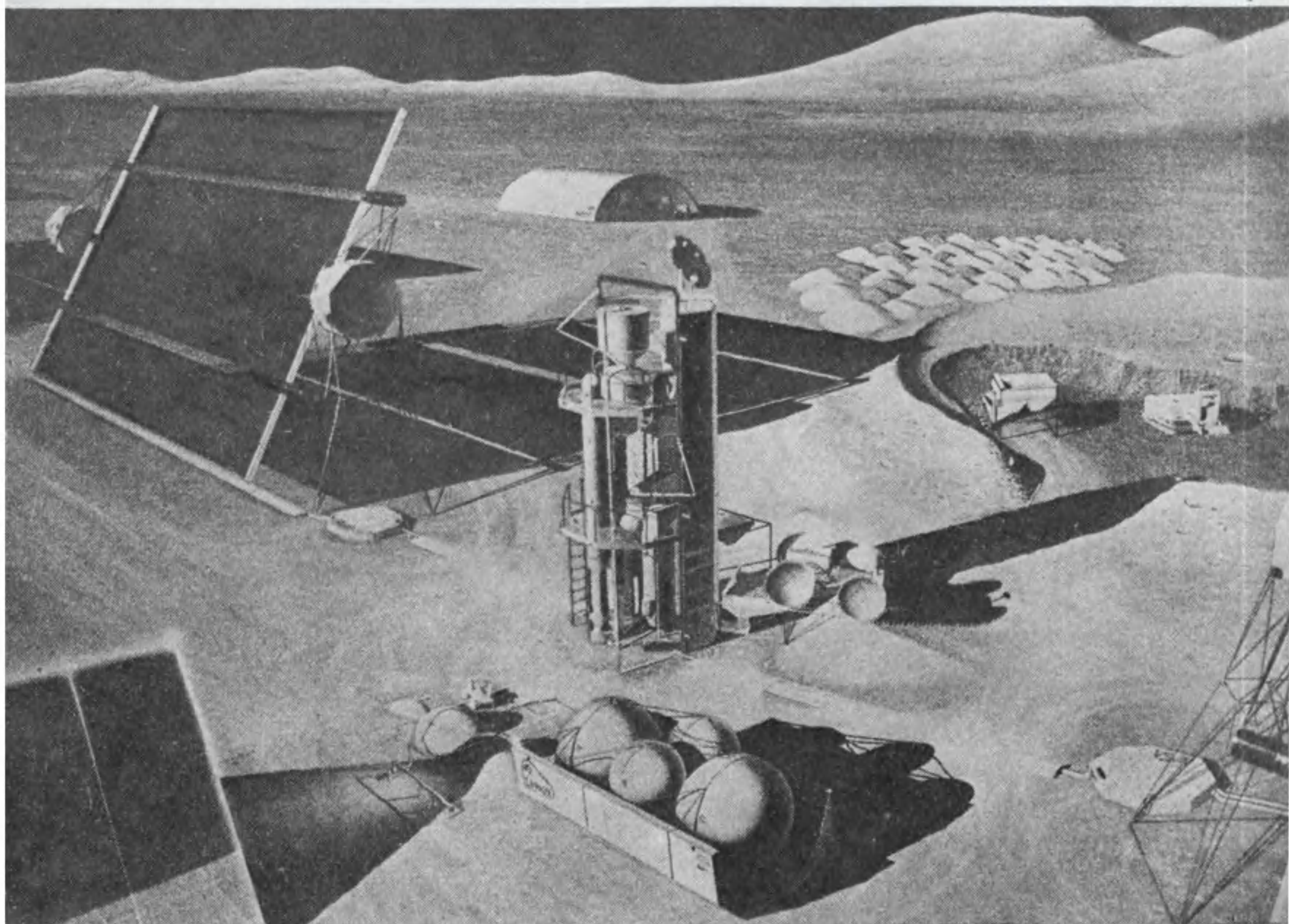
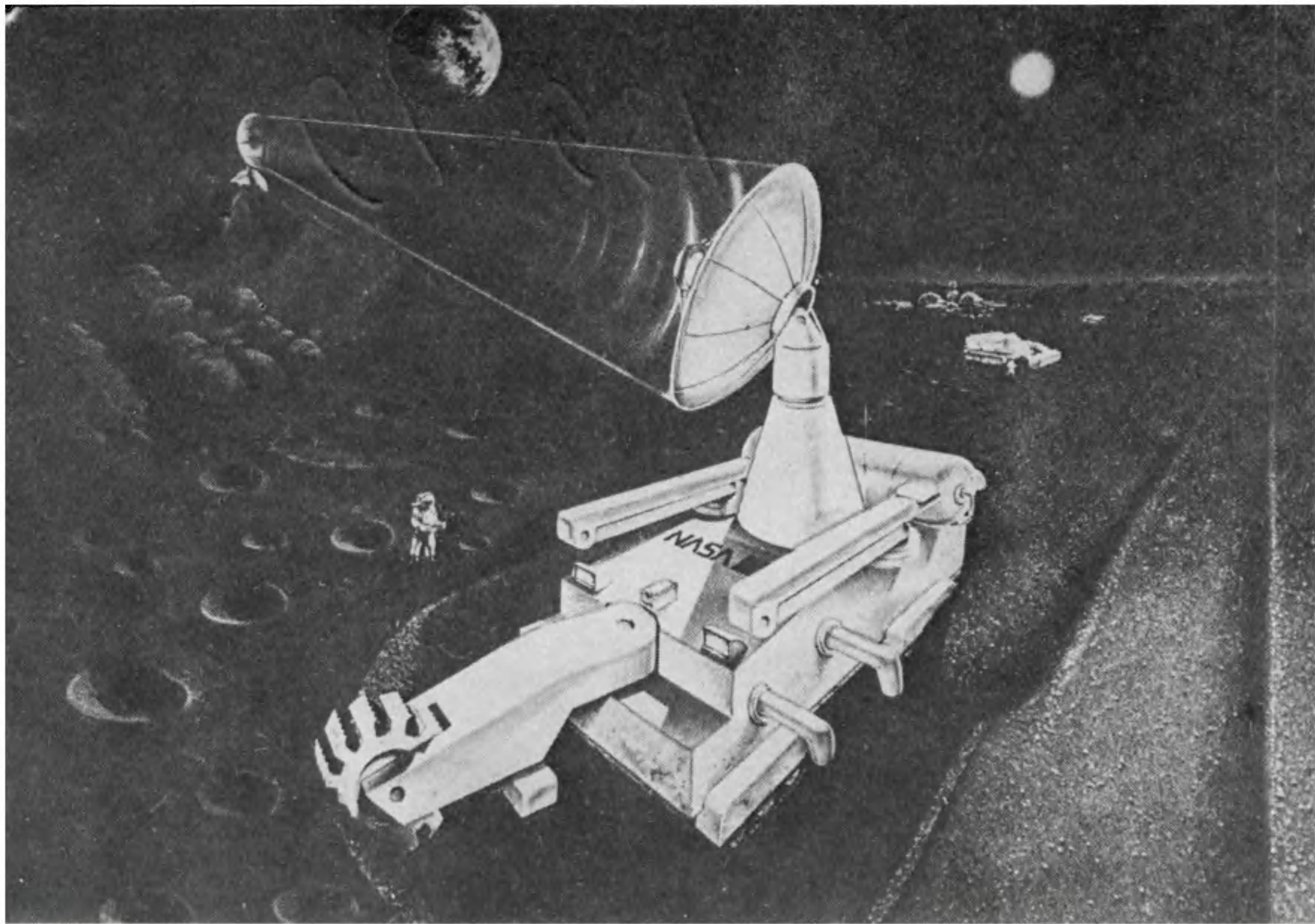
Номер оформили: Р. В. ЕРМАКОВА, Ю. А. ТЮРИШЕВ

Сдано в набор 6.07.94. Подписано в печать 30.09.94. Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆
Офсетная печать. Уч.-изд. л. 10,5 Усл.-печ. л. 8,1 Усл.-кр. отт. 376 тыс.
Бум. л. 3,0. Тираж 3762 экз. Заказ 1472.

Адрес редакции: 117810, ГСП-1, Москва, Мароновский пер.,
д. 26, ж-л «Земля и Вселенная»

Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Московская типография № 2 РАН, 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6.





Каталожная цена 1478 р.

ВО «Наука»
Цена 800 р.
Индекс 70336