

ЗЕМЛЯ И

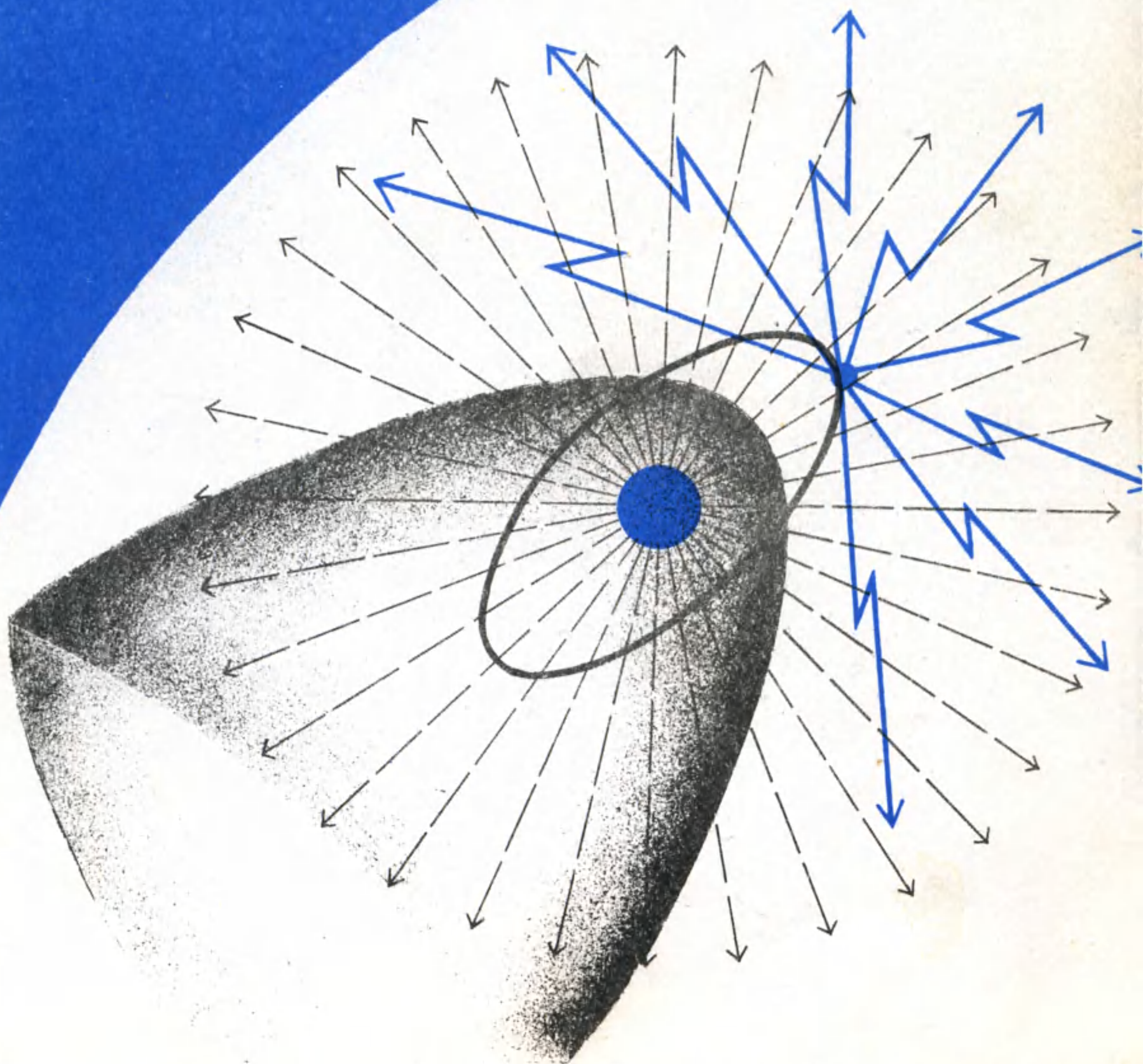
МАРТ-АПРЕЛЬ

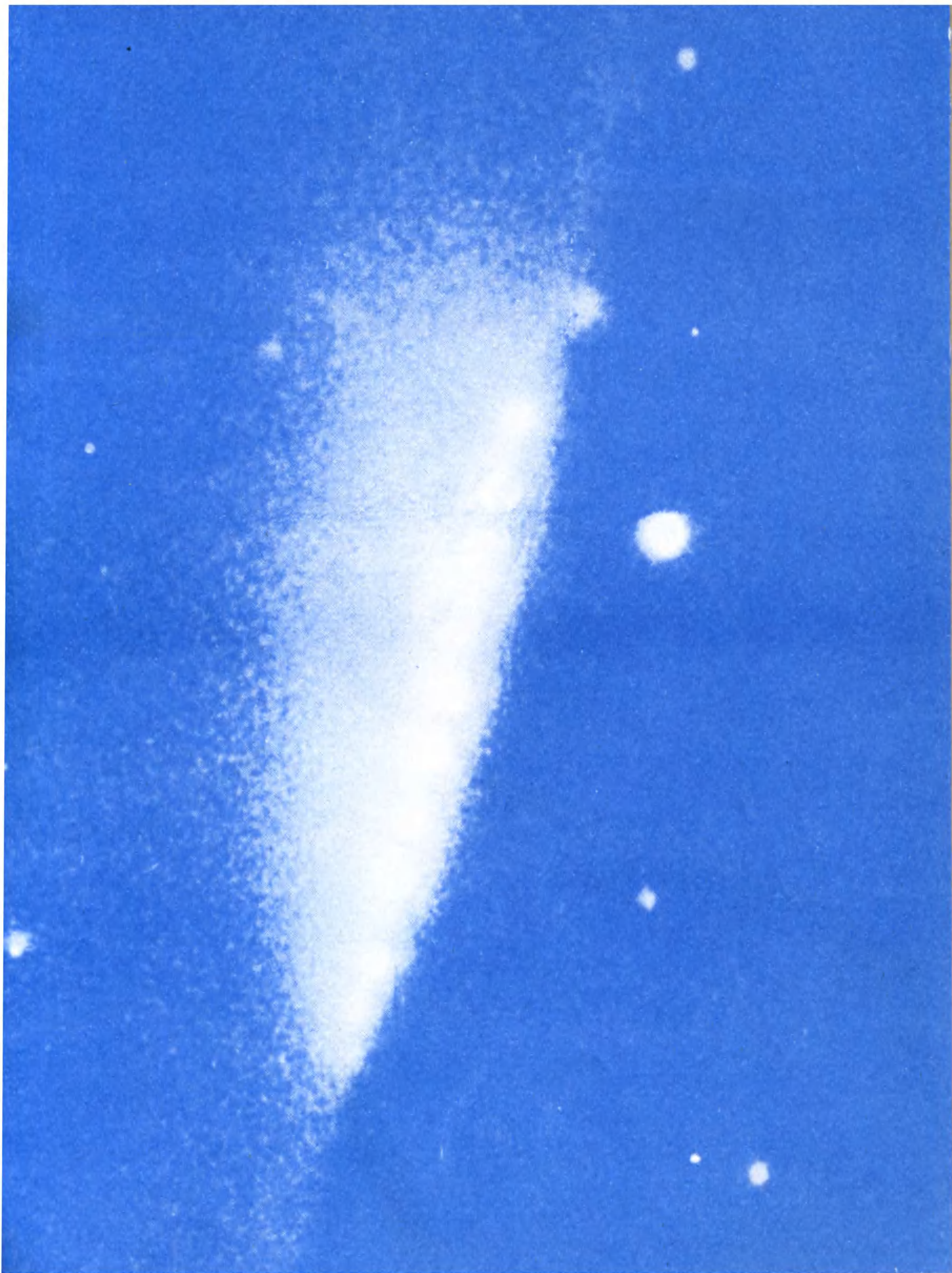
2/94

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
Издательство «Наука», Москва



ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

В НОМЕРЕ:

Новости науки и другая информация: Новые книги (11); Надежда найти десятую планету угасает (20); Новый таинственный объект (20); «Гранат» и исследование космической радиации (30); Проект «Кассини»: новый этап (33); Рентгеновское излучение от двойного пульсара (41); Извержение вулкана привело к похолоданию (57); Вулканы не виноваты (65); Последствия гигантского извержения (65); Солнце в октябре — ноябре 1993 года (80); Комета Шумейкера — Леви 9: данные уточняются (85); Озон и холод (85); Фотографируют любители астрономии (86); Галактики с «края света», Новая Лебедя и загадочное «сердце» М31 (88); Можно ли наблюдать одиночные нейтронные звезды? (105); Вулкан Ундзен на острове Кюсю (III); Озеро предсказывает извержение вулкана (112); Только ли астероид виновен? (112)

- 3 ЧЕРЕПАЩУК А. М. Звезды Вольфа-Райе и рентгеновские двойные
12 ПАНФЕРОВ А. А., ПОПОВ С. Б. Звездные струи
21 КУЛЕШОВА Н. Г., ЦЕРЕНИН И. Д., ШЕЙХЕТ А. И. Орбитальная астрофизическая обсерватория «Гранат»: проблемы управления

ЛЮДИ НАУКИ

- 34 ЕРЕМЕЕВА А. И. А. И. Лексель — родоначальник теоретической кометной астрономии в России

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 42 МАРКИН В. А. Для спасения лесов России

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 44 ЛЕВИТАН Е. П. Система факультативов по астрономии и космонавтике

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 50 ЯСАМАНОВ Н. А. Биосферные катастрофы на галактической орбите Земли
58 ПОРТНОВ А. М. Алмазы — «след» протопланетного облака

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ

- 66 СЕЛЬЯНОВ А. Д. Май — июнь 1994 г.

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 70 ОСТАПЕНКО А. Ю. Звездный парец: май — июнь
75 БРЮХАНОВ И. С. Фотопатрулирование Луны
78 АРСЮХИН Е. Загадки лунного серпа
81 ТИТОМИРОВ Б. Б. Комета Темпеля-1
81 ЩИВЬЕВ В. И. R Северной короны

ПРОТИВ АНТИНАУЧНЫХ СЕНСАЦИЙ

- 90 СИЛКИН Б. И. «Космическое жульничество» разоблачено

ЛЕГЕНДЫ О ЗВЕЗДНОМ НЕБЕ

- 93 НЕЯЧЕНКО И. И. Эридан

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 94 КОЗЕНКО А. В., ПОТАПОВ В. Н. Атлас планет земной группы и их спутников

В ПОМОЩЬ ЛЕКТОРУ

- 97 УМАНСКИЙ С. П. Отечественные ракеты-носители

ФАНТАСТИКА

- 106 ВЕЙЦМАН Э. В. Вселенная I РЦ

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 1-й стр. обложки: Модель рентгеновской двойной системы Лебедь X-3 (к ст. А. М. Черепашука)
- На 2-й стр. обложки: Один из первых снимков кометы Шумейкеров-Леви 9 (1993e), сделанный Дж. Скотти с 2,3-метровым рефлектором обсерватории Китт-Пит в Аризоне.
- На 3-й стр. обложки: Снимки, сделанные любителями астрономии. Вверху: Восточная часть туманности «Циррус» (NGC 6992-95) в созвездии Лебедя. Фото Л. Л. Сикорука. Обсерватория Горн под Новосибирском, 150-мм рефлектор Ньютона (1 : 6,4). Пленка А-500, выдержка 40 мин
- Внизу: Шаровое скопление М 13. Снимок московских любителей астрономии А. Остапенко и Д. Макопкина на 20-см (1 : 15) рефракторе АВР-1. Пленка Н-100, обработанная водородом; выдержка 40 мин
- На 4-й стр. обложки: Туманность «Калифорния» (NGC 1499) в созвездии Персея. Снимок американского любителя астрономии Дж. Глизон (Калифорния), 20-см (1 : 1,5) камера Шмидта. Выдержка 45 мин, применялся плотный красный фильтр; пленка Kodak 2415 (обработанная водородом)
- 3 CHEREPASHCHUK A. M. The Wolf-Rayet stars and the X-rays double stars
- 12 PANFEROV A. A., POPOV S. B. The stellar streams
- 21 KULESHOVA N. G., TSERENIN I. D., SHEIKHET A. I. The orbital astrophysical observatory «Granat»: problems of control
- PEOPLE OF SCIENCE**
- 34 YEREMEEVA A. I. A. I. Lexell — the founder of the comet astronomy in Russia
- SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES**
- 42 MARKIN V. A. For salving Russian forests
- ASTRONOMICAL EDUCATION**
- 44 LEVITAN E. P. A system of facultatives on astronomy and cosmonautics
- HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS**
- 50 YASAMANOV N. A. Biospheric catastrophes on the galactic orbit of the Earth
- 58 PORTNOV A. M. The diamants — a «trace» of the protoplanetary cloud
- SKY CALENDAR**
- 66 SELIANOV A. D. May — June, 1994
- AMATEUR ASTRONOMY**
- 70 OSTAPENKO A. Yu. The stellar box: May — June
- 75 BRYUKHANOV I. S. Photopatrolling the Moon
- 78 ARSYUKHIN E. The puzzles of lunar cusp
- 81 TITOMIROV B. B. Tempel Comet-1
- 81 SCHIVIEV V. I. R Northern Crown
- AGAINST THE ANTISCIENTIFIC SENSATIONS**
- 90 SILKIN B. I. «The cosmical swindling» is exposed
- LEGENDA ABOUT THE STELLAR SKY**
- 93 NEYACHENKO I. I. Eridanus
- THE BOOKS ABOUT THE EARTH AND THE SKY**
- 94 KOZENKO A. V., POTAPOV V. N. The Atlas of the terrestrial planets and their satellites
- HELPING TO A LECTURER**
- 97 UMANSKIY S. P. Native satellite-launching rockets
- PHANTASTICS**
- 106 VEITSMAN E. V. The Universe I RZ

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, чл.-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

Звезды Вольфа-Райе и рентгеновские двойные

А. М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Недавнее открытие звезды Вольфа-Райе (WR) в рентгеновской двойной системе Лебедь X-3, сделанное Ван Керквиком с сотрудниками, подтверждает представления об эволю-



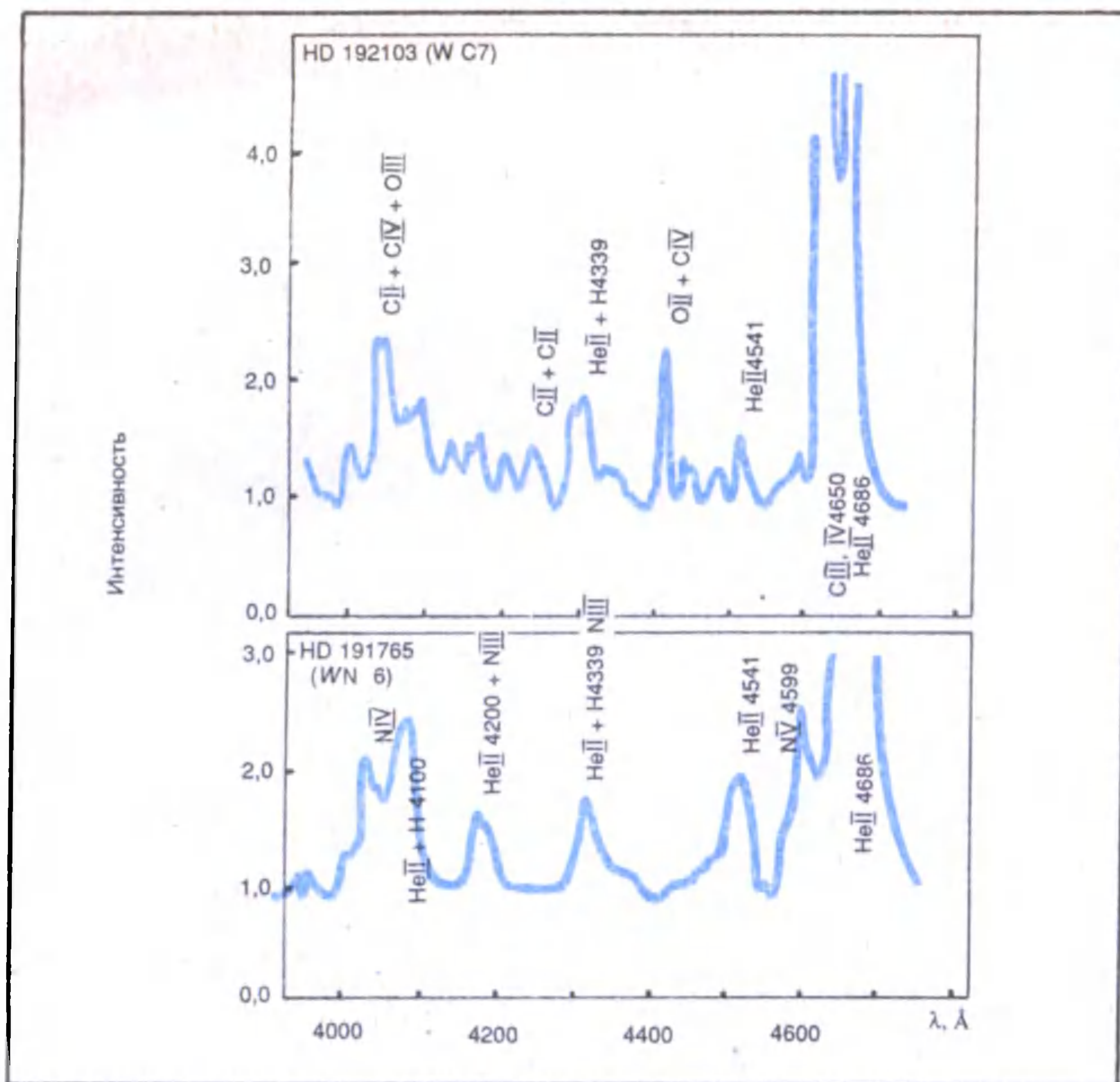
ции тесных двойных систем и доказывает, что звезды WR гелиевые и находятся на поздней стадии эволюции. Такой вывод был сделан автором статьи еще в 70-х гг.

К настоящему времени открыты тысячи рентгеновских двойных систем. Оптические компоненты в таких системах обычно звезды спектральных классов (O — M) нормального (солнечного) химического состава. Оптическая звезда в рентгеновской двойной — «донор», поставляющий вещество на соседний релятивистский объект — нейтронную звезду или черную дыру. Аккреция этого вещества на релятивистский объект приводит к формированию мощ-

ного рентгеновского источника. Теория аккреции вещества на релятивистские объекты в двойных системах развита в пионерских работах Я. Б. Зельдовича и его учеников: И. Д. Новикова, Н. И. Шакуры, Р. А. Сюняева.

По современным представлениям, оптическими компаньонами рентгеновских двойных систем могут быть также звезды Вольфа-Райе (WR), имеющие аномальный химический состав. Астрономы давно искали

звезды WR в составе рентгеновских двойных систем, но пока безуспешно. И вот, в 1992 г. поступило волнующее сообщение: голландский астроном Ван Керквик с сотрудниками открыл звезду WR в составе хорошо известной рентгеновской двойной системы Лебедь X-3. Это открытие имеет фундаментальное значение как для проверки наших представлений об эволюции массивных тесных двойных систем, так и для понимания природы звезд WR.



Оптические спектры двух звезд Вольфа-Райе: HD 191765 (WN6) и HD 192103 (WC7). Указаны линии излучения различных химических элементов

СВОЙСТВА ЗВЕЗД ВОЛЬФА-РАЙЕ

Звезды WR первого типа населения открыты в 1867 г. французскими учеными М. Вольфом и Дж. Райе. Сейчас известно около 200 звезд WR в нашей Галактике и примерно столько же суммарно в других ближайших к нам галактиках. Это звезды с очень яркими и широкими линиями излучения гелия (HeI, HeII), а также азота, углерода и кислорода в разных стадиях ионизации (NIII—V, CIII—IV, OIII—VI). Ширины эмиссионных линий достигают нескольких десятков ангстрем, а центральные интенсивности линий иногда в 10—20 раз превосходят интенсивность со-

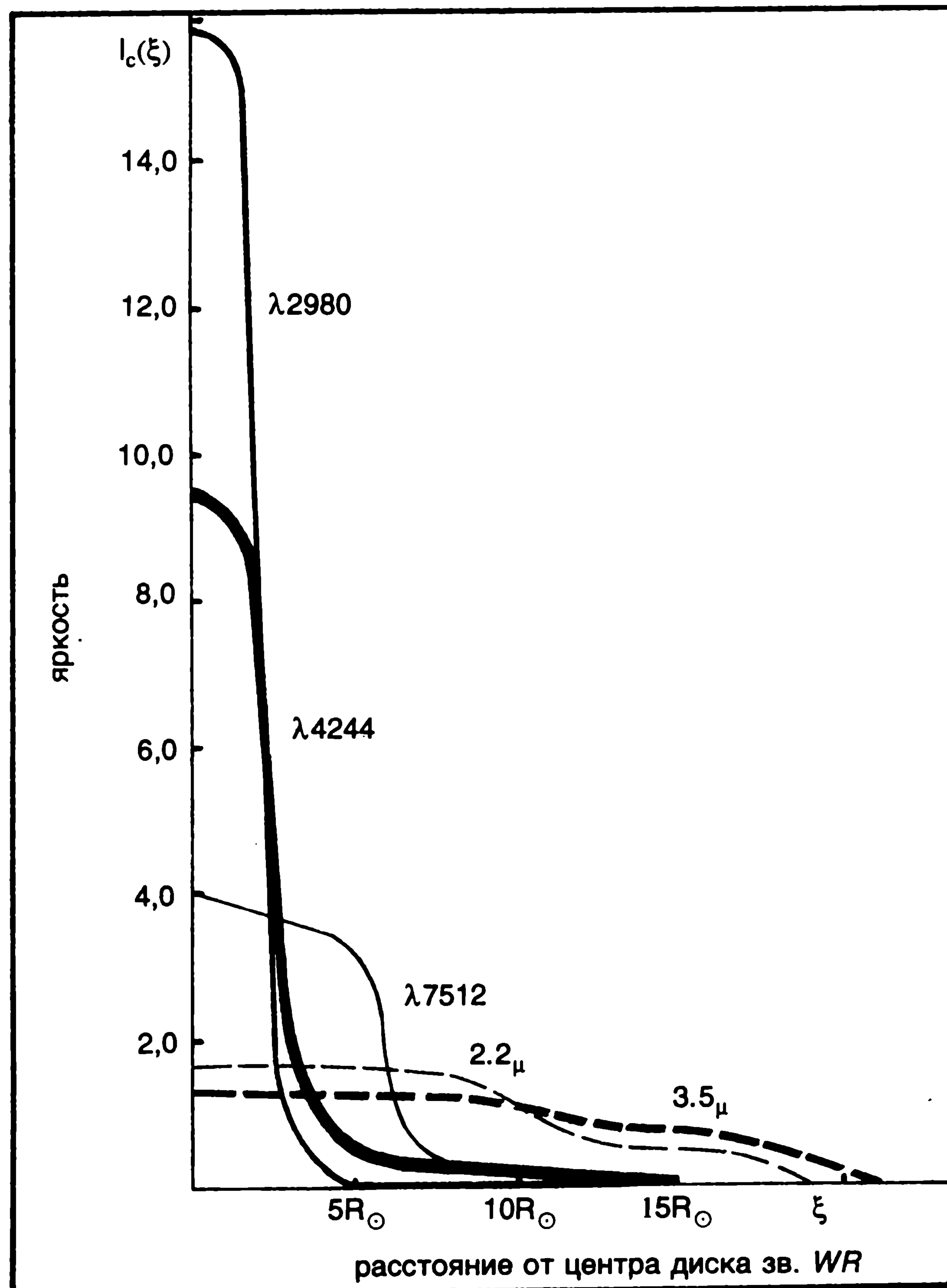
седнею непрерывного спектра. Наряду с этим, в спектрах звезд WR поражает одновременное сосуществование линий с очень разными потенциалами возбуждения и ионизации (10—100 эВ), что говорит о сильной температурной стратификации протяженных атмосфер данных звезд. Звезды WR делятся на две последовательности: азотную (WN) и углеродную (WC). В спектрах звезд WN в основном содержатся линии азота, а в спектрах звезд WC — линии углерода и кислорода. И в звездах WN, и в звездах WC присутствуют линии гелия и водорода, однако линии водорода весьма слабы, и оценки относительного содержания He/H неизменно приводят к выводу, что число атомов водорода в оболочках звезд WR в несколько раз меньше, чем атомов гелия. Этим звезды WR радикально отличаются от обычных звезд солнечного типа.

Звезды WR обладают сильной концентрацией к плоскости Галактики, часто проецируются на молодые рассеянные звездные скопления и OB-ассоциации и, следовательно, — абсолютно молодые объекты. Многочисленные факты говорят, что это горячие массивные звезды высокой светимости ($T \approx 10^5$ К, $m = 10 + 50 M_{\odot}$, $L = 10^5 - 10^6 L_{\odot}$), оболочки которых истекают со скоростями в $1000 + 2000$ км/с и темпом потери массы $\dot{M} \approx 10^{-5} M_{\odot}/\text{год}$.

Анализ наблюдательных данных, в особенности, данных о затменных двойных системах WR + OB, показывает, что звезды WR — гелиевые остатки первоначально очень массивных ($m \geq 30 M_{\odot}$) звезд, потерявших значительную часть (до 60—70%) своей массы в процессе эволюции либо из-за истечения вещества в виде звездного ветра, либо в результате обмена веществом в тесных двойных системах. Поэтому звезды WR, являясь объектами абсолютно молодыми, находятся, по-видимому, на конечном этапе своей эволюции после главной последовательности: на стадии исчерпания запасов ядерной энергии, после которой должен последовать коллапс звезды с образованием релятивистского объекта. Как возможные прародители нейтронных звезд и черных дыр, звезды WR интересуют многих исследователей. Однако до настоящего времени проблема звезд WR была далека от окончательного решения.

Наряду с описанной выше концепцией эволюции звезд WR до настоящего времени существовало много вариантов для объяснения явления WR. От гипотезы, в которой звезда WR считается молодым объектом, находящимся на стадии гравитационного сжатия перед главной последовательностью (выдвинута в 60-х гг. Дж. Сахаде и А. Андерхилл), до модели, предложенной Н. И. Шакурой и Р. А. Сюняевым в 1972 г., согласно которой явление WR в тесных двойных системах связано со сверхкритической аккрецией вещества на релятивистский объект. Неопределенность в интерпретации наблюдений звезд WR связана со сложностью их изучения. «Собственно звезда» WR, содержащая основную часть массы, погружена в протяженную радиально расширяющуюся атмосферу сравнительно высокой плотности ($n_e = 10^{10} + 10^{11} \text{ см}^{-3}$), но малой суммарной массы ($\sim 10^{-9}$ от массы звезды) и поэтому недоступна для непосредственных наблюдений. Все, что мы можем наблюдать — свойства протяженной атмосферы (оболочки) звезды WR, опосредованно отражающие свойства самой звезды WR.

В 70-х гг. автором статьи был развит новый метод интерпретации кривых блеска затменных двойных систем WR + OB с протяженными атмосферами, который позволил восстановить распределение яркости по дискам звезд WR в частотах непрерывного спектра и эмиссионных линий. Это дало возможность отде-

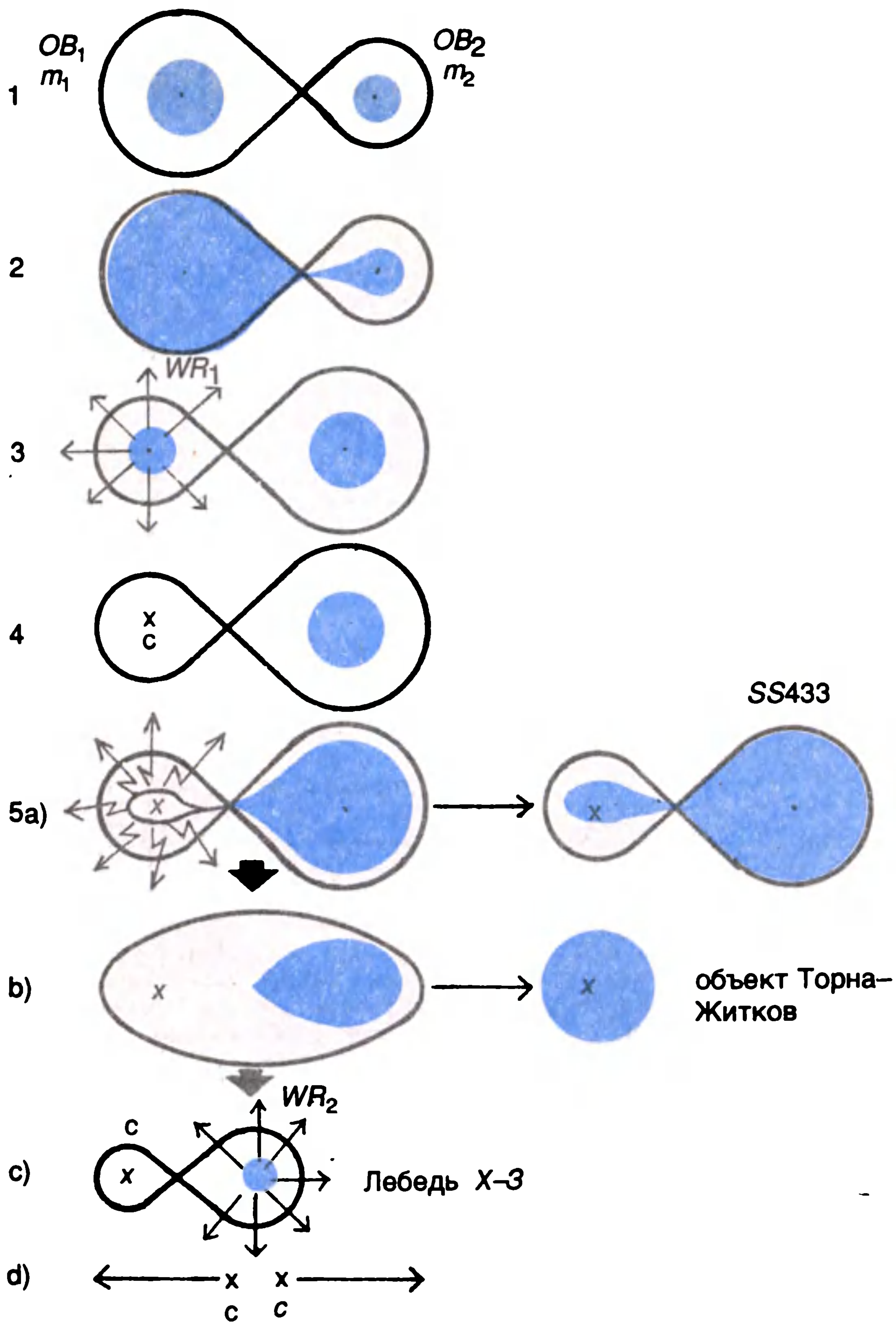


лечь излучение «собственно звезды» WR от излучения ее протяженной атмосферы и дать корректные определения радиусов и температур гидростатических «ядер» звезд WR, содержащих основную часть массы. Оказалось, что хотя полный радиус протяженной атмосферы звезды WR составляет $\sim 20 R_{\odot}$, радиус гидростатического «тела» звезды WR менее $3R_{\odot}$, а его температура порядка 10^5 K , что хорошо согласуется с моделью звезды WR как гелиевого остатка первоначально массивной звезды, находящегося на поздней стадии эволюции. Это так-

же свидетельствует о том, что спектральные аномалии звезды WR связаны не с аномалиями условий возбуждения атомов, а отра-

Распределения яркости по диску звезды WN5 в затменной двойной системе V 444 Лебеда. Видно, что хотя полный радиус протяженной атмосферы звезды WN5 составляет около $20 R_{\odot}$, радиус гидростатического тела («ядра») этой звезды (соответствующего пику интенсивности) менее $3 R_{\odot}$, а его температура составляет $\sim 10^5 \text{ K}$. Результаты получены автором статьи совместно с Х. Ф. Халиуллиным и Дж. Итоном (США) в 1979 г.

же свидетельствует о том, что спектральные аномалии звезды WR связаны не с аномалиями условий возбуждения атомов, а отра-



Возможный сценарий эволюции массивной тесной двойной системы: 1 — разделенная тесная двойная из двух массивных нормальных OB-звезд ($m_1 > m_2$); 2 — первичный обмен масс в системе; 3 — система $WR_1 + OB$; 4 — стадия двойной системы $C + OB$, содержащей релятивистский объект, но без аккреции и рентгеновского излучения; 5 — а) рентгеновская двойная система с аккреционным диском вокруг релятивистского объекта; б) эволюция с общей оболочкой приводит либо к формированию объекта Торна-Житков, либо (с) к двойной системе типа Лебедь X-3 — системе $WR_2 + C$, д) стадия двух релятивистских объектов

жают реальные аномалии химического состава звезды WR, вызванные происходящими в недрах родительской массивной звезды термоядерными реакциями.

ПОЧЕМУ ВАЖНО ИСКАТЬ ЗВЕЗДЫ WR В СОСТАВЕ РЕНТГЕНОВСКИХ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ

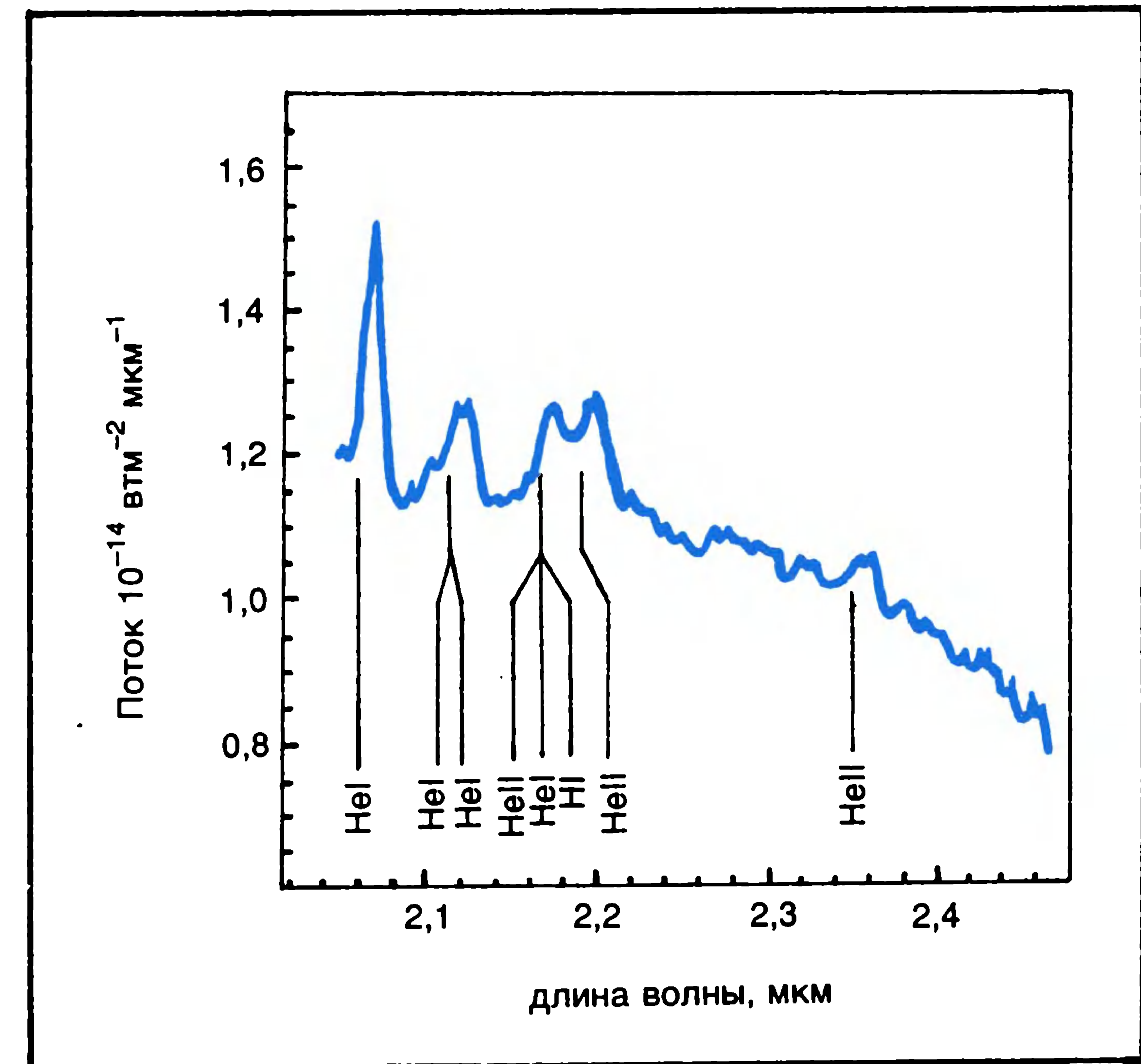
Решающим аргументом в пользу модели звезды WR как гелиевого остатка массивной звезды было бы об-

наружение звезд WR в рентгеновских двойных системах с релятивистскими объектами. Согласно теории эволюции массивных тесных двойных систем, развитой в 70-х гг. в пионерских работах Б. Пачинского, Е. Ван Ден Хейвела, А. В. Тутукова, Л. Р. Юнгельсона, стадия звезды WR в тесной двойной системе может существовать дважды. После стадии первичного обмена масс в системе (и тогда формируется система $(WR + OB)$, содержащая массивную звезду спектрального класса O или B в паре со звездой WR) и после вторичного обмена масс, когда вторая звезда OB истекает на релятивистский объект, сформированный после взрыва и коллапса первой звезды WR в системе (в этом случае образуется система $(WR + C)$, содержащая звезду WR «второго поколения» и релятивистский объект). Двойные системы $(WR + OB)$ хорошо известны — их примерно половина из всех изученных звезд WR. Поиск же двойных систем $(WR + C)$ затянулся почти на два десятилетия. Правда, несколько групп, в том числе в отделе звездной астрофизики ГАИШ (А. А. Асланов, И. И. Антохин и автор настоящей статьи) обнаружили слабые периодические и квазипериодические изменения блеска ($\sim 0,04^m$) и лучевых скоростей ($\sim 10-30$ км/с) примерно у двух десятков «одиночных» звезд WR без видимых следов спутников OB. Многие из указанных «одиночных» звезд WR окружены кольцевыми туманностями (которые могли образоваться во время стадии вторичного

обмена масс в системе) и имеют большие высоты над галактической плоскостью, что может быть вызвано их значительными пространственными скоростями, полученными двойными системами в результате взрыва первой звезды WR. Это дает основания рассматривать такие «одиночные» звезды WR как кандидаты в (WR + C) системы. Однако наблюдения с борта рентгеновской обсерватории «Эйнштейн» не показали у них значительного рентгеновского излучения, а это — аргумент против утверждения, что звезды WR содержат релятивистские спутники.

ОТКРЫТИЕ ВАН КЕРКВИКА

И вот, в 1992 г. группой Ван Керквика открыта первая звезда WR в составе рентгеновской двойной системы Лебедь X-3. Почему же у столь хорошо известной (с 1972 г.) и даже знаменитой своей активностью и мощными радиовспышками рентгеновской двойной системы так долго не удавалось исследовать спектр оптического компаньона? Потому что система Лебедь X-3 лежит почти в плоскости Галактики, расстояние до нее около 10 кпк, и свет оптической компоненты претерпевает сильнейшее межзвездное поглощение (полное поглощение в видимых лучах $A_v \approx 15^m$), так что видимая звездная величина оптической звезды слабее 23^m . Лишь в инфракрасном диапазоне на длинах волн 2 + 2,4 мк оптическая звезда достаточно ярка (инфракрасная звезд-

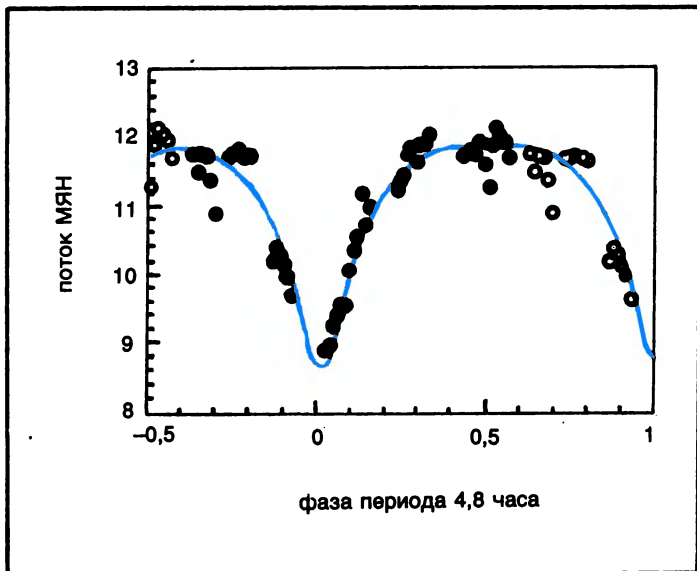


ная величина $K \approx 12^m$), чтобы можно было изучить переменность ее блеска и попытаться снять спектр. Это и было сделано летом 1991 г. группой Ван Керквика с использованием новейшей ПСЗ-матрицы, чувствительной к инфракрасным лучам, и 3,8-метрового английского инфракрасного телескопа на Гавайях. Для получения спектра Лебедь X-3 в ближнем ИК-диапазоне 7200—10400 Å использовался также 4,2-метровый телескоп Вильяма Гершеля обсерватории Ла Пальма (Испания).

Оказалось, что спектр оптической звезды в системе Лебедь X-3 совсем не содержит линий водорода, а изобилует мощными и широкими линиями излучения нейтрального и ионизованного гелия, что характерно для звезд WR. Сложный эмиссионный линейчатый спектр не остав-

Спектр системы Лебедь X-3 в инфракрасном диапазоне, полученный Ван Керквиком с сотрудниками. Видны сильные и широкие линии излучения гелия (He I, He II), характерные для звезды WR спектрального класса WN7

ляет сомнения в том, что оптическая звезда в системе Лебедь X-3 — звезда WR спектрального класса WN7. Оставалась, однако, возможность того, что эта звезда WR случайно проецируется на систему Лебедь X-3 и не связана с нею физически. Сомнения на этот счет окончательно отпали после того, как Ван Керквик осенью 1993 г. опубликовал вторую статью, посвященную исследованию доплеровских смещений линий в спектре оптической компоненты системы Лебедь X-3. Сравнение восьми спектрограмм оптической компоненты, полученных в



Инфракрасная кривая блеска системы Лебедь X-3 с периодом 4,8 ч. Сплошной линией показана теоретическая кривая, вычисленная Ван Керквиком

разные моменты времени, показало, что мощные эмиссионные линии HeI, HeII испытывают доплеровские смещения в спектре амплитудой около 500 км/с, коррелирующие с орбитальным периодом 4,8 ч, определенным ранее по рентгеновским и инфракрасным фотометрическим наблюдениям. Это доказывает, что звезда WN7 в системе Лебедь X-3 физически связана с рентгеновским источником. Правда, большая амплитуда изменения лучевых скоростей звезды WN7 (500 км/с) связана, в основном, не с орбитальным движением звезды, а с высокой скоростью радиального истечения вещества в протяженной атмосфере звезды WN7 и неоднородной ионизацией

этой атмосферы мощным рентгеновским излучением аккрецирующего релятивистского объекта. Поэтому полученная Ван Керквиком кривая лучевых скоростей для звезды WN7 не может быть использована для определения масс компонент. Тем не менее генетическая связь звезды WN7 и рентгеновского источника Лебедь X-3 не вызывает сомнения.

Открытие Ван Керквика трудно переоценить. Оно подтверждает современный сценарий эволюции массивных тесных двойных систем. Кроме того, параметры системы Лебедь X-3 позволяют наложить сильные ограничения как на характер переноса масс в двойной системе, так и на параметры звезды WN7.

СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ЛЕБЕДЬ X-3

Рентгеновская двойная система Лебедь X-3 хорошо известна своей необычайно

сильной активностью. Она была открыта в 1972 г. группой астрономов, руководимой Р. Джаккони, с помощью рентгеновского спутника «Ухуру». Это гамма-, рентгеновский, оптический, инфракрасный и радиоисточник. Рентгеновский источник сильно переменен, с необычно жестким спектром и в диапазоне 1—60 кэВ имеет высокую светимость $L_x \approx 10^{38}$ эрг/с. Светимость в γ -диапазоне также очень велика ($2 \cdot 10^{37}$ эрг/с), т. е. объект — один из ярчайших компактных γ -источников неба. Кроме того, это мощный и сильно переменный радиоисточник. В спокойном состоянии радиопоток от системы Лебедь X-3 составляет сотые доли Ян, тогда как во время мощных вспышек радиопоток возрастает до 20 Ян. В радиодиапазоне Лебедь X-3 демонстрирует коллимированные выбросы вещества (джеты) с релятивистскими скоростями $\sim 0,35$ скорости света и в этом отношении подобен знаменитому объекту SS 433. В системе Лебедь X-3 не найдены следы ни радио-, ни рентгеновского пульсара. Наблюдаются лишь случайные флуктуации рентгеновского потока с характерными временами $\sim 0,1$ —1 с и амплитудой $\sim 10\%$.

Важнейшая особенность объекта Лебедь X-3 — очень короткий орбитальный период 4,8 ч. С этим периодом регулярно меняется рентгеновская, оптическая и инфракрасная светимость системы Лебедь X-3. Кривая блеска в ИК-диапазоне представляет собой одну волну за ор-

битальный период амплитудой 30%, что характерно для «эффекта отражения» — прогрева оптической звезды рентгеновским излучением компактного объекта (Земля и Вселенная, 1991, № 5, с. 12.— *Ред.*).

Как показал Ван Керквик, ИК-кривая блеска системы Лебедь X-3 может быть описана в модели, когда мощный рентгеновский источник ионизует часть протяженной атмосферы звезды WN7, а орбитальное движение этой звезды приводит к тому, что земной наблюдатель видит то сильно, то слабо ионизованную часть протяженной атмосферы, что и приводит к переменности ИК-потока от системы.

СВОЙСТВА ЗВЕЗДЫ WN7 В СИСТЕМЕ ЛЕБЕДЬ X-3

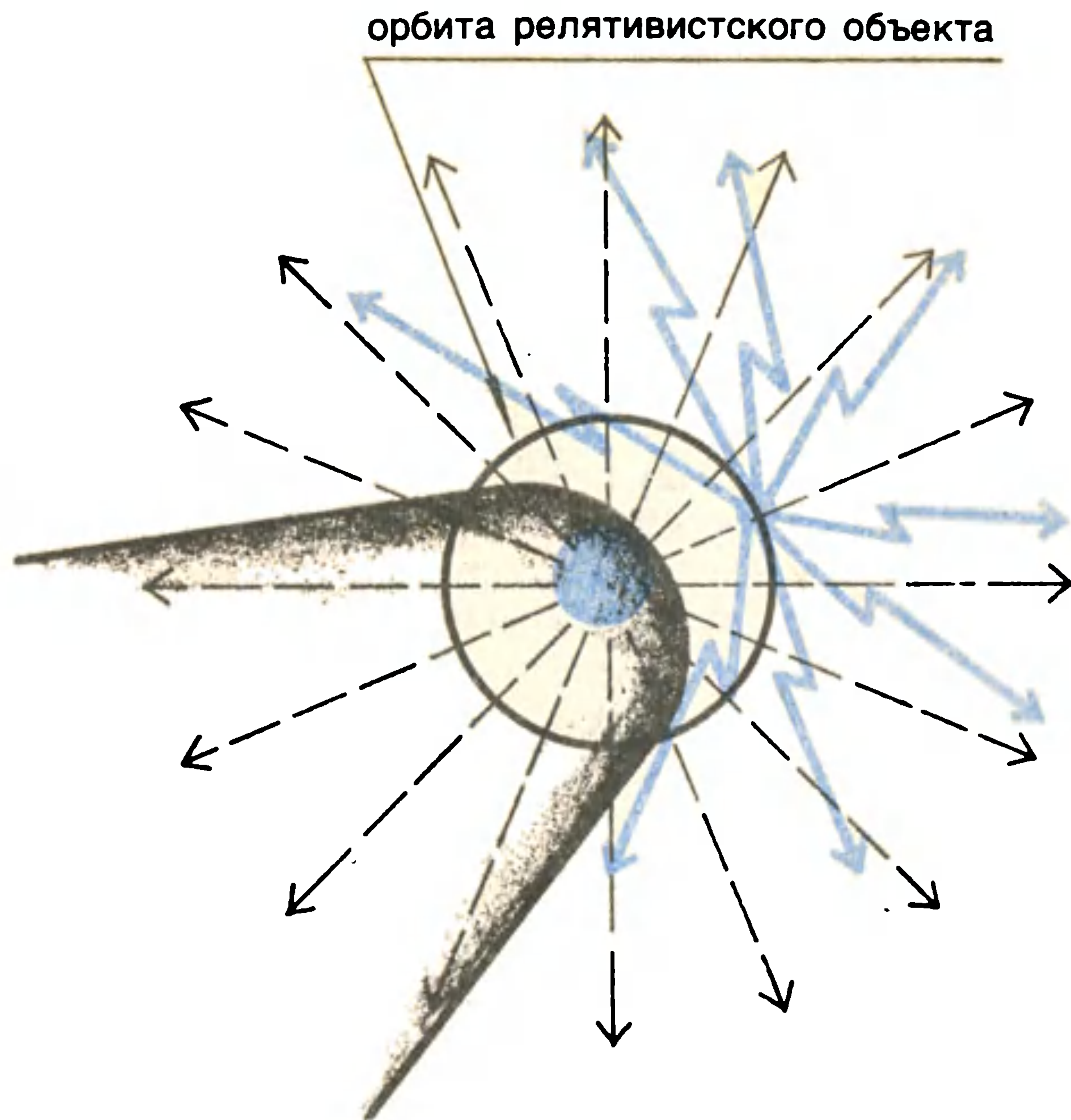
Орбитальный период системы Лебедь X-3 медленно удлиняется на величину $\frac{P}{P} = 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, что связано с тем, что звезда WN7 радиально истекает и теряет вещество. По скорости увеличения периода получается очень надежная (динамическая) оценка темпа потери массы звездой WN7: $\frac{\dot{M}}{M} \approx \frac{P}{2P} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$, где $M = m_x + m_y$ — суммарная масса системы. Для $m_x = 1,4 M_\odot$ (нейтронная звезда) и $m_y = 10 M_\odot$ имеем $M_{WR} = 0,9 \cdot 10^{-5} M_\odot / \text{год}$. Подобный же эффект увеличения орбитального периода затменной двойной WR + OB системы V 444 Cyg, связанный с радиальной потерей массы звездой

WR, был открыт Х. Ф. Халиуллиным в 1974 г. Соответствующая динамическая оценка темпа потери массы звездой WN5 в системе V 444 Cyg составляет $(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-5} M_\odot / \text{год}$

и прекрасно согласуется с величиной \dot{M} , найденной для звезды WN7 в системе Лебедь X-3. Величина $\dot{M} = 10^{-5} M_\odot / \text{год}$ типична для звезд WR.

Свойства звезды WN7 можно оценить, исходя из очень короткого орбитального периода системы Лебедь X-3.

Третий закон Кеплера связывает большую полуось относительной орбиты a (если орбита системы круговая, это просто радиус орбиты), период двойной системы P и сумму масс компонент $m_x + m_y$ (m_x — масса релятивистского объекта, m_y — масса оптической звезды): $\frac{a^3}{P^2} = \frac{G}{4\pi^2}(m_x + m_y)$, где G — постоянная тяготения.



Модель системы Лебедь X-3. Мощное рентгеновское излучение аккрецирующего релятивистского объекта ионизует часть протяженной атмосферы звезды WN7. Гидростатическое «ядро» звезды WN7 экранирует часть рентгеновского излучения, что приводит к образованию «тени» в протяженной атмосфере. Радиус «ядра» звезды WN7 меньше радиуса орбиты двойной системы

Из этого следует, что радиус относительной орбиты a весьма слабо (как корень кубический) зависит от суммарной массы системы:

$$a = P^{2/3} \left(\frac{G}{4\pi^2} \right)^{1/3} (m_x + m_y)^{1/3}.$$

Взяв типичную массу звезды WR равной $m_y = 10 M_\odot$, а массу релятивистского объекта $m_x = 1,4 M_\odot$ (характерную для нейтронной звезды), получаем для системы

Лебедь X-3 $a \approx 3,2R_{\odot}$. Среди звезд WN7 встречаются массивные звезды с массой до $50 M_{\odot}$. Взяв $m_v = 50 M_{\odot}$, а $m_x = 10 M_{\odot}$ (характерную для черной дыры), получаем $a = 5,6 R_{\odot}$.

Поскольку мы видим рентгеновское излучение аккрецирующего релятивистского объекта, это означает, что он движется выше уровня фотосферы звезды WN7. Следовательно, мы непосредственно получаем жесткие и модельно независимые ограничения на радиус r_{WR} гидростатического тела («ядра») звезды WN7, который должен быть заведомо меньше, чем радиус орбиты a : $r_{WR} < 3,2 R_{\odot}$, для $m_{WR} = 10 M_{\odot}$ и $r_{WR} < 5,6 R_{\odot}$ для $m_{WR} = 50 M_{\odot}$. Таким образом, звезда WN7 в системе Лебедь X-3 имеет чрезвычайно малый радиус для своей массы, что как раз и характерно для гелиевых звезд. Напомним, что звезда нормального химического состава при массе $10 M_{\odot}$ обладает радиусом не менее $8 R_{\odot}$, а при массе $50 M_{\odot}$ — не менее $30 R_{\odot}$. Малое значение радиуса звезды WN7 в системе Лебедь X-3 прекрасно согласуется с нашими определениями радиусов «ядер» звезд WR ($r_{WR} < 3 R_{\odot}$ при $m_{WR} = 10 M_{\odot}$), полученными в 70-х гг. из анализа затмений в двойных WR + OB системах, в частности, в системе V 444 Лебеда.

Взяв видимую и инфракрасную звездную величину системы Лебедь X-3, учитывая полное межзвездное поглощение $A_V = 15^m$ и расстояние до системы ~ 10

кпк, а также приняв болометрическую поправку $-4m$, характерную для горячих массивных звезд, получаем полную болометрическую светимость звезды WN7 $L_b \approx 3 \cdot 10^{39}$ эрг/с. Тогда из закона Стефана—Больцмана

$$\sigma T_{\text{эф}}^4 \pi r_{WR}^2 = L_b$$

находим ограничение снизу для эффективной температуры звезды WN7:

$$T_{\text{эф}} > 90000 \text{ K} \quad \text{для } m_{WR} = 10 M_{\odot}$$

и

$$T_{\text{эф}} > 70000 \text{ K} \quad \text{для } m_{WR} = 50 M_{\odot}.$$

Эти значения $T_{\text{эф}}$ характерны для гелиевых звезд и хорошо согласуются с нашими ранними определениями эффективных температур звезд WR, выполненными из анализа затмений в (WR + OB) системах. Малая величина периода системы Лебедь X-3 ($p = 4,8$ ч) свидетельствует о том, что вторичный обмен масс в двойной системе происходил в режиме с общей оболочкой, а не с образованием сверхкритического аккреционного диска вокруг релятивистского объекта, как это имеет место в случае объекта SS 433. Динамическое трение релятивистского объекта в общей оболочке двойной системы приводит к сильной потере углового момента. Поэтому результирующая рентгеновская (WR + C) двойная система должна иметь короткий орбитальный период. В случае эволюции с общей оболочкой возможно даже падение релятивистского объекта по спирали в центр оптической звезды и фор-

мирование объекта Торна-Житков: оптической звезды с релятивистским объектом в центре, аккрецирующим звездное вещество. Тот факт, что система Лебедь X-3 обладает очень коротким орбитальным периодом, близким к предельному, указывает, что в природе может существовать значительное число объектов Торна-Житков, которые могли сформироваться из массивных тесных двойных систем с меньшим начальным угловым моментом, чем система, из которой образовалась рентгеновская двойная Лебедь X-3. Наблюдаемые свойства объектов Торна-Житков предсказываются теорией неоднозначно. Можно предполагать, что объекты Торна-Житков скрываются и среди некоторых из упомянутых выше «одиночных» звезд WR, имеющих большие высоты над галактической плоскостью и обладающих повышенной активностью, в частности, квазипериодической спектральной и фотометрической микропеременностью. Так ли это, покажут дальнейшие исследования.

Новые и неожиданные возможности, предоставленные рентгеновской двойной системой Лебедь X-3, позволили подтвердить правильность наших представлений об эволюции массивных тесных двойных систем, а также доказать, что звезда WN7 в этой системе — гелиевая звезда на поздней стадии эволюции. Вывод находится в полном согласии с нашими ранними результатами. Концепция явления WR как следствия ионизации и возбуждения вещества протяженной расширяю-

щейся атмосферы коротковолновым излучением горячего «ядра» последовательно разрабатывалась в работах В. А. Амбарцумяна, В. В. Соболева, В. Г. Горбачко, И. Н. Минина, С. В. Рублева, Т. Нугиса, а также зарубежными учеными — Билсом (Канада), Кастором и Кассинелли (США), Хаммером и

Пулсом (Германия). Такая концепция наилучшим образом согласуется со всем комплексом наблюдательных данных. Здесь мы не касались очень интересных проблем, связанных с природой релятивистского объекта в системе Лебедь X-3 (нейтронная звезда, черная дыра), а также вопро-

сов, связанных со специфической особенностью процессов аккреции вещества на релятивистский объект из звездного ветра звезды WN7. Эти исследования должны дать ответ на вопрос, почему система Лебедь X-3 демонстрирует столь необычайно сильную активность во всех диапазонах спектра.

НОВЫЕ КНИГИ

Глобус Марса

В 1993 г. Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга выпустил брошюру В. В. Шевченко и Ж. Ф. Родионова «Глобус Марса — еще одна «планета» у вас на столе». Эта брошюра, подготовленная в качестве приложения к глобусу Марса, содержит немало современных данных о Красной Планете. Они изложены во «Введении» и в нескольких небольших параграфах («Марс — планета Солнечной системы», «Общие сведения о Марсе и его исследованиях», «Климат, полярные шапки и сезонные изменения на Марсе», «Описание рельефа плане-

ты», «Происхождение и эволюция Марса», «Есть ли жизнь на Марсе?», «Фобос и Деймос — «лунь» Марса»). Приложения включают перечни крупных образований рельефа Марса и кратеров диаметром более 100 км (с полезными пояснениями к каждому названию той или иной формы рельефа).

Новый глобус Марса «удобен при изучении планетарных структур, их форм и взаимосвязей, статическом анализе и других исследованиях». Глобус выполнен в масштабе 1 : 26 300 000 и позволяет наглядно ощутить глобальную асимметрию в распределении равнин и материков, разницу в относительных высотах потухших вулканов, а также характерные осо-

бенности в распределении кратеров и долин.

При создании глобуса Марса использовались данные съемок с космических аппаратов «Маринер-9», «Викинг-1, -2», и «Марс-4, -5», причем авторы применили оригинальную методику преобразования картографических материалов в глобусную проекцию.

Новый глобус Марса предназначен для научных и учебных целей. Он представляет особый интерес для коллективов, занимающихся вопросами астрономического и аэрокосмического образования.

«Новая парадигма»

Такой подзаголовок имеет выпущенная в 1993 г. фирмой НТ-Центр монография «Теория физического вакуума».

Автор монографии — заведующий лабораторией Международного института теоретической и прикладной физики Г. И. Шипов — во «Введении» к книге сообщает читателям, что начал заниматься теоретическими исследованиями в 1967 г., когда он заканчивал МГУ и «выполнял дипломную работу под руководством Л. В. Келдыша (ныне академика, директора Физического института РАН)». С третьего курса МГУ стал посещать семинары Д. Д. Иваненко и там впервые познакомился с программой единой теории поля, выдвинутой в начале нашего века Альбертом Эйнштейном. В 1969 г. по-

ступил в аспирантуру Университета дружбы народов им. П. Лумумбы, а в 1972 г. написал диссертацию «Общерелятивистская электродинамика с тензорным потенциалом» — геометризованный вариант электродинамики, уравнения поля которой напоминают уравнения Эйнштейна. Результатом последующих лет работы и стала предлагаемая вниманию читателей монография. В ней «введен общий принцип относительности, на основе которого получены уравнения физического вакуума», а также анализируются теоретические и экспериментальные следствия теории.

Первая часть книги — «Всеобщая относительность и теория физического вакуума» — содержит следующие главы: «Нерешенные проблемы современной теоретической физики», «Физические принципы и уравнения теории физического вакуума», «Соответствие

вакуумных уравнений фундаментальным физическим уравнениям», «Некоторые следствия теории физического вакуума», «Торсионные поля в психофизике» (включая параграфы о живой и неживой материи, а также о сознании).

Вторая часть книги — «Геометрия абсолютного параллелизма» — включает развитие математического аппарата теории физического вакуума.

Книга предназначена специалистам по теоретической физике, преподавателям, аспирантам, студентам и всем, кто интересуется современным естествознанием. По мнению автора, «найденные им уравнения («уравнения Шипова», «уравнения Шипова-Эйнштейна») относятся к числу фундаментальных уравнений физики», а «проблема создания единой теории поля получила свое решение в теории физического вакуума».

Звездные струи

А. А. ПАНФЕРОВ

Специальная астрофизическая обсерватория
РАН

С. Б. ПОПОВ

ГАИШ МГУ



Струи — узкие потоки вещества — сопровождают звезды в их эволюции как на стадии рождения, так и в конце жизни. Потоки наблюдаются в виде протяженных структур чрезвычайно разнообразной морфологии и связаны со звездами различных спектральных типов. Их исследования ведутся уже более 10 лет, но не дали единой теоретической модели, объясняющей весь диапазон проявлений феномена. Сложилась ситуация, когда большая часть наблюдательных фактов требует своей систематизации на основе более глубокого понимания природы звездных струй.



КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗДНЫХ СТРУЙ

Если говорить о наиболее эффектных открытиях астрономии, то их основная масса приходится на бурные 60-е годы:

открытия квазаров, радио- и рентгеновских источников, пульсаров, реликтового излучения. Это было связано с быстрым развитием приемников излучения. Последующие годы можно охарактеризо-

вать как накопление данных наблюдений, полученных на более высоком техническом уровне, без значительных потрясений наших знаний о Вселенной. И все же, не углубляясь в анализ, откры-

тия происходили и после 60-х годов. Примером могут служить звездные струи, о существовании которых ничего не знали до 1979 г., хотя их про-

внегалактические струи, существенно расширился за счет звездных струй. Струи — это вытянутые структуры, состоящие из газа, направленно

две большие категории: струи от нормальных звезд, находящихся на различных этапах эволюции, и струи от релятивистских объектов. Эти два типа существенно различаются по их потоку механической энергии и скорости. Первый тип представлен в основном струями от молодых звезд и протозвезд. Эти струи обладают меньшей энергией и скоростью. Они подразделяются в свою очередь на более медленные и плохо коллимированные холодные (20—30 К) молекулярные потоки (хотя известны примеры и высокоскоростных молекулярных потоков) и на оптические струи, т. е. видимые в оптике. Сейчас известно около 150 звездных струй. Их источники — звезды различных спектральных типов: протозвезды (у которых еще не начались реакции термоядерного синтеза), звезды до главной последовательности, красные гиганты, симбиотические звезды, звезды с планетарной туманностью, новые, катаклизмические переменные и пульсары. Наблюдения звездных струй осложнены их низкой светимостью. Лишь использование новейших методов наблюдений (спектроскопия с длинной щелью и др.), более чувствительной светоприемной аппаратуры (цифровые панорамные приемники и др.) и применение крупнейших телескопов, таких как 6-метровый телескоп БТА на Кавказе, радиотелескоп VLA, космиче-

Характерные значения основных параметров звездных струй

Тип струй	Раствор (°)	Длина (пк)	Скорость (км/с)	Поток кинетической энергии (L_{\odot})
Молекулярные потоки	10—60	0,1—1	10—100	10^{-3} — 10^3
Оптические струи	2—10	0,01—0,1	100—400	10^{-3} — 10^{-1}
Струи от симбиотических звезд	≈10	0,01—0,1	10^2 — 10^4	10^1 — 10^3
Релятивистские струи (SS433)	≈1	0.1	80000	10^6

явления в виде кометарных туманностей и объектов Хербига-Аро¹ (HН-объекты) наблюдали за долго до этого года, когда американский астроном Б. Маргон со своими коллегами увидели за необычными свойствами звездного объекта SS433 проявление релятивистских струй (Земля и Вселенная, 1986, № 1, с. 21.— Ред.). Скорость движения вещества в этих струях составляла 0,26 скорости света. Ничего подобного до тех пор не было известно. Вскоре стало ясно, что узконаправленные потоки вещества существуют и у многих других звездных объектов. Таким образом класс объектов типа «астрофизические струи», охватывающий ранее только

движущегося от центрального источника (звезды или ядра активной галактики). Такие структуры с раствором в пределах нескольких десятков градусов обычно называют просто потоками, подчеркивая факт меньшей коллимации, чем у струй, у которых раствор меньше 10° . Струи и потоки наблюдаются в чрезвычайно широком интервале масштабов и динамических характеристик. С одной стороны, это внегалактические струи протяженностью до нескольких сот килопарсек со светимостью до $10^{12} L_{\odot}$ и релятивистскими скоростями; с другой — струи молодых звезд со значениями этих параметров 1 пк, $0,1 L_{\odot}$ и 10^2 км/с соответственно. В нашей статье речь пойдет об объектах нижней ступени этой иерархии — звездных струях.

Звездные струи (и потоки) можно разделить на

¹ Объекты Хербига-Аро — звездоподобные сгущения диффузного вещества с эмиссионным спектром, открытые Г. Аро и Д. Х. Хербигом в 1951 г.

ский телескоп им. Хаббла, космические станции IRAS и IUE, помогли продвинуть исследования этих объектов.

СТРУИ ОТ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД

Молекулярные потоки связаны исключительно с протозвездами и молодыми звездами и, следовательно, с областями звездообразования — гигантскими молекулярными облаками (10^4 — $10^6 M_{\odot}$), такими как в туманностях Ориона и Тельца. Источники потоков обычно погружены в плотные облака газа и пыли, скрывающие тайну процессов звездообразования и рождения струй. Вследствие сильного поглощения излучения эти источники видны только в инфракрасном диапазоне спектра, в котором поглощение меньше. Согласно современным сценариям образования звезд, например Ф. Адамса и Ф. Шу, все звезды проходят через фазу коллимированного истечения. Облака и потоки имеют низкую температуру (10—90 K), что и обеспечивает существование молекул, в линиях которых наблюдаются эти объекты. На фоне родительского облака поток можно выделить по широким эмиссионным линиям и биполярной структуре поля скоростей.

Исследование потоков в линиях CO, SO, SiO, CS, OH, HN_3 , H_2CO , HCO^+ позволяет определить структуру, химический состав и физические параметры движущегося газа.

Скорости движения газа в молекулярных потоках редко превосходят 30—40 км/с, хотя недавно обнаружены высокоскоростные молекулярные потоки (100—300 км/с), что превышает скорость звука в облаках. Молекулярные потоки переносят значительную массу и энергию, способные влиять на эволюцию родительского облака и сдерживать образование других протозвезд, увеличивая турбуленцию в облаке. По многим оценкам, общая масса молекулярного потока 1—100 M_{\odot} . Происхождение таких больших масс в потоках легко объяснить, если считать, что газ в потоках захвачен из родительского облака и ускорен более высокоэнергичным и менее массивным потоком, на роль которого претендует звездный ветер.

Принимая во внимание, что, вероятно, все молодые звезды проходят через фазу интенсивного истечения, можно понять, почему коэффициент перехода газа в звезды так мал (порядка 1%). То есть, в облаке происходит саморегуляция образования звезд. В тех случаях, когда источник потока не скрыт мощным межзвездным поглощением, он, как правило, имеет признаки характерные для звезд типа FU Ориона, T Тельца и других, находящихся на ранней стадии эволюции. Возраст молекулярных потоков равен примерно 10^4 лет, что существенно меньше времени превращения молодой звезды

в звезду главной последовательности. Следовательно, фаза узконаправленного истечения от звезды — короткое событие в истории ее рождения. По-видимому, она наступает, когда начинается отвод избыточной массы, падающей на звезду из протозвездного диска (несмотря на большие массы молекулярных облаков, массы образовавшихся звезд почти всегда порядка массы Солнца).

Интересно, что кинетическая светимость потоков (L_k) пропорциональна болометрической светимости предлагаемых звездных источников (L_{δ}), и их отношение равно в среднем $L_k/L_{\delta} \approx 0,001$. Такая корреляция не может быть случайной. Она говорит о том, что энергетика потока определяется светимостью центрального объекта и механизм ускорения должен быть одинаковым для всех потоков. Предположительно, источником энергии может быть аккреция на молодую звезду. В случаях, когда позволяют разрешение и прозрачность, около некоторых звездных источников струй наблюдаются дископодобные структуры, перпендикулярные к струям. Как мы увидим далее, та же самая связь наблюдается и у релятивистских источников струй. Имеется также другая немаловажная особенность — по данным поляриметрических измерений, многие потоки направлены вдоль силовых линий магнитных полей. Это подчеркивает возможное влияние маг-

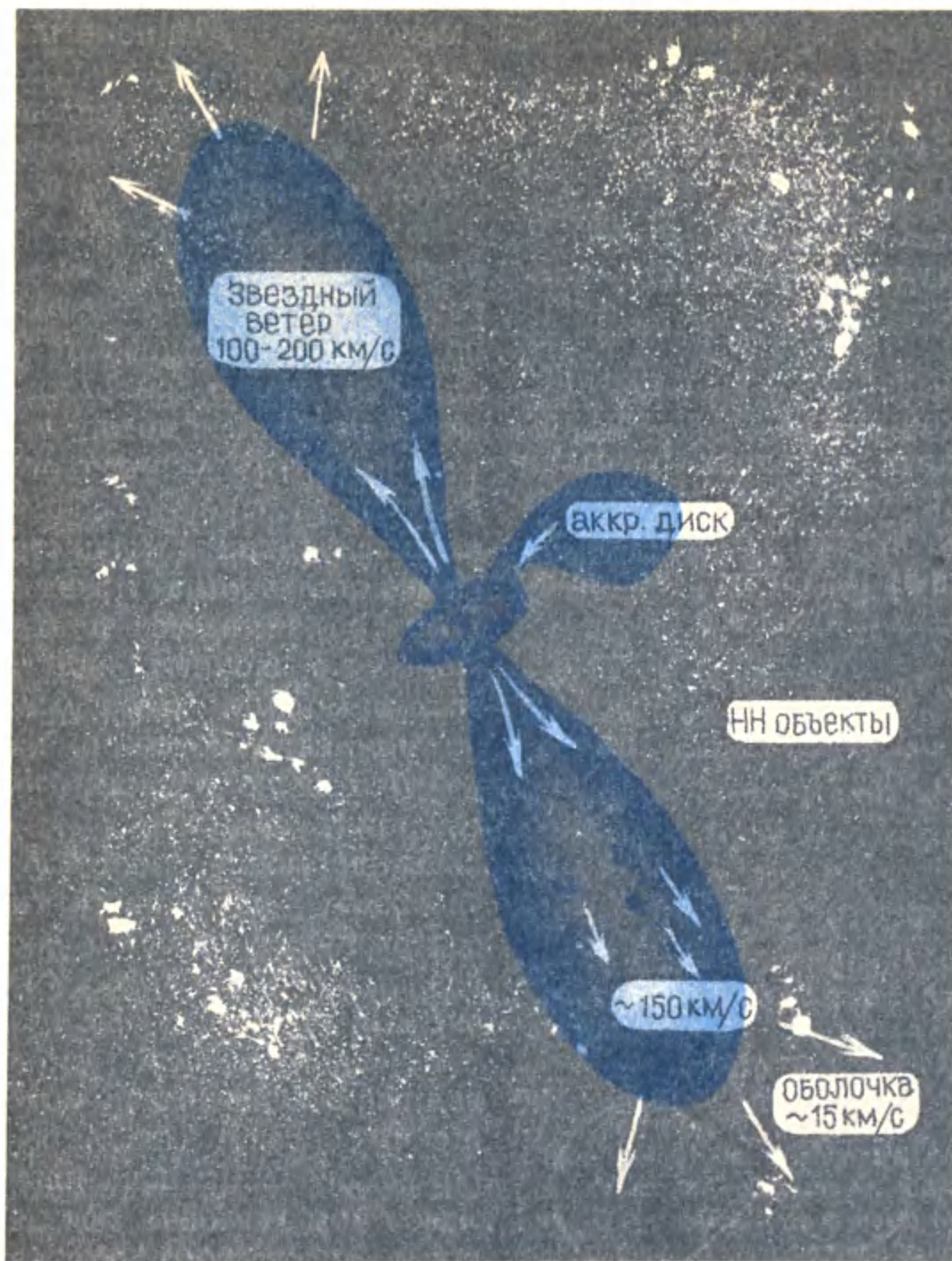


Схема биоплярного потока L1551—IRS5 — наиболее характерного примера звездной струи

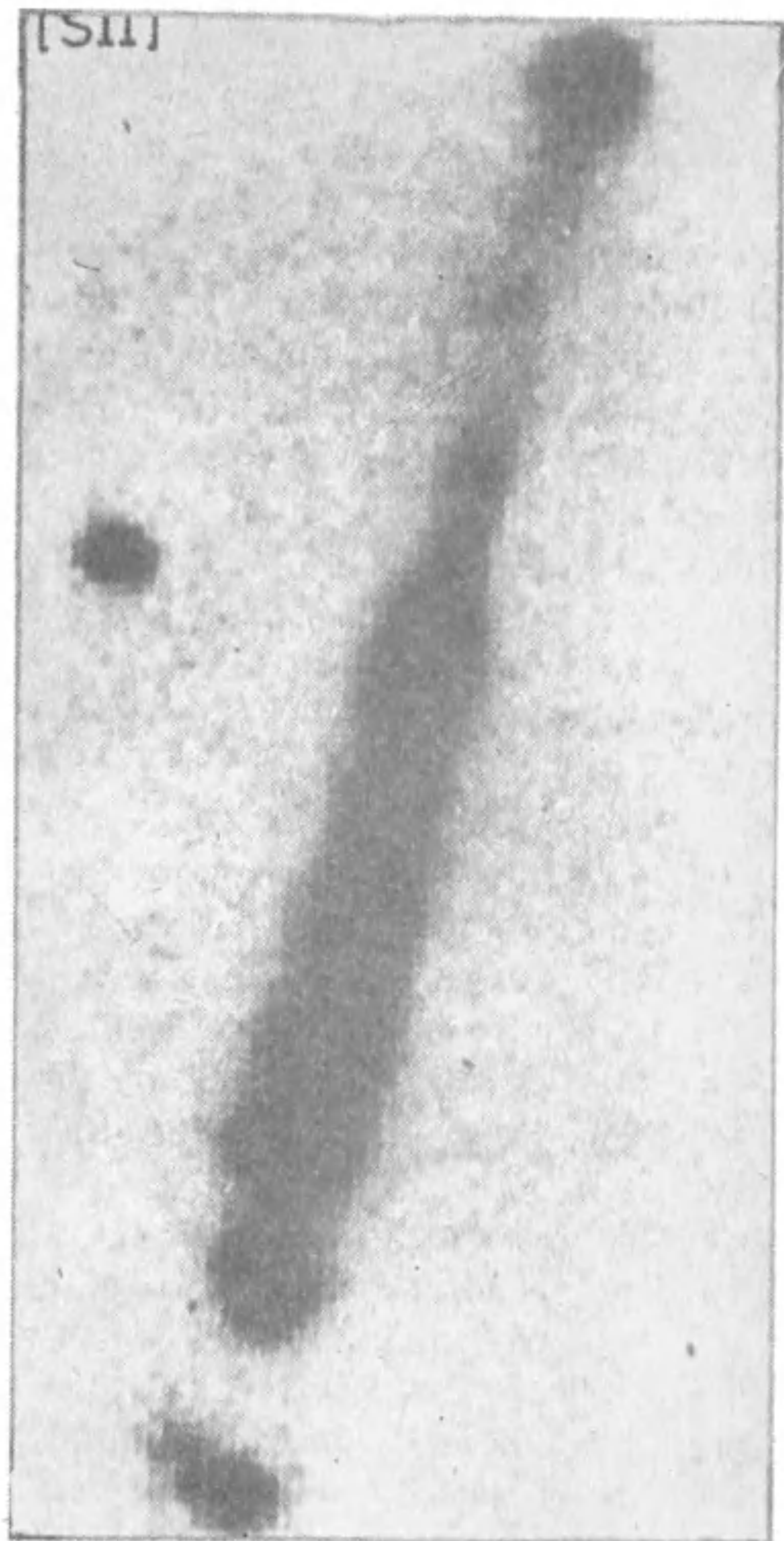
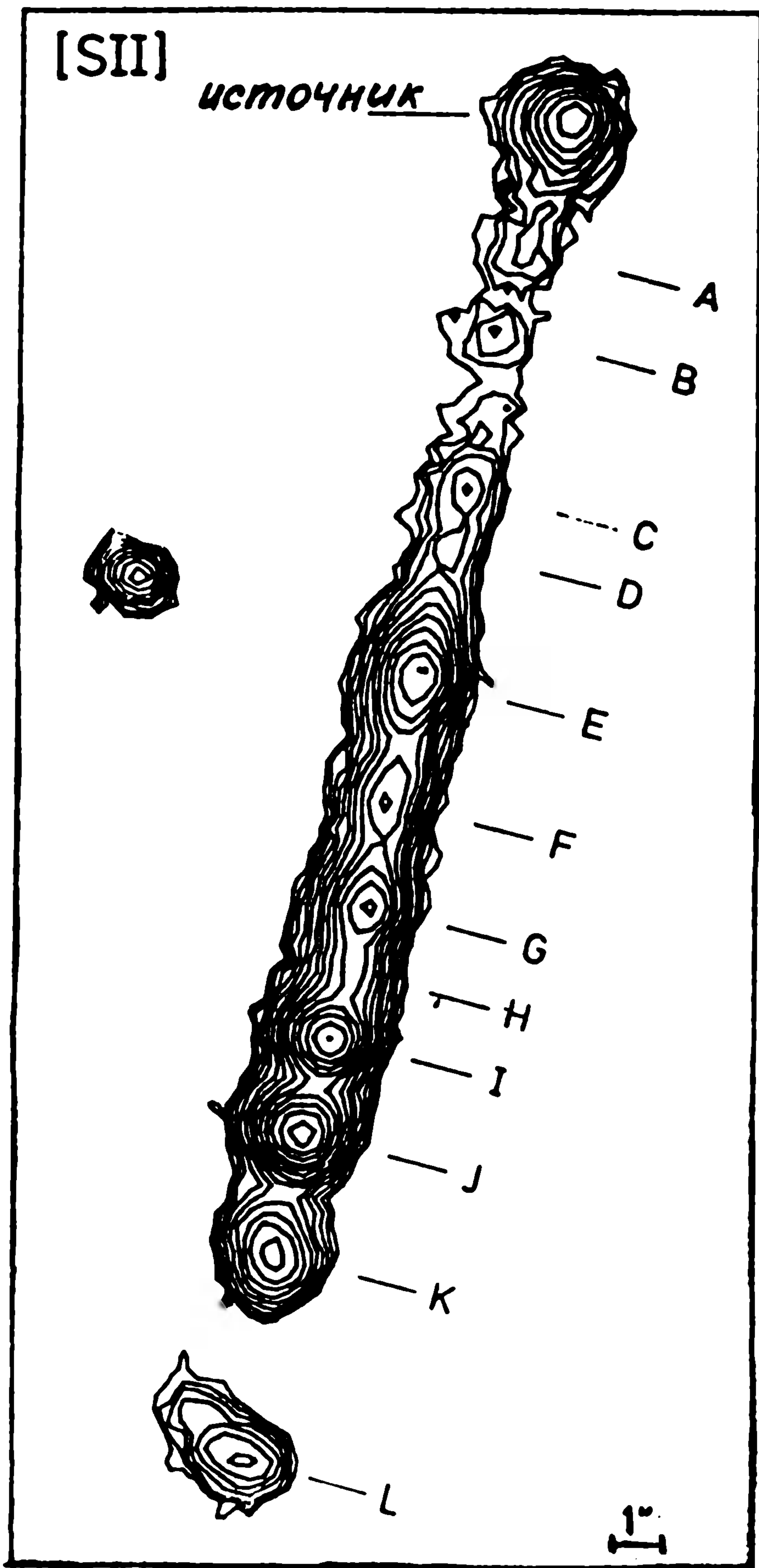
нитного поля на образование и движение струй.

Некоторые источники молекулярных потоков также и источники оптических струй. Все характерные черты звездных струй прекрасно иллюстрируются на примере струй в молекулярном облаке L1551 от инфракрасного источника IRS5 — первого биоплярного потока, открытого американским астрономом Р. Снел-

лом и его коллегами и ставшего основополагающим для изучения основных свойств звездных струй. Оптические струи этого источника с характерными HII-объектами видны до расстояний 10^{16} см. Дальше ($l = 10^{17}$ см) они входят в каверны молекулярных потоков, которые простираются до $l = 10^{18}$ см. Допускают, что в центре источника находится звезда типа FU Ориона. Вокруг нее наблюдается околозвездный диск с размером 10^{16} см и молекулярный тор (10^{17} см). Эти структуры воздействуют на оптические струи и молеку-

лярные потоки, делая их узкими. И струи, и потоки направлены вдоль локального магнитного поля. Взаимосвязаны ли молекулярные потоки и оптические струи в единый поток, появляются ли они вследствие непрерывного истечения, или в результате серии выбросов? Пока эти вопросы остаются открытыми.

В отличие от холодных молекулярных потоков струи, видимые в оптике, более горячие (10^4 К) и имеют большие скорости (до 400 км/с). Оптические струи лучше коллимированы. Распределение яркости в них свидетельствует об их неоднородности. В структуре часто видны движущиеся отдельные волокна и узлы, в расположении которых иногда наблюдается закономерность. Сами струи бывают окружены вытянутыми отражательными туманностями. Вообще, обнаружение струй от молодых звезд стало звеном, связавшим воедино многое, наблюдавшееся в молекулярных облаках: отражательные туманности с характерной кометарной формой, звезды типа Т Тельца, компактные эмиссионные туманности — объекты Хербига-Аро — мазеры. На связь кометарных туманностей с молодыми звездами впервые указал в 1955 г. В. Амбарцумян. HII-объекты были отождествлены с ярчайшими узлами в струях, движущимися со сверхзвуковыми скоростями. Спектр HII-объектов характерен для вещества, нагреваемого ударными волнами. Как



Изображение звездной струи *HH34* и связанных с ней *HH*-объектов. *HH34S* и *HH34N* — головные ударные волны струи, из которых видна лишь южная. Справа: увеличенное изображение струи и карта изофот интенсивности (из работы Т. Бюрке, Р. Мандта, и Т. П. Рея)

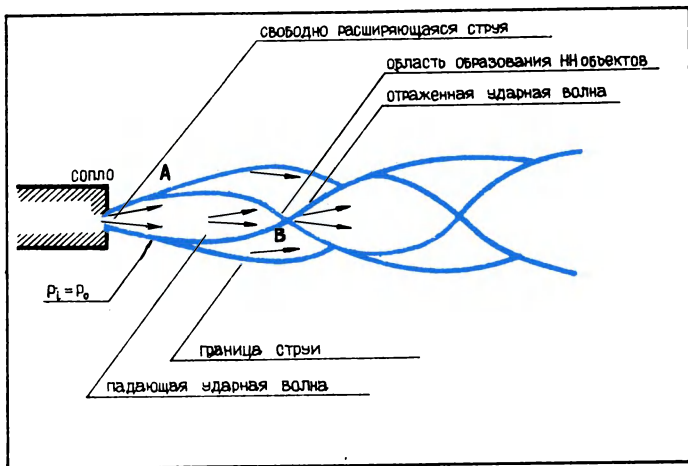
расположенных симметрично относительно источника видимой струи. Их характерная форма и расположение вдоль струи указывают, что в этом случае мы наблюдаем излучение газа после того, как через газопылевое облако прошли ударные волны от двух противоположно направленных струй. Северная струя не видна, вероятно, из-за большого оптического поглощения в ее направлении, что согласуется с данными о скоростях (*HH34N* удаляется от нас, а *HH34S* и струя — приближаются) и с меньшей яркостью *HH34N*. Кроме

головной ударной волны в струе возможна целая система косых ударных волн, образующих цепочку из ярких узлов и волокон. Расположение их бывает периодическим. Образование периодических узлов в сверхзвуковой струе можно наблюдать в струе, вытекающей из сопла реактивного двигателя. Как и головная ударная волна, внутренние волны образуются в результате взаимодействия струй с окружающим веществом.

Звездные струи бывают монополярные и биполярные. Монополярность — следствие того,

правило, наиболее яркий узел наблюдается на конце струи, где газ сталкивается с веществом родительского облака.

На изображении струи *HH34* видны два таких объекта, *HH34S* и *HH34N*,



Образование ударных волн в начале струи (давление в ней больше окружающего). Сначала струя расширяется свободно, пока давление не упадет до наружного (область А). Затем в струе образуется коническая падающая ударная волна, сжимающая струю. В точке пересечения падающей волны с осью струй (точка В), возможно, и образуются узлы. За точкой В развивается коническая отраженная ударная волна, и струя ведет себя также, как непосредственно после выхода из сопла

что излучение дальней от наблюдателя струи поглощается в плотной оболочке вокруг звезды-источника. Как правило, у источников с видимой одной струей на более глубоких снимках находят и вторую. Другое возможное объяснение монополярности в том, что оболочка вокруг звезды с одной стороны может оказывать на пробивающуюся струю слишком большое сопротивление и струя появится через какой-то период времени или, наоборот, количество газа с одной стороны недостаточно,

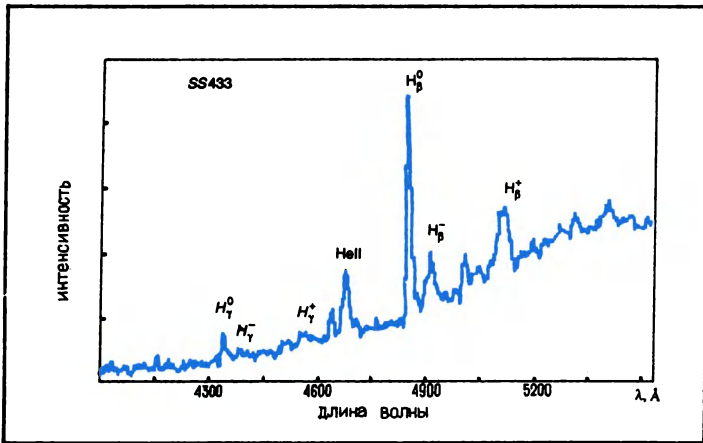
чтобы образовалась заметная струя. Влияние окружающего вещества на струю может отражаться и в изгибе их траекторий. Некоторые исследователи рассматривают также возможную прецессию струй, приводящую к этим изгибам.

Как уже упоминалось, кроме струй молодых звезд наблюдаются струи и от других невырожденных звезд. Их число существенно меньше. Они характеризуются обычно биполярной структурой, высокими (сверхзвуковыми) скоростями, наличием эмиссионных узлов, заметной поляризацией и признаками аккреционного диска. В отличие от этих струй, струи вырожденных звезд (белых карликов, нейтронных звезд, черных дыр) имеют большие скорости, больше 1000 км/с. Яркий пример струй от релятивистской звезды — струи SS433. Но это крайний и уникальный случай. Более распространены струи симбиотических звезд, где один

из компонентов — белый карлик.

СТРУИ СИМБИОТИЧЕСКИХ ЗВЕЗД

В случае симбиотических звезд связь между струйными выбросами и аккрецией более явная. Вещество для аккреции на компактный объект составляет второй компонент, обычно красный гигант. Однако не каждая симбиотическая звезда — источник струй. От чего это зависит — пока неизвестно. Скорость в струях симбиотических звезд достигает нескольких тысяч километров в секунду. По-видимому, эти струи работают в импульсном режиме, как в случае R Володея и SN Лебедя. Но самый впечатляющий пример — симбиотическая звезда MWC560. В 1990 г., в момент увеличения блеска, болгарский астроном Т. Томов обнаружил в спектре звезды абсорбционные линии водорода, свидетельствующие о движении вещества со скоростью около 6000 км/с. По виду спектра эти линии могут принадлежать только узконаправленному выбросу, движущемуся вдоль луча зрения и проецирующему на более горячий источник, предположительно белый карлик или аккреционный диск, благодаря чему выброс и проявился в поглощении. Это исключительный случай, так как струя оказалась ориентирована точно вдоль луча зрения, поэтому и проявлялась



Спектр SS433 с подвижными эмиссионными линиями водорода, образующимися в двух противоположно направленных струях. Видно несколько линий, соответствующих одному переходу. Они смещены относительно друг друга

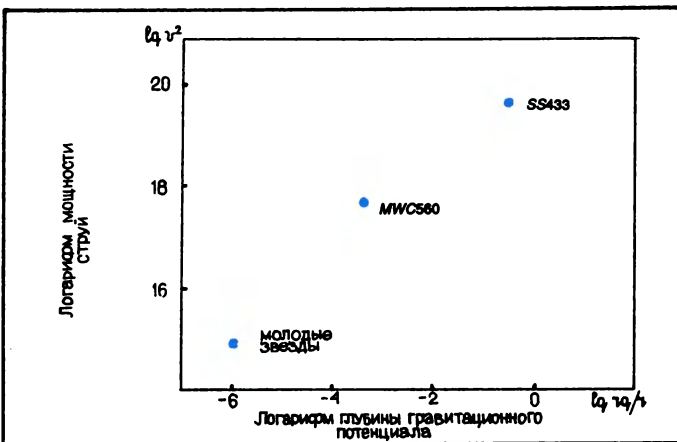
она не в излучении, а в поглощении.

Другим поводом для такой интерпретации послужила непохожесть MWC560 на какие-либо другие известные вспышечные звезды. Уже осенью 1990 г. в абсорбциях была обнаружена скорость около 500 км/с. В последующие годы она увеличивалась до 1500—2000 км/с (это видно по абсорбционным спектральным линиям водорода, полученным на 6-метровом телескопе в САО), что говорит о повторении выбросов в струе. В Специальной астрофизической обсерватории на Кавказе продол-

жается слежение за этим уникальным объектом. Интерес к нему закономерен: не так часто приходится наблюдать вспышку звезды с образованием коллимированного выброса. Дальнейшее изучение переменности и поляризационных свойств объекта даст необходимую информацию о геометрии системы, о параметрах компонент и выбросов, что позволит построить модель явления.

Импульсный характер работы «двигателя» струй симбиотических звезд предполагает накопление необходимой для обра-

зования струй критической массы в аккреционном диске вокруг белого карлика прежде, чем «двигатель» будет запущен. В двойной системе это может происходить благодаря изменению потока в звездном ветре от второго компонента, который по своей природе подвержен сильной переменности, или изменения расстояния между компонентами в ходе орбитального движения при значительном эксцентриситете. Так как белый карлик может обладать сильным магнитным полем, то не исключается и его роль в образовании струй. Объект MWC560 как раз привлекателен тем, что поиск магнитного поля на белом карлике, которое, согласно некоторым моделям, играет не последнюю роль в образовании струй, облегчается наблюдением его с полюса, в направлении минимального поглощения околозвездным веществом. В результате



Зависимость мощности струй от глубины гравитационного потенциала (r_g/r) для звезд различных типов, но одинаковой массы (равной массе Солнца). Чем больше (по модулю) гравитационная (потенциальная) энергия на поверхности звезды, тем больше скорость и мощность струи

сжатия вещества в протозвезду в области звездообразования находятся сильные магнитные поля, отличающиеся от межзвездных. Возможно также, что мощное магнитное поле существует и вокруг релятивистского объекта в системе SS433, если им является нейтронная звезда. Таким образом, для предположения о существенной роли магнитного поля в ускорении и коллимации струй есть основания. Однако до сих пор невозможно выбрать между чисто гидродинамическим и магнитогидродинамическим способом образования струй.

СТРУИ ОБЪЕКТА SS433

Яркий пример релятивистских струй — струи объекта SS433. По современным представлениям, струи активных ядер галактик — их аналоги в большом масштабе. И там и там причина возникновения струй видится в **сверхкритической аккреции на компактный объект**. Сверхкритическая аккреция характеризуется тем, что энергovyделение в аккреционном диске больше некоторого характерного значения, выше которого часть газа, падающего в диск, выметается из него давлением излучения. Принципиальную возможность образования струй от таких дисков около черных дыр рассмотрели еще в 1973 г. советские астрономы Н. И. Шакура и Р. А. Сюняев.

Объект SS433 сначала обратил на себя внимание

как необычный источник, в радио-, оптическом и рентгеновском диапазонах (Земля и Вселенная, 1980, № 4, с. 20.— Ред.). Необычным оказался и его спектр: помимо стационарных эмиссионных линий он имел две системы движущихся линий водорода и гелия, которые перемещались в разные стороны на расстояние до $\pm 900 \text{ \AA}$, с периодом движения в 164 дня, причем центр симметрии этого перемещения сдвинут на +12 тыс. км/с от стандартной длины волны. Объяснение этому факту найдено в струях, горячий газ (10^4 K) которых движется со скоростью порядка 80 тыс. км/с. Две противоположно направленных струи прецессируют с периодом в 164 дня, что отражается в изменении положения подвижных линий (эффект Доплера). При такой скорости замедление времени заметно влияет на длину волны излучения движущегося источника. Это наблюдается в спектре SS433 как смещение центра симметрии между покрасневшими и поглубшими линиями одного химического элемента от стандартной длины волны в красную сторону спектра.

SS433 привлек к себе огромное внимание астрономов, но до сих пор еще нет удовлетворительной модели этого объекта. Исследование его ведется на крупнейших телескопах всего мира, в том числе и на 6-метровом телескопе на Кавказе. По результатам таких

исследований в различных областях спектра стало известно, что SS433 — массивная затменная двойная система с горячей нормальной звездой и прецессирующим, оптически более ярким геометрически толстым аккреционным диском, окружающим релятивистский объект. Струи появляются из воронок этого диска и ориентированы перпендикулярно к нему. Раствор струй порядка 1° . Аккреция в этой двойной системе имеет сверхкритический характер. Сами струи неоднородные. Вероятно, их взаимодействие с окружающей средой и приводит к структурности. Какова природа звезды, что лежит в центре аккреционного диска, — пока не ясно.

Кроме SS433, релятивистские коллимированные выбросы имеет рентгеновская звезда Лебедь X-3 (скорость, измеренная по радиовыбросам, около 0,3 скорости света). Малочисленность этого класса струй объясняется тем, что релятивистские звезды в подобных условиях очень редки. Возможно, одно из таких условий — соседство в звездной системе компаньона, интенсивно теряющего газ, или наличие другого какому-нибудь резервуара газа для аккреции на компактный объект. Понятие об аккреции, как причине образования струй, объясняется тем, что сами звезды, как относительно термодинамически равновесные тела, не могут породить столь неравновесное явление, — струи.

Итак, астрофизические струи чрезвычайно разнообразны по строению и широте диапазона параметров. Они образуются у тех звезд, которые аккрецируют вещество. Энергетика и скорость струи больше у звезд с большим гравитационным потенциалом, что подчеркивается фактом образования струи при исполь-

зовании гравитационной энергии падающего на звезду вещества.

Несмотря на множество уже известных струй, общепринятой теории их происхождения пока не существует. Это объясняется тем, что источник струи скрыт оптически толстым слоем окружающего вещества и невозможно исследовать источник не-

посредственно для проверки теории. Приходится изучать природу струй по наблюдениям их «надводной» части, вылавливая тонкие эффекты. Изучение звездных струй поможет пролить свет не только на природу астрофизических струй, но и больше узнать о начальном этапе жизни звезд.

Информация

Надежда найти десятую планету угасает

Если бы в Солнечной системе существовала еще неоткрытая десятая планета, то ее обнаружили бы по тому влиянию, которое она должна оказывать на движение других планет.

Научный сотрудник Лаборатории реактивного движения в Пасадене (США) М. Стендиш завершил анализ орбиты Урана по всем имеющимся наземным данным. Помимо этого, он использовал информацию о поведении Сатурна и других планет, полученную при пролете около

них автоматических станций «Вояджер». Особенно важными были новые данные о массе Нептуна; полученные «Вояджером-2» в 1989 г., которая оказалась на 0,5% меньше, чем полагали раньше.

В результате М. Стендиш установил, что вопреки прежним утверждениям, Уран за последние 160 лет никак не отклонился от «предписанного» ему пути. Все сообщения о якобы неправильных перемещениях являются просто ошибками наблюдений. Например, в период между 1895 и 1905 гг. поступали сведения о том, что Уран находится «не на своем месте». Но большинство наблюдений, говоривших об этом, проводилось на одном и том

же телескопе, тогда как другие наблюдения за тот же период ничего подобного не обнаружили.

Нептун был открыт в 1848 г. и с тех пор не завершил еще и одного оборота вокруг Солнца, поэтому «свидетелем» считаться не может.

Но некоторые астрономы не теряют надежду когда-нибудь открыть планету Икс. Среди них сотрудник Морской обсерватории США в Вашингтоне Р. Харрингтон. Он полагает, что планета Икс находится в небе южного полушария Земли, которое изучено хуже чем северное.

The Astronomical Journal, май, 1993
New Scientist, 1993, 138, 1858

Новый таинственный объект

Центральные области галактик — один из самых интригующих астрофизических объектов. Известно большое количество галактик с активными ядрами, однако в центральной части нашей Галактики никаких активных образований до недавнего времени обнаружено не было. Ситуация изменилась в 1991 г., когда с помощью российско-французского прибора «СИГМА», установленного на спутнике «ГРАНАТ» (Земля и Вселенная, 1993, № 1, с. 17), в 120 пк от динамического центра Галактики был обнаружен источник аннигиляционной линии 511 кэВ (гамма-фотоны такой энергии образуются при ан-

нигиляции электронов и позитронов). «Великий Аннигилятор» — так называли источник I E1740,7—2942 (буква E указывает, что впервые этот объект был обнаружен рентеновской обсерваторией «Эйнштейн»).

Крайне важно для изучения природы любого астрономического объекта — исследование его в различных диапазонах спектра. Пока из-за сильного межзвездного поглощения от источника I E1740,7—2942 не удалось зарегистрировать ни инфракрасного, ни оптического излучения. Зато в радиодиапазоне с помощью комплекса VLA сделали замечательное открытие: были обнаружены струи, истекающие в противоположных направлениях и достигающие 1пк в длину.

Предполагается, что этот источник — черная дыра с массой 3M_☉, погруженная в плотное молекулярное облако. В результате

сверхкритической аккреции вещества облака на черную дыру образуются коллимированные выбросы (джеты). Большой темп аккреции, а также редкость таких объектов объясняются малой скоростью черной дыры относительно облака и большой плотностью последнего: подобное совпадение крайне маловероятно даже в центре Галактики.

Возможно, «Великий Аннигилятор» — первый одиночный релятивистский объект, обнаруженный по излучению, образуемому в результате аккреции окружающего вещества. В любом случае, открыт новый класс объектов и появилось новое поле для приложения теории аккреции.

Astronomy and Astrophysics, 43,
1991

Орбитальная астрофизическая обсерватория «Гранат»: проблемы управления

Н. Г. КУЛЕШОВА,
И. Д. ЦЕРЕНИН,
А. И. ШЕЙХЕТ
НПО им. С. А. ЛАВОЧКИНА



Четырехлетняя успешная работа на околоземной орбите космической обсерватории «Гранат» — подлинный триумф российской космонавтики. Впервые на протяжении

нескольких лет научная периодика всех стран мира наполнена названиями объектов, наблюдавшихся с борта «Граната», и статьями об открытиях, сделанных им. Наш журнал

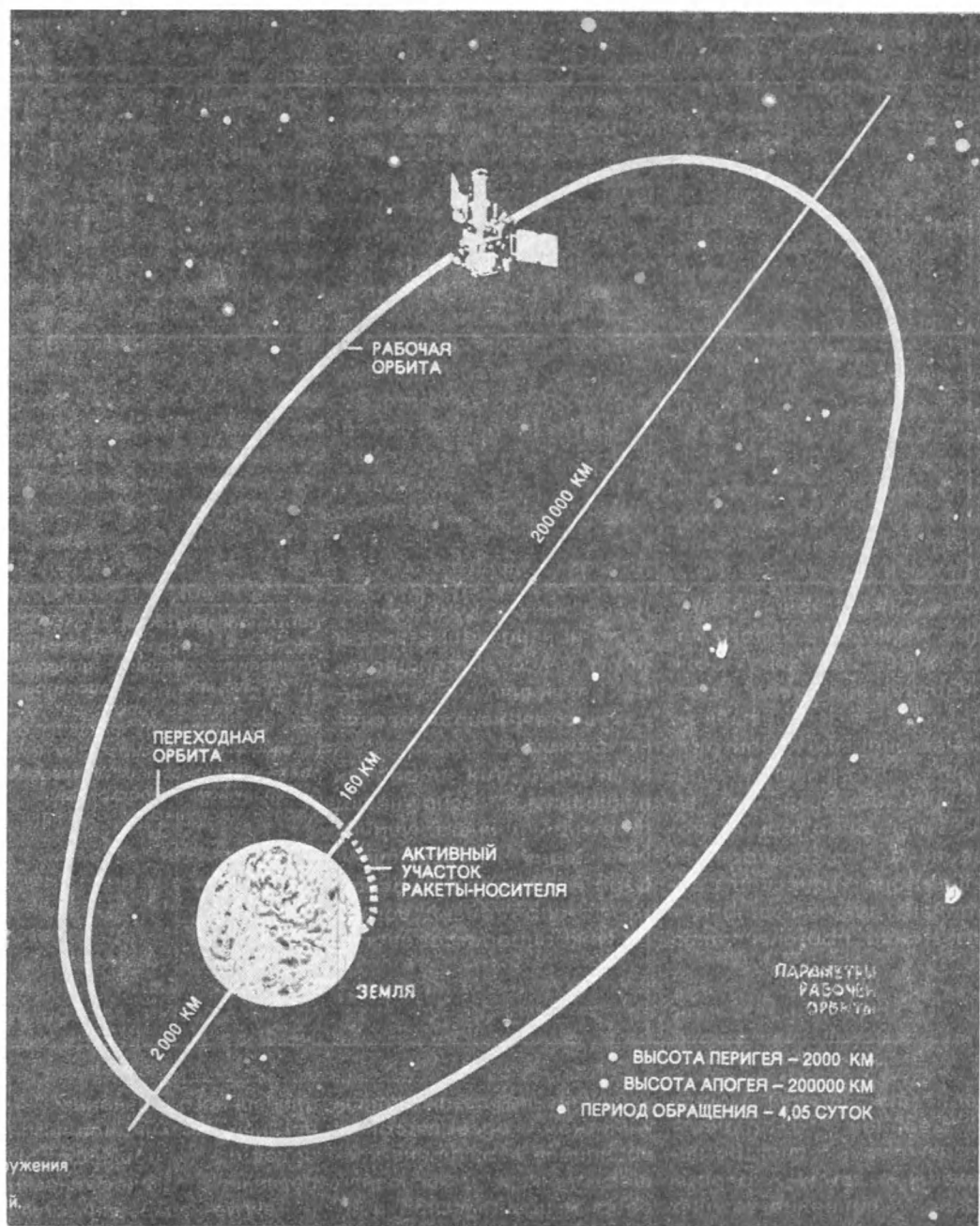
не раз публиковал материалы, касающиеся как устройств обсерватории, так и результатов ее работы. Теперь о том, как ею управляют...

«ГРАНАТ»: ЧЕТЫРЕ ГОДА УСПЕХА

1 декабря 1989 г. стартовала, а 2 декабря на орбиту искусственного спутника Земли была вы-

ведена автоматическая станция «Гранат», предназначенная для астрофизических исследований га-

лактических и внегалактических источников космического излучения в рентгеновском и гамма-диа-



Орбита обсерватории «Гранат»

Изменение параметров орбиты

Дата	Высота перигея, км	Высота апогея, км	Аргумент перигея, град	Наклонение, град	Долгота восходящего узла, град
1.12.89	2000	200000	285	51,5	20,0
1.06.90	3298,8	199950	301,7	62,1	353,9
1.12.90	7824,7	195577	307,7	71,8	336,8
1.06.91	14954,1	188175	310,3	78,9	326,2
1.12.91	23893,0	179376	311,9	82,6	320,3
1.06.92	32668,9	170617	314,0	84,7	316,5
1.12.92	41208,3	161962	317,1	86,0	313,5
1.06.93	48691,1	154584	321,5	86,5	311,5
1.12.93	53998,4	149238	327,0	86,7	309,7
1.06.94	57668,0	145507	334,9	86,7	308,2
1.12.94	58959,0	144214	343,0	86,5	306,9
1.06.95	57952,5	145181	351,4	86,1	305,7
1.12.95	54650,4	148536	359,3	85,4	304,6
1.06.96	49109,8	153959	5,2	84,6	303,4
1.12.96	42088,8	160888	9,6	93,4	302,2
1.06.97	33511,7	169689	12,8	81,4	300,8
1.12.97	24004,5	179060	14,6	78,7	299,1
1.06.98	14409,9	188649	15,8	74,1	296,8
1.12.98	6302,5	196854	17,0	65,6	292,9
1.06.99	182,8	202891	21,6	49,0	283,3

ного спутника, а в марте 1986 г. провели фотографирование и исследование кометы Галлея. Когда возникла необходимость в вынесении в космос астрофизической обсерватории, на базе межпланетной станции «Венера» была создана обсерватория «Астрон», успешно проработавшая на орбите около 6 лет (Земля и Вселенная, 1983, № 4, с. 4; 1990, № 6, с. 3).

Орбитальная станция «Гранат» — модификация обсерватории «Астрон», на которой ультрафиолетовый телескоп и другие инструменты заменены комплексом научных приборов, обеспечивающих астрофизические измерения в области рентгеновского и гамма-излучений. Он был разработан российскими, французскими, датскими и болгарскими учеными и специалистами.

Обсерватория «Гранат» по проекту должна была проводить научные наблюдения на орбите в течение 8 месяцев, однако прошло уже 4 года, а она продолжает успешно выполнять программу научных наблюдений.

ОРБИТА

Начальные параметры рабочей орбиты станции выбирались с таким расчетом, чтобы удовлетворить все требования со стороны разработчиков научной аппаратуры, служебных систем и наземных средств управления. Так, поскольку на ее борту был установлен комплекс рентгеновских приборов, которые могут ра-

пазонах, практически недоступных для наблюдения с поверхности Земли (Земля и Вселенная, 1989, № 3, с. 22; 1991, № 2, с. 41; 1992, № 2, с. 48; 1993, № 1, с. 3, № 6, с. 3). Объектами наблюдений стали рентгеновские пульсары, «кандидаты» в черные дыры, двойные звездные системы, ядра активных галактик, скопления галактик, ближайшие галактики, центр нашей Галактики, межзвездная среда, гамма-всплески, яркие галактические и внегалактические источники рентгеновского и гамма-излучений. Высокоапогейная орбита, на которую вы-

ведена станция, позволяет проводить наблюдения за пределами атмосферы и радиационных поясов Земли, вносящих очень сильные искажения в измерения.

Орбитальная станция «Гранат» принадлежит к большой семье автоматических межпланетных станций, первые из которых были созданы в НПО им. Лавочкина для изучения планет Солнечной системы более 20 лет назад. Автоматические станции этой серии успешно летали к Венере, доставляя в ее атмосферу спускаемые аппараты и аэростатные зонды, работали на орбите ее искусствен-

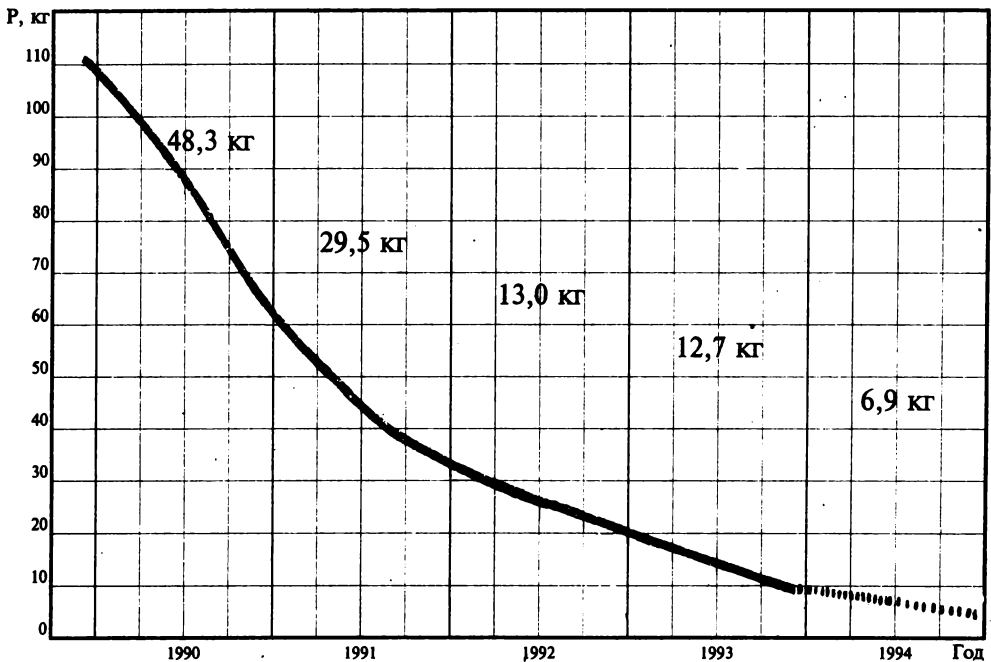


График расхода рабочего тела (азота) обсерватории «Гранат». Видно, как он менялся по мере накопления опыта управления обсерваторией

ботать только вне радиационных поясов Земли, «Гранат» нужно было вывести на высокоапогейную орбиту. Однако с увеличением высоты апогея увеличиваются гравитационные возмущения от Солнца и Луны, поэтому для обеспечения существования аппарата на такой орбите в течение нескольких лет (без коррекций) необходимо было разместить ее в пространстве совершенно определенным образом (чтобы аргумент перигея начальной орбиты находился во втором или четвертом квадранте относительно Солнца). Чтобы увеличить продолжительность видимости обсерватории из наземных пунктов управления, расположенных на территории России и Украины, этот интервал нужно еще более сузить: аргумент перигея поме-

стить в четвертый квадрант относительно плоскости эклиптики.

Область небесной сферы, доступная для наблюдений, зависит от других параметров орбиты, к примеру, от долготы восходящего узла (с учетом ограничений, связанных с выбором опорной звезды, используемой системой ориентации), и возможностью появления помех от Луны и Земли в поле зрения научных приборов.

Оптимизируя эти требования и ограничения и принимая во внимание возможности ракеты-носителя, для станции «Гранат» разработчики выбрали следующие начальные параметры рабочей орбиты: высота апогея $H_a = 200\ 000$ км; высота перигея $H_p = 2000$ км; наклонение $i = 51,5^\circ$; аргумент перигея $\omega = 285^\circ$;

долгота восходящего узла $\Omega = 20^\circ$; период обращения $T = 98$ ч.

Из-за гравитационных возмущений от Солнца и Луны, а также поскольку форма Земли отличается от идеальной сферы, любая околоземная орбита с течением времени претерпевает существенные изменения. Не стала исключением и орбита «Граната». Как изменились ее основные параметры (в экваториальной геоцентрической системе координат на эпоху 1975,0) за 4 года, прошедших со дня запуска, и какими они станут в последующие пять с половиной лет, показано в таблице. Из нее видно, что высота перигея вначале достаточно быстро растет с одновременным уменьшением высоты апогея (большая полуось остается практически постоянной) и достигнет

максимального значения (около 59 000 км) приблизительно через 5 лет после старта. Одновременно увеличивается наклонение орбиты, а линия апсид медленно вращается, приближаясь к плоскости эклиптики. После того как апогей перешел в южное (относительно плоскости эклиптики) полушарие, начинается уменьшение высоты перигея и рост высоты апогея. При этом долгота восходящего узла в течение последних трех лет постепенно уменьшается.

В настоящее время орбита обсерватории «Гранат» находится в «устойчивой области», т. е. изменение параметров орбиты незначительны. Так, в течение года высота перигея орбиты возрастет на 3700 км, а высота апогея, соответственно, уменьшится на 5300 км. При этом наклонение орбиты практически не изменится, аргумент перигея увеличится на 8° , а долгота восходящего узла уменьшится на $1,5^\circ$.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О БОРТОВЫХ СИСТЕМАХ

Служебные бортовые системы обсерватории «Гранат» нужны для наведения телескопов на исследуемый источник излучения, приема радиоконанд с Земли, передачи научных данных и информации о функционировании бортовых систем на наземный пункт управления, снабжения всех бортовых систем электроэнергией, поддержания теплового режима

и многих других задач. Особую роль среди них играет система управления ориентацией, которая обеспечивает заданное положение станции в пространстве в течение всего времени полета, в том числе и во время сеансов наблюдения. У этой системы есть чувствительные элементы — гироскопические и оптико-электронные приборы ориентации по Солнцу и звезде, выполняющие управляющие команды. Исполнительные органы — газореактивные двигатели, работающие на сжатом азоте, с тремя уровнями тяг.

Прибор ориентации на Солнце позволяет «отыскать» Солнце независимо от положения станции в пространстве, после чего, управляя ее маневрированием, наводит свою визирную ось на центр Солнца. Прибор ориентации по звезде обеспечивает распознавание и «захват» опорной звезды, выдавая команду на прекращение поиска после того, как звезда с заданными характеристиками попала в его поле зрения.

После «захвата» звезды, для сохранения направления на исследуемый объект, используется режим постоянной трехосной ориентации по Солнцу и звезде. Точность ориентации в этом случае достигает ± 20 угловых минут.

По проекту в качестве опорных звезд использовались Сириус, Канопус, Вега, Ригель и Капелла, но их оказалось недостаточно, чтобы наводить телескопы на многие очень

интересные источники излучения. Вскоре после начала работы обсерватории этот список удалось расширить, и теперь он насчитывает 15 звезд, в результате чего в течение года станция «Гранат» может быть направлена практически в любую точку небесной сферы. Система телеизмерений обеспечивает сбор и передачу информации в двух режимах: **реального времени** (непосредственная передача поступающих данных) и с **записью информации** на бортовое запоминающее устройство. В «реальном времени» на Землю передается информация о работе служебных бортовых систем и технологическая информация о научных приборах, позволяющая контролировать их функционирование и исполнение команд. Скорость передачи телеметрической информации — 3072 бит/с. Научная информация, содержащая результаты наблюдений, регистрируется, в основном, на запоминающие устройства, которые входят в состав комплекса научных приборов. Она сначала накапливается в течение длительного времени (время экспозиции каждого объекта колеблется от 18 до 30 ч), а передается на Землю во время сеанса связи со скоростью 65 536 бит/с.

По командам с Земли начинаются и заканчиваются сеансы связи, производится смена комплектов аппаратуры и режимов их работы, выбор скорости передачи информации, телеметриче-

ской программы, состава передающих средств. Кроме этого, в бортовые системы и процессоры научного комплекса закладывается уставочная информация, задающая положение визирных осей оптических приборов системы ориентации, режим работы процессоров, параметры научных приборов и изменяющая программы и характеристики проводимых экспериментов. С помощью уставочной информации, в случае необходимости, производится корректировка математического обеспечения бортовых процессоров.

Все команды могут передаваться в медленном и быстром режимах, основным из которых считается быстрый, когда время формирования и исполнения команды не превышает 11,5 с.

Комплекс научной аппаратуры состоит из телескопов со сравнительно узким полем зрения (для исследования квазистационарных источников) и «всплесковых» приборов, охватывающих суммарным полем зрения практически всю небесную сферу и предназначенных для регистрации неожиданных кратковременных событий.

Комплекс телескопов, в который входят французский гамма-телескоп «Сигма» и отечественные АРТ-П и АРТ-С (разработаны Институтом космических исследований РАН), позволяет получить изображение наблюдаемого объекта, его точное положение в пространстве, провести спектральный и временной анализ пове-

дения источников излучения, определить степень поляризации ярких источников.

«Всплесковый» комплекс состоит из российского прибора «Конус-В», датского — «Вотч», французского — «Фебус» и российско-болгарского — «Подсолнух». Кроме того, регистрация гамма-всплесков может производиться и телескопом «Сигма» — как основным его детектором, так и активной защитой. Эти приборы регистрируют рентгеновские и гамма-всплески, локализуют их, измеряя энергетические спектры и временную структуру, а также обеспечивают пассивное слежение за небесной сферой в рентгеновском диапазоне. Еще один прибор, находящийся на борту, — монитор заряженных частиц КС-18М — проводит измерение потоков заряженных частиц в районе орбитальной станции (см. статью Зосим Л. Е. на стр. 30).

ЭТАПЫ РАБОТЫ ОБСЕРВАТОРИИ

Работу орбитальной астрофизической обсерватории «Гранат» условно можно разделить на три основных этапа:

— подготовка служебных систем станции к выполнению программы,

— подготовка комплекса научной аппаратуры,

— проведение плановых научных наблюдений.

Первый этап в жизни «Граната» начался сразу

после выведения станции на рабочую околоземную орбиту и отделения ее от разгонного блока. Это произошло 2 декабря 1989 г. в 0 ч 31 мин 22,1 с по московскому времени. В него входили: раскрытие элементов конструкции, сложенных во время выведения на орбиту под головным обтекателем, перевод станции в режим постоянной ориентации на Солнце, проверка работоспособности, выбор комплектации и настройка служебных систем, проведение траекторных измерений для определения параметров рабочей орбиты.

В работе с научной аппаратурой на этом этапе предусматривались только те операции, которые связаны с сохранением необходимого теплового режима приборов. Так, в самом начале полета «Гранат» была открыта крышка звездных датчиков телескопа «Сигма», включен обогрев гамма-камеры, звездных датчиков, платформы «Подсолнух» и включены электронные блоки приборов «Вотч». Измерения в это время проводились только прибором КС-18М, информация которого позволяет оценить радиационную обстановку в районе станции. После завершения подготовки служебных систем был проведен эксперимент по оценке возможности работы системы ориентации по более слабым, чем планировалось в проекте, звездам.

Проведенные работы дали положительный результат и позволили в

дальнейшем включать в программу наблюдений более интересные объекты, недоступные для наблюдений прежде. Этот этап, насчитывавший 14 сеансов связи со станцией «Гранат», закончился 9 декабря 1989 г.

11 декабря 1989 г. начался второй этап — подготовка комплекса научной аппаратуры: тестирование, калибровка, юстировка и настройка научных приборов. Для этого требовалось 1-1,5 месяца, и в течение декабря и в январе 1990 г. основные работы были нацелены именно на это. Были проверены блоки автоматики управления научной аппаратурой, проверена работа служебной части комплекса «Сигма» с основным и резервным процессорами, прокалиброваны звездные датчики телескопа «Сигма», по 9 калибровочным источникам проверена работа «Фебуса», телескопов АРТ-П и АРТ-С совместно с процессором «Сигмы», проверено функционирование приборов «Вотч», «Подсолнух», «Конус В», «БРВ», проведены фоновые и калибровочные измерения телескопом «Сигма», отработана методика регулирования теплового режима.

Из-за того, что калибровочный источник — пульсар в Крабовидной туманности — был недоступен для телескопов станции «Гранат» до второй половины февраля 1990 г., было решено перейти к программе научных наблюдений, а юстировку и калибровку основных телескопов

продолжить в феврале и марте 1990 г. На этом этапе были выявлены особенности в работе научной аппаратуры. Это вызвало необходимость в изменении программного обеспечения бортовых процессоров, управляющих научной аппаратурой. Также были откорректированы и основные принципы формирования программ наблюдений. Работа завершилась 8 марта 1990 г., и с 11 марта начался третий этап — планомерные научные наблюдения всем комплексом научных приборов.

ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ

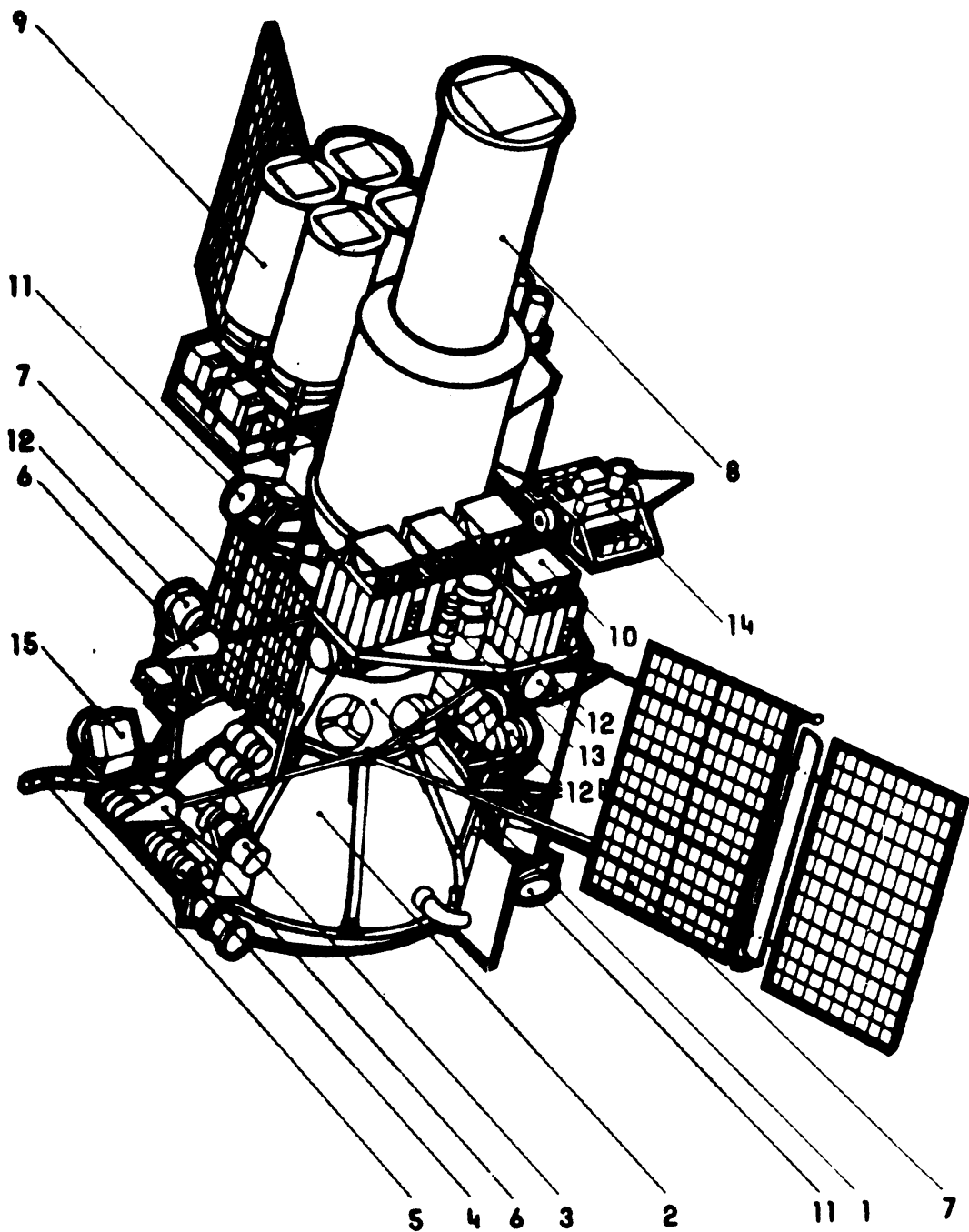
«Гранат» управляется в соответствии с планом работ на каждый календарный месяц. Сначала формируется календарный план проведения сеансов связи со станцией; затем разрабатывается, совместно с учеными и специалистами Франции, программа наблюдений. После этого уже можно создавать полную программу работы со станцией, включающую развернутую во времени последовательность проведения сеансов связи с указанием наблюдаемых источников и перечень основных операций в каждом сеансе.

После того, как месячные программы сформированы, вся работа ведется в строгом соответствии с ними. Однако при необходимости могут появляться и коррективы. Обычно они связаны с изменением астрофизической обстановки (обнаружение нового источника,

вспышка солнечной активности) или же с работой бортовых систем и наземного комплекса.

«Гранат» обращается вокруг Земли за 98 ч, и программа обычно предусматривает на каждой витке около 70 ч научных наблюдений. Это время изменяется в зависимости от условий видимости станции с основного пункта управления и от времени прохождения станцией зоны радиационных поясов Земли. Внутри радиационных поясов она находится около 20 ч на каждой витке. В это время научную аппаратуру приходится отключать из-за высокого радиационного фона. Около 10 ч затрачивается на передачу зарегистрированной научной информации и подготовку комплекса к очередному интервалу наблюдений. Наблюдения на каждой витке, как правило, состоят из трех (реже двух) интервалов, разделенных сеансами связи, во время которых на Землю передается записанная перед этим научная информация и осуществляется подготовка очередного интервала наблюдений.

Каждый сеанс состоит из ряда стандартных операций. В начале сеанса наблюдения прекращаются, поэтапно отключаются работавшие приборы, после чего разрешается воспроизведение записанной информации. По командам с Земли включается режим передачи и со скоростью 65 кбод производится «сброс» на Землю научных данных, зарегистрированных на преды-



Внешний вид и устройство орбитальной обсерватории «Гранат». Цифрами обозначены: 1 — отсек научной аппаратуры, 2 — торовый приборный отсек, 3 — звездный датчик системы ориентации, 4 — солнечный датчик системы ориентации, 5 — малонаправленная антенна «см-диапазона», 6 — малонаправленная антенна «дм-диапазона», 7 — панели солнечных батарей, 8 — телескоп «Сигма» (Россия, Франция), 9 — телескоп АРТ-П (Россия), 10 — телескоп АРТ-С (Россия), 11 — прибор «Вотч» (Россия, Дания), 12 — прибор «Конус»-В (Россия), 13 — прибор «Фебус» (Франция), 14 — прибор «Подсолнух» (Россия, Болгария), 15 — прибор КС-18М (Россия)

дущем интервале наблюдений. Затем телескоп наводится на новый источник, включается отключенный перед этим процессор и в него вводится информация, задающая состав и режимы работы приборов для очередного интервала наблюдений, чувствительность звездных датчиков комплекса «Сигма», время накопления информации и т. д. После этого командой с Земли процессору задается режим, по которому он выполняет подготовку запоминающего устройства к записи новой информации и поэтапно включает комплекс «Сигма». После выхода комплекса «Сигма» в фазу наблюдений, по командам с Земли включаются другие телескопы и приборы.

Длительность каждого такого сеанса на начальном этапе полета составляла 6—7 ч, а количество передаваемых с Земли команд управления, отрабатываемых системами станции, достигало 200—250 за сеанс. Теперь в большинстве случаев за счет оптимизации структуры сеанса удается сокращать их длительность до 3,5—4 ч, а количество отрабатываемых команд до 100—150.

В случае возникновения отклонений в работе бортовых систем или неисполнения какой-либо команды, возникшую ситуацию оперативно анализируют в центре управления и вносят необходимые коррективы в программу сеанса. В простых случаях время, необходимое для анали-

за и выдачи необходимых команд, не превышает нескольких минут, и дополнительные команды вводятся в передающий контур «вручную». В сложных случаях программа сеанса требует существенного изменения. В зависимости от причины события, момента его возникновения и расположения сеанса относительно конца зоны видимости станции, программа сеанса или оперативно корректируется, или ее выполнение прекращается.

К 1 августа 1990 г. запланированная программа работы станции была выполнена полностью, но поскольку служебные системы и комплекс научной аппаратуры функционировали нормально, Государственная комиссия (Земля и Вселенная, 1993, № 1, с. 3), приняла решение о продолжении научных наблюдений по дополнительным программам, которые разрабатывались таким образом, чтобы свести к минимуму расход азота, который используется при ориентации и стабилизации станции, и тем самым существенно увеличить продолжительность наблюдений и количество наблюдаемых источников.

Для этого календарный план проведения сеансов стал разрабатываться на три и более месяцев, чтобы оптимально распределить во времени наблюдаемые источники. Критерием оптимальности стало стремление сохранить режим трехосной ориентации при прохождении района перигея

орбиты и как можно реже проводить смену опорной звезды, используемой системой ориентации.

Приобретенный опыт работы позволил усовершенствовать технологию наведения телескопов на наблюдаемый источник. Теперь, когда это возможно, «переходят» с одного источника на другой без потери опорной звезды (последовательно подвигая визуальные оси оптических приборов), производят поиск опорной звезды при более благоприятных углах ориентации на Солнце и оптимально обходя мешающие при поиске ориентиры.

При проведении наблюдений для экономии азота стараются максимально использовать режим «малой тяги» двигателей ориентации. Кроме того, накопленный опыт позволяет ученым выделять из общей массы источников, предлагаемых для наблюдения, наиболее интересные. В результате, все эти усилия позволили продолжать наблюдения в течение 4 лет, во время которых было проведено 1072 сеанса связи (из них 721 сеанс по подготовке научных наблюдений и передаче научной информации, а остальные — с целью обеспечения оптимального функционирования бортовых систем).

За все это время отменено лишь 50 наблюдений (23 из-за высокой солнечной активности и неблагоприятных метеорологических условий на основном пункте управления, а остальные — из-за откло-

нений в работе бортовых систем и наземного комплекса). В процессе эксплуатации станции «Гранат» время работы бортовых систем многократно превысило все гарантийные ресурсы. Так, срок службы постоянно функционирующих систем жизнеобеспечения станции превысил гарантийные ресурсы в шесть раз, бортовые передатчики «передавали» информацию в общей сложности свыше 3000 ч, что превышает запланированную продолжительность более, чем в четыре раза. Для управления бортовыми системами на борт выдано и отработано около 110 тыс. команд. Всего за четыре года работы наблюдалось 132 различных источника, причем наиболее интересные из них — многократно, в различных условиях, что помогло выяснить более тонкую структуру их спектров, а также «набрать» статистические данные.

Информация

«Гранат» и исследование космической радиации

В нашей стране непрерывные (мониторные) измерения космической радиации в межпланетной среде с помощью аппаратов «Луна», «Венера», «Марс» начались с 1965 г. по инициативе академика С. Н. Вернова. Вначале они носили чисто научный характер, но по мере того, как становилось очевидным отрицательное воздействие космической радиации на функционирование аппаратов, приборы, регистрирующие ее, стали использоваться в качестве служебной аппаратуры для отслеживания радиационной обстановки на борту КА. Основная же научная идея таких измерений — проведение многократных однотипных измерений с борта различных по назначению аппаратов. Это поз-

воляет обнаружить новые явления в космическом пространстве, уточнить и сопоставить обнаруженные ранее. Орбитальная обсерватория «Гранат», также оснащенная соответствующей аппаратурой, пополнила наши сведения о них.

Контроль за радиационной обстановкой на борту «Граната» осуществляется прибором «КС-18М», разработанным НИИЯФ МГУ. Этот прибор в различных модификациях устанавливался на всех отечественных КА, начиная с 1965 г. Он постоянно регистрирует потоки заряженных частиц галактического и солнечного происхождения (галактическое и солнечное космическое излучение, соответственно ГКИ и СКИ), а также раз в четверо суток, попадая на три-четыре часа в радиационные пояса Земли, регистрирует протоны и электроны, захваченные магнитосферой.

Прибор работает по-

стоянно, не выключаясь. Между сеансами связи информация накапливается и сохраняется в запоминающих устройствах самого прибора и космического аппарата. Информацию с прибора можно получать в кодированном и графическом видах. Оперативный радиационный контроль заключается в слежении за потоками протонов в характерных диапазонах энергий: 1—20 МэВ, 5—20 МэВ и более 20 МэВ, наиболее опасных для аппаратуры «Граната».

Прибор «КС-18М» состоит из двух частей — блока детекторов и блока электроники. Блок детекторов фиксирует электрические импульсы, создаваемые заряженными частицами в полупроводниковых детекторах (ППД) и газоразрядных счетчиках, причем для этого используются и одиночные детекторы и собранные в системы (типа телескопов). Одиночные ППД регистрируют одно-

Помимо основной научной программы, по предложению ИРЭ РАН, в течение первого года полета осуществлен радиотехнический эксперимент, цель которого — исследование солнечно-земных связей, а затем и работы по измерению спектра искусственной турбулентности ионосферы. Посто-

янно проводились измерения радиационной обстановки вокруг орбитальной станции.

Еще один важный результат осуществления проекта «Гранат» — выработка и практическое подтверждение основных принципов управления космической обсерваторией, налаживание взаимодейст-

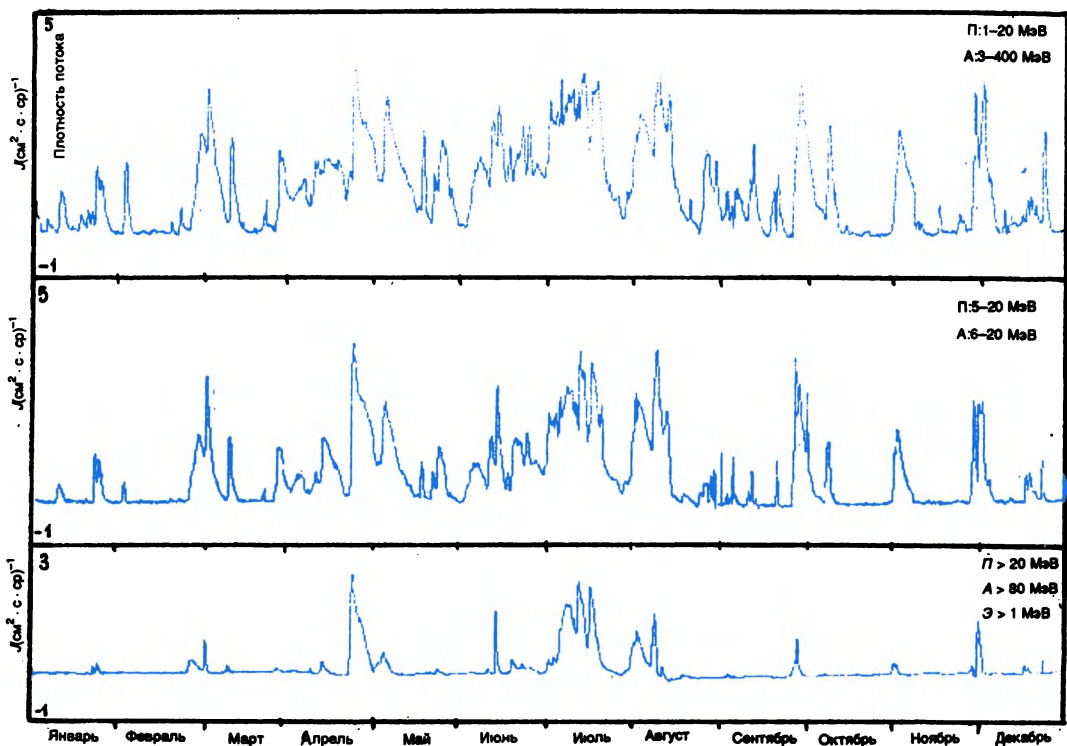
вия всех коллективов, участвующих в управлении, включая зарубежные. Все это дало возможность нашей стране впервые выйти на мировой уровень исследований рентгеновского и гамма-излучений самых различных космических объектов и получить ряд научных результатов принципиального значения.

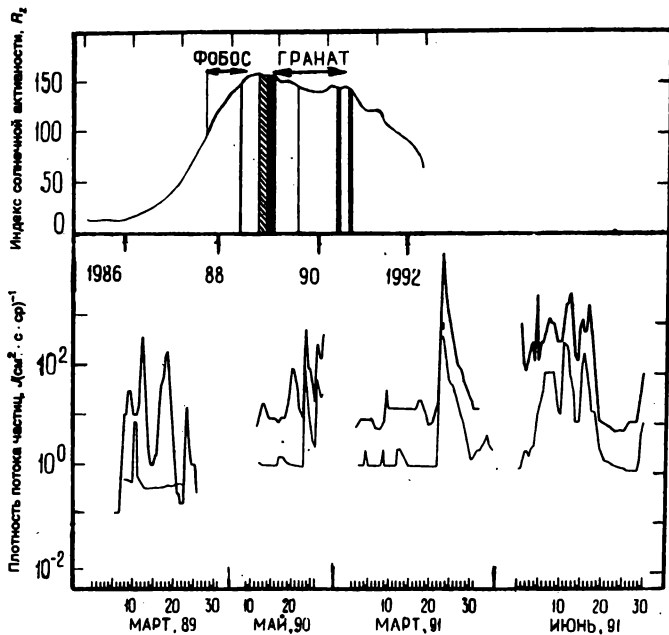
временно протоны, электроны, альфа-частицы и электроны. Телескопы позволяют «отсортировать» частицы, определить скорость счета различных диапазонов энергий и приходящих с различных направлений. Блок электроники (что характерно для мониторов нового поколения) содержит моду-

ли микропроцессоров, которые определяют логику работы прибора в режиме «фон» и «вспышка», формируют информацию, накапливают, запоминают и выдают для передачи на Землю.

За годы использования на различных КА приборы усовершенствовались, приспособлялись к требованиям конкретного

Уровни космической радиации в околоземном пространстве в трех энергетических диапазонах (указаны вверху справа на каждом из графиков). Буква П означает энергию протонов, А — альфа-частиц, Э — электронов. Измерения сделаны прибором «КС-18М», установленным на борту обсерватории «Гранат»





На верхнем графике отражена динамика солнечной активности в период последнего максимума (22 цикл). Вертикальными линиями отмечено время наблюдений с борта космических аппаратов «Фобос» и «Гранат». Внизу — несколько особо мощных вспышек, включая уникальную вспышку в марте 1991 г., вызвавшую зашкаливание прибора «КС-18М»

эксперимента и полета, однако некоторые требования к ним остаются постоянными. Приборы должны быть минимальны по массе, энергопотреблению и обладать надежностью, превышающей надежность КА. Прекрасный пример — прибор «КС-18М».

Время полета КА «Гранат» приходится на максимум и начало спада текущего 22-го цикла солнечной активности (начало

цикла — 1986 г., максимум — 1989—1990 гг., предполагаемое окончание — 1996 г.). За четыре года работы «Граната» в космосе зарегистрированы многочисленные возмущения СКИ, среди которых особенно значительные произошли весной 1990 г. и в марте и июне 1991 г. Июнь 1991 г. вообще был рекордным по количеству, мощности и продолжительности солнечных протонных вспышек. Пять вспышек балла ЗВ (максимальной яркости и площади) произошли в течение полумесяца и сопровождались мощным рентгеновским излучением. В 1993 г. солнечная вспышечная активность заметно уменьшилась (сказывается приближение цикла к минимуму). Анализ информации, полученной с прибора, показывает очень высокую степень солнечной активности, так как вспышки в

1990—91 гг. происходили часто и с большой длительностью (от одних суток и почти до месяца). Накопленный за четыре года материал изучается и осмысливается.

Однако, хотя в научном плане высокая солнечная активность интересна, для приборов КА она все же чрезвычайно вредна, так как в результате постоянно накапливаемой дозы радиации ухудшаются характеристики электронных приборов, падает ток солнечных батарей, темнеют стекла оптических приборов. Например, в марте — июне 1991 г. падение тока солнечных батарей на «Гранате» составило 1,5 а.

Конечно, прибор «КС-18М» — не зонтик и не может защитить КА от проникающей радиации, но он играет существенную роль в жизни и работе «Граната». Решение о начале очередного сеанса наблюдений принимается только в соответствии с показаниями прибора. Ведь во время мощной солнечной вспышки генерируются мощные потоки частиц высоких энергий, которые могут вызвать функциональные сбои в работающих микропроцессорах, если амплитуда сигнала возникшей помехи сопоставима с амплитудой рабочих сигналов. В результате может измениться состояние ячейки памяти бортовой ЭВМ, произойти переключение триггера и даже сформироваться незапланированная команда, что, вероятно, приведет к драматиче-

ским последствиям (например, к потере связи с КА, или изменению его орбиты). Поэтому радиационную обстановку на борту контролировать необходимо не менее тщательно, чем температуру или давление. Интеграль-

ная доза радиации от всех видов излучения, полученная приборами, расположенными непосредственно за стенками приборного контейнера за четыре года, составила около 100 Гр. Это означает, что приборы, име-

ющие малый запас стойкости, скоро окажутся на грани своих возможностей в случае возникновения событий, аналогичных событиям июня 1991 г.

Л. Е. ЗОСИ,
НПО им. С. А. ЛАВОЧКИН.

Из новостей зарубежной космонавтики

Проект «Кассини»: новый этап

Американская программа «Кассини» (Земля и Вселенная, 1990, № 6, с. 81) миновала в своем развитии важную веху. В 1993 г. проект космического аппарата, который должен в 1997 г. стартовать к Сатурну, подвергся кардинальному пересмотру, после чего было принято решение о продолжении финансирования сооружения космического аппарата и окончательной доработке 12-ти экспериментов. Это большое достижение, особенно если учесть, что целый год проект «баланси-

ровал на лезвии ножа» и рисковал оказаться отвергнутым NASA из-за сокращения бюджета. Такая же судьба постигла крупный проект «CRAF» (Comet Rendezvous — Asteroid Flyby — «Встреча с кометой и полет рядом с астероидом»).

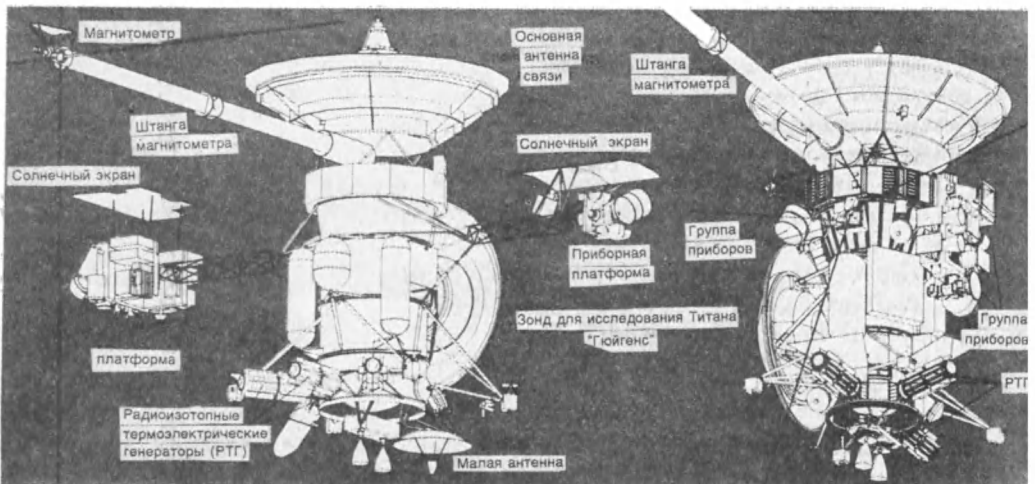
Чтобы спасти проект «Кассини» руководству пришлось значительно сократить средства, предполагавшиеся на него затратить. К счастью, это не скажется на составе научной аппаратуры на КА. Тем не менее, поворотные платформы, на которых прежде эту аппаратуру предполагалось разместить, все же не будут установлены. Это неизбежно скажется на качестве и информативности изображений. Более скромный по размерам и массе топливный бак

позволит вывести «Кассини» в космос на борту среднеразмерной ракеты-носителя «Титан-Центавр», не более мощный, но дорогой.

«Кассини» прибудет к Сатурну в июне 2004 г. и станет в течение четырех лет изучать планету с кольцом и 18 спутниками. В состав космического аппарата входит космический зонд «Гюйгенс», разработанный Европейским космическим агентством (ESA), чья цель — войти в плотную атмосферу самого крупного спутника Сатурна. Затраты ESA на сооружение «Гюйгенса» достигают четверти от общей стоимости проекта (1,9 млрд. долл.) и им не грозит урезание бюджета.

Sky and Telescope, 199

Эволюция конструкции космического аппарата «Кассини»



А. И. Лексель — родоначальник теоретической кометной астрономии в России

В истории науки нечасто вспоминают имя этого ученого, незаурядного математика и астронома-теоретика, помощника и наиболее талантливого ученика Леонарда Эйлера, но всегда вспоминают, когда речь заходит о двух уникальных открытиях в астрономии: первой короткопериодической кометы (носящей его имя) и первой открытой в историческое время большой планеты, природу которой он помог установить.



Андрей Иванович Лексель (1740—1784) — единственное сохранившееся изображение

НА РОДИНЕ

Андерс Йохан (в России Андрей Иванович) Лексель родился 24 декабря 1740 г. в Або (тогда в Швеции, ныне в Финляндии) в семье городского судьи Йонаса Лексея. Способности Андерса к точным наукам обнаружались рано. Окончив местный университет, он уже в 20 лет получил степень доктора философии (тема его диссертации — «Математико-физические афоризмы»). А через три года новая диссертация, защищенная в Упсале, позволила ему занять там место лектора по математике. В 1766 г. Лексель стал профессором в Морском кадетском корпусе, но события, развернувшиеся в это время в научной и общественной жизни соседней России, круто изменили судьбу молодого шведского математика.

ПЕРВЫЕ РАБОТЫ В РОССИИ

Стремление новой императрицы Екатерины II вывести страну на достойное место среди развитых европейских государств вызвало взрыв активности в научной и культурной жизни России. Антибюрократическая реформа 1766 г. Академии наук, возвращение тогда же в Петербург великого Эйлера, грандиозные планы новых экспедиционных исследований природных и хозяйственных богатств страны — все это



Академик Л. Эйлер (1707—1783)

опять сделало Петербургскую академию притягательным центром для молодых европейских ученых, исследователей, путешественников, просто деловых людей. К тому же приближалось редкое небесное явление — прохождение Венеры по диску Солнца (23 мая 1769 г.), — для наблюдения которого в Россию съезжались многие зарубежные ученые.

Чтобы добиться приглашения в Петербургскую академию, А. И. Лексель весной 1768 г. представил туда одно за другим два сочинения. Уже первое — по интегральному исчислению — получило самую высокую оценку Л. Эйлера. Об уровне работы свидетельствует следующий вывод: на вопрос графа В. Г. Орлова, возглавлявшего тогда Академию, — не написал ли за молодого претендента представленную им работу кто-либо из покровителей — крупных ученых, — Эйлер с пылкостью возразил, что это было бы под силу разве что д'Алам-

беру или ему самому, Эйлеру, но ни с тем, ни с другим Лексель не был даже знаком.

По предложению Л. Эйлера (свои положительные рекомендации прислали также несколько немецких и шведских ученых) Лекселя в августе 1768 г. приглашают на службу в Петербургскую академию наук и, получив разрешение шведского короля, в октябре того же года он выехал в Россию. 20 марта 1769 г. ученый был назначен адъюнктом по математике. В его обязанности входило также участие в готовившихся астрономических наблюдениях на академической обсерватории.

Деятельность Лекселя в России началась с проведения наблюдений прохождения Венеры по диску Солнца (вместе с Л. Эйлером и Хр. Майером, приглашенным для этой цели из Мангейма). В дальнейшем же Лексель занимался только теоретическими исследованиями. Вскоре он начинает работать с Л. Эйлером и становится его ближайшим помощником, другом, «глазами и руками» слепнущего гения.

Первым самостоятельным научным трудом Лекселя в России, опубликованным в 1771 г. в Стокгольме и в 1772 г. в Петербурге, стала обработка всех российских наблюдений прохождения Венеры и вычисление солнечного параллакса (он получил его значение $8,63''$, по другим источникам $8,68''$; в действительности — $8,8''$).

За 16 лет жизни в России Лексель опубликовал несколько десятков научных статей по математике и астрономии (последних более половины). Уже современниками отмечен его вклад в развитие сферической тригонометрии (где одна из теорем носит имя Лекселя).

В астрономии полем деятельности ученого стала расцветавшая тогда небесная механика. И здесь его успехи, достигнутые всего за полтора десятка лет, показывают, насколько талантливым был этот исследователь.

Большая часть астрономических статей Лекселя посвящена исследованию движения комет, привлекавших особое внимание наблюдателей и вычислителей. Вместе с Л. Эйлером он вычислил

элементы орбиты кометы 1769 г. (опубликовано в 1770 г.), определив, что большая полуось ее эллиптической орбиты в 61 раз больше орбиты Земли, а период составляет около 500 лет. Приближенный геометрический метод, который применили ученые, хотя и не давал высокой точности, позволявшей отыскивать светило на небе, зато открывал возможность массовых определений элементов орбит для проведения первой классификации их типов. В дальнейшем Лексель самостоятельно вычислил элементы ряда других комет, в том числе кометы 1780 г. Он обобщил теорему Ламберта о кометных орбитах, аналитически доказанную Лагранжем для эллиптических орбит (Лексель распространил доказательство на параболические орбиты). По существу Лексель стал родоначальником теоретической кометной астрономии в России.

КОМЕТА ЛЕКСЕЛЯ

Наиболее неожиданными оказались результаты его вычислений кометы, открытой Ш. Мессье 14 июня 1770 г. (1770 I). После соединения с Солнцем (21—26 июня) она 1 июля, по некоторым оценкам, находилась лишь в шесть раз дальше Луны. Комета наблюдалась до 3 октября, сначала как звезда 2^m, затем 4^m—5^m. Видимый поперечник головы доходил почти до 2,5'. Впрочем, вычисления элементов ее орбиты,— вначале для простоты принятой за параболическую,— давали весьма различающиеся результаты, что вызвало споры между астрономами. Шведский астроном Э. Проперин даже сделал на этом основании вывод о влиянии Земли на изменение пути кометы. Однако французский астроном А. дю Сежур возразил, показав ничтожность этого возмущения, ввиду значительной величины даже минимального расстояния кометы от Земли (по его оценке около 3 млн км) и достаточно большой скорости ее движения (около 12 км/с). Тогда возникла мысль о почти круговой эллиптической орбите кометы. Если это так, становилось понятно, почему не удается «уложить» ее на отрезок параболы

близ перигелия. Этим соображением и воспользовался Лексель. Поскольку эллиптическая орбита (точнее, ее большая полуось) определяется периодом движения по ней, то методом подбора Лексель выбрал период, при котором соответствующая орбита давала положения кометы, близкие к наблюдаемым. И тут он с удивлением обнаружил, что этому условию отвечает лишь неслыханно короткий период обращения кометы — в 5,5 лет (вернее, между 5 и 6 годами!) Причем стоило изменить его на год в ту или иную сторону, и результаты расчета далеко уводили от наблюдений. Расчеты же положений кометы с периодом в 5,5 лет совпадали с наблюдаемыми с очень высокой точностью, не уступавшей точности определения орбит известных планет. Результат Лекселя был впоследствии подтвержден другими учеными.

Но в 1776 г. комету не нашли! Рассчитав изменение ее орбиты, Лексель показал, что в 1767 г. в афелии комета должна была пройти вблизи Юпитера и изменить путь (когда она оказалась почти в 60 раз ближе к Юпитеру, нежели к Солнцу). Став видимой с Земли, она впервые была открыта в 1770 г. Лексель нашел также, что в дальнейшем комета вновь сблизится с Юпитером в 1779 г., затем резко изменит орбиту и уйдет из поля зрения землян. (Таким образом, в 1776 г. она двигалась еще по «наблюдаемой» орбите, но в перигелии оказалась в соединении с Солнцем, поэтому ее и не обнаружили.)

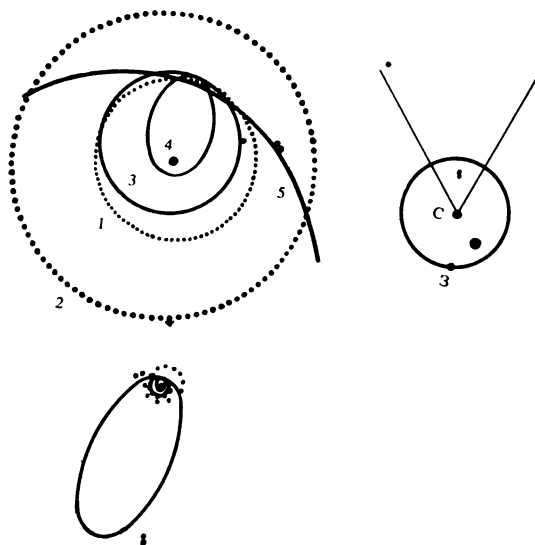
Лексель решил еще одну очень трудную задачу — определил возмущения в движении кометы под влиянием Земли и уточнил ее период (5 лет и 7 месяцев, что подтвердили впоследствии И. К. Буркхардт, Т. Клаузен и У. Леверье). Комета получила имя Лекселя, который не только установил существование особо короткопериодических комет, но и доказал возможность быстрой эволюции кометных орбит под воздействием Юпитера. Это был первый случай вычисления эллиптической орбиты кометы по ее единственному появлению.

Комете 1770 I Лексель посвятил несколько статей. Первая и наиболее важная из них «Размышления о времени обращения комет вообще и особенно о комете 1770 г.» появилась в 1778 г. на латыни в «Актах» Петербургской и через год в «Мемуарах» Парижской академии наук, а также в «Философских трудах» Лондонского Королевского общества. В ней Лексель привел также результаты своих вычислений периода и большой полуоси орбиты кометы на 1770 г. (соответственно, 5,585 года и 3,1478606 а. е.).

Расчеты, приведенные в современном «Каталоге короткопериодических комет» Н. А. Беляева, Л. Кресака и др. (1986 г.) для эпох 1750, 1775 и 1800 гг., показали, что до 1767 г. комета Лекселя имела период 9,23 года и орбиту близкую к круговой, а после 1779 г. должна была перейти на эллиптическую орбиту с периодом более 260 лет. В обоих случаях ее перигелий оказывается на достаточно больших расстояниях — в 3 и 5 а. е.

Комета Лекселя оказалась уникальной во многих отношениях: вторая по блеску после галлеевой, она ближе всех известных короткопериодических комет подошла к Земле (0,015 а. е.); была второй по степени сближения с Юпитером (0,002 а. е.); испытала наибольшее возмущение от него (расстояние ее от Солнца в перигелии увеличилось с 0,67 до 5,17 а. е.). При этом наиболее сильно изменилась большая полуось ее орбиты. Эффекты возмущений движения кометы под влиянием Юпитера были «перекрыты» лишь кометой Шумейкеров-Леви (1993e) (Земля и Вселенная, 1993, № 6, с. 95 — Ред.).

Уже во времена Лекселя открытие первой короткопериодической кометы позволило получить, наконец, реальное представление о массах комет вообще: не обнаружив ожидавшегося вначале заметного возмущения от нее в движении Земли (что могло проявиться в изменении длины сидерического года), П. С. Лаплас впервые оценил верхнюю границу для массы этой кометы как $1/5000$ массы Земли.

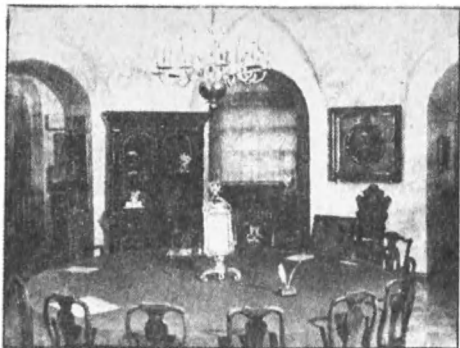


Эволюция орбиты кометы Лекселя. Слева: 1 — орбита Юпитера; 2 — Сатурна; 3, 4, 5 — орбиты кометы (соответственно, до 1767 г., в эпоху открытия и после 1779 г.). Справа: взаимное расположение Солнца (С), Земли (З) и кометы в перигелии. Сектор — область ненаблюдаемости кометы с Земли (из «Каталога короткопериодических комет» Н. А. Беляева и др., 1986)

ОБЛЕЧЕННЫЙ ВЫСОКИМ ДОВЕРИЕМ

Успехи в кометной астрономии и открытие нового типа комет принесли Лекселю европейскую известность. Он становится ординарным академиком (действительным членом) Петербургской академии наук по классу астрономии (с 1771 г.), почетным членом Академии наук в Стокгольме (1773 г.) и в Упсале (1774 г.), членом-корреспондентом Парижской академии наук (1776 г.).

В 1775 г. Лексель получил приглашение от шведского короля занять место профессора математика в Або (с отсрочкой выезда до 1780 г.). Но, прочно связанный с Россией, Лексель принимает другое предложение, сделанное ему директором Петербург-



Зал, в котором проходили академические заседания в XVIII в.

ской академии С. Г. Домашневым,— совершить длительное заграничное путешествие по Европе (редко кому разрешавшееся тогда из иностранцев). Поездки предусматривали ознакомление с научными учреждениями, налаживание научных связей, в том числе заказ новых инструментов и приборов для России. За полтора года Лексель посетил Германию, Францию, Англию, Финляндию, Бельгию, Голландию, Данию, Швецию. В Париже провел почти полгода, в Лондоне около трех месяцев и месяц в Берлине. Выполняя специальную письменную инструкцию Академии, Лексель побывал в Гринвичской, Оксфордской, Парижской, Мангеймской и других обсерваториях, в естественно-научных музеях, библиотеках, заказывал астрономические инструменты (среди них телескоп и маятниковые часы в Англии, географические глобусы в Стокгольме, различные физические приборы). Он знакомится почти со всеми крупнейшими астрономами и математиками Европы, многие становятся его друзьями. В их числе были П. С. Лаплас, Ж. А. Кондорсэ, А. Л. Лавуазье, президент Парижской академии наук Б. де Сарон. Сближению с людьми способствовал мягкий, добродушный характер Лекселя, его общительность. В своих многочисленных письмах в Петербург, главным образом, к И. Л. Эйлеру, непременно секре-

тарю Академии, сыну Л. Эйлера (сохранилось около ста писем), Лексель подробно характеризует многих из этих ученых, описывает стиль научной жизни в разных странах. Он восхищается университетскими библиотеками Германии — Лейпцига (40 тыс. томов) и особенно Мангейма (140 тыс. томов), описывает частную обсерваторию Х. Майера в Мангейме, обсерваторию в Геттингене, но наилучшей считает Оксфордскую в Англии. Особенно подробны его письма из Парижа. В них даже описание скандалов в Парижской академии наук, шокировавших его строгую душу протестанта. Познакомился Лексель в Париже и с будущим директором Петербургской академии наук — княгиней Е. Р. Дашковой — и сразу отметил в ней «очень волевою женщину».

Видимо, во время этого путешествия, будучи в Геттингене, Лексель мог увидеться и с Г. К. Лихтенбергом, который через него познакомился с новой оригинальной теорией Ф. У. Т. Эпинуса о вулканической природе лунных кратеров. Ссылаясь на Лекселя, Лихтенберг в том же 1781 г. (как и Эпинус в Петербурге) опубликовал свои размышления о вулканах на Луне. Эти идеи, казалось, подтвержденные наблюдениями В. Гершеля, стали вскоре основой для выдвигания версии об источнике происхождения метеоритов (первый положительный отклик на революционную теорию Хладни 1794 г.).

ОШИБКА, ПРИНЕСШАЯ СЛАВУ ДВОИМ

С именем А. И. Лекселя связано установление истинной природы нового небесного тела, открытого 13 марта 1781 г. В. Гершелем, который принял его поначалу за комету.

В одном из писем (от 24.III.1781 г. из Парижа) Лексель впервые сообщает об открытии новой кометы, над элементами которой работал тогда Лаплас. 20 апреля, уже из Лондона, Лексель вновь пишет об этом открытии, а в июне—июле и о своих вычислениях ее элементов. Речь шла об открытии

В. Гершелем нового светила в Близнацах. 26 апреля 1781 г. он сделал сообщение об этом в Лондонском Королевском обществе. Новую «комету» наблюдали многие астрономы Европы, особенно во Франции, включая Ш. Мессье. Но все попытки вычислить ее элементы, традиционно принимавшиеся за параболические, не давали согласия с наблюдениями. Вначале полагали, что перигелий «кометы» находится не далее орбиты Сатурна, где-то на расстоянии порядка 4 а. е. Первый шаг за рамки привычных уже представлений о близости перигелиев открываемых комет к Солнцу сделал Б. де Сарон, который 8 мая 1781 г. заявил, что перигелий нового тела удален не менее, чем на 12—14 а. е. Это вызвало новую волну внимания к загадочной «комете».

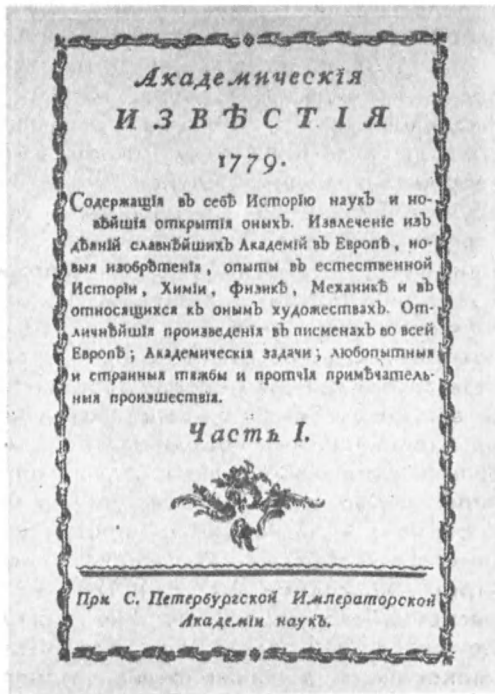
Следующий и уже принципиально новый шаг сделал А. И. Лексель. Он учел ряд дополнительных обстоятельств, отличавших новое тело от обычных комет: оно не имело намека на туманную «кометную» оболочку, но не походило и на «точечные» светила — звезды. Тело очень медленно перемещалось по широте (т. е. орбита была «прижата» к эклиптике!) и двигалось по Зодиаку, как движутся Солнце, Луна и планеты в своем прямом движении. Последнее получило в дальнейшем подтверждение, когда И. Э. Бодде обнаружил, что это новое светило было отмечено еще 25 сентября 1756 г. Х. Майером в созвездии Рыб. Из всего этого Лексель заключил, что орбита нового небесного тела круговая и по двум крайним тогда наблюдениям его положения (17 марта 1781 г. В. Гершелем и 11 мая 1781 г. Н. Маскелином) вычислил орбиту, получив радиус ее вдвое больший радиуса орбиты Сатурна (точнее, 18,93 а. е.). Правда, промежуточные наблюдения в большем интервале (между 17 марта и 28 мая) согласовать с нею не удалось, и Лексель продолжил подбор орбит, опираясь на новые интервалы наблюдений. Дело затруднялось тем, что непосредственно наблюдавшаяся дуга, пройденная за это время светилом, составляла всего $39^{\circ}26'$! (Из-



Уильям Гершель (1738—1822)

вестно, что комета 1770 I прошла за подобный промежуток времени десятки градусов.) В июне—июле 1781 г. Лексель сообщает о своих вычислениях элементов новой «кометы» почти в каждом письме И. А. Эйлеру. Тогда же он сообщил своему другу в Париже о найденной им для нового светила круговой орбите с радиусом, равным 18 средним расстояниям Солнца от Земли. Узнав об этом, Ж. Лаланд первым, насколько это известно, сделал сенсационное заявление, что светило, открытое В. Гершелем, — новая планета.

Тем временем Лексель приходит к несколько обескуражившему заключению: из-за малости дуги, охваченной наблюдениями (к тому времени крайними датами были 17 марта и 28 мая); нельзя однозначно определить характер орбиты нового тела, так как наблюдавшийся отрезок его пути можно уложить и на бесчисленное мно-



Титульный лист «Академических известий» (СПб., 1779)

жество параболических орбит с перигелийными расстояниями от 6 до 22 а. е. И только несколько месяцев дополнительных наблюдений дали достаточно определенный ответ: орбита тела почти круговая.

Возвратившись в начале декабря 1781 г. в Петербург (выполнив все поручения Академии наук), Лексель продолжил вычисления орбиты открытой планеты. Теперь он располагал полученными в 1782 г. наблюдениями, произведенными не только в Бате, Лондоне, Париже, но и в Тулузе, Стокгольме, Медиолане (Милане) — за период с 17 марта 1781 г. по 22 октября 1782 г. Для разных интервалов внутри этого периода наблюдений Лексель получил неодинаковые, но весьма близкие результаты: орбита была близка к круговой с радиусом, по новым оценкам Лекселя, — от 18,86 до 18,92 а. е. (современные данные — 19,19

а. е.), а ее наклон к эклиптике составлял $44^{\circ}58'$ — $45^{\circ}27'$, с долгой восходящего узла около 12° . (Более точные эллиптические элементы новой планеты вычислил в январе 1783 г. Лаплас.)

Первые попытки измерить видимый поперечник планеты привели к весьма различным результатам (от $3''$ и $5,5''$ у В. Гершеля до $10''$ (!) у Хр. Майера в Мангейме). Лексель нашел выход: он сравнил диаметр новой планеты с диаметром Марса, который тогда был в апогее и в окрестностях которого наблюдалась новая планета. Оценка ученого ($4''$) была близка к уточненному прямому измерению В. Гершеля ($3,9''$, в действительности $3,4''$). Это позволило впервые оценить линейные размеры нового тела и, при всех расхождениях (по Гершелю оно в 4,3 раза больше Земли, по Лекселю — в 3,6, а в действительности в 3,98 раза), установить определенно, что по своим размерам это третья после Юпитера и Сатурна большая планета Солнечной системы.

11 марта 1783 г. Лексель в публичном собрании Петербургской академии наук доложил свои «Исследования о новой планете, открытой Гершелем и нареченной Георгиевым светилом...» (в честь короля Англии Георга III).

В этом исследовании, опубликованном на латыни в первом выпуске «Новых актов» Петербургской академии наук, обсуждались уже предлагавшиеся тогда и другие наименования планеты: «Уранос» (предложено И. Э. Боде), «Нептун» (предложение Э. Просперина). Учитывая авторские права Гершеля, Лексель склонился к наименованию «Нептун Георгия» или «Нептун Великобритании» в честь морских побед этой державы, но критиковал гершелеево «Георгиева звезда» как не подходящее для планеты.

ТРАГИЧЕСКИЙ ФИНАЛ

Следует остановиться еще на одном факте, связанном с открытием Урана (так стали окончательно называть новую шестую планету Солнечной системы).

На основании неправильностей в движении Урана, Лексель якобы предсказал существование заурановой планеты, как об этом пишут в современной историко-научной литературе. Судя по единственной работе Лекселя об Уране, опубликованной в первом томе «Новых актов» Петербургской академии наук за 1783 г., дело обстояло несколько иначе. Лексель обратил внимание на существенное расширение размеров Солнечной системы за счет уже открытых тогда периодических комет со значительными периодами и сильно удаленными от Солнца афелиями (до 87 а. е.). Допустим, что «пределы сей Солнечной системы простираются во сто крат далее, нежели путь Сатурна или даже дальше», и отметив, что звезды слишком далеки, чтобы нарушить ее устойчивость, он пишет, что за планетой Гершеля «могут быть и многие другие планеты, описывающие пути свои в гораздо больших еще от Солнца расстояниях».

Научные успехи А. И. Лекселя и, очевидно, не в последнюю очередь его преданность русской науке были высоко оценены в России: новый директор Академии наук княгиня Е. Р.

Дашкова (с которой Лексель, как говорилось выше, познакомился еще в своей заграничной поездке) назначила его в 1783 г. на ставшее вакантным после кончины Л. Эйлера место в Академии наук и увеличила ему жалованье. В том же году Лексель был избран иностранным членом академии наук в Турине. В следующем — его заслуги отметил Комитет долгот в Лондоне (у Лекселя имеются работы и в этой области), включив ученого в число лиц, снабжаемых трудами комитета. Однако работа о новой планете оказалась для Лекселя последней. В августе 1784 г. он еще выступал на академических собраниях, но внезапная болезнь — гангренозная опухоль, сопровождаемая жестокой лихорадкой — за немногие недели свела его в могилу. А. И. Лексель умер утром 30 ноября (ст. ст.) 1784 г. в расцвете творческих сил, не дожив до своего 45-летия. Имя его было увековечено в наименовании одного из кратеров на видимой стороне Луны.

А. И. ЕРЕМЕЕВА,
кандидат физико-математических наук

Информация

Рентгеновское излучение от двойного пульсара

Сейчас известна уже почти тысяча радиопулсаров. Среди них особое место занимают миллисекундные и двойные. Напомним, что Нобелевская премия по физике за 1993 г. была присуждена за открытие двойного радиопулсара. У большинства пульсаров компаньон — не второй пульсар, а белый карлик или звезда главной последовательности.

Таков миллисекундный радиопулсар J0437—4715, расположенный на расстоянии 140 пк от Зем-

ли. Его оптический компаньон — звезда главной последовательности с массой $\approx 0,2 M_{\odot}$. В этой системе с орбитальным периодом $5,74^d$ не наблюдается затмений. Недавно с помощью спутника «ROSAT» у этого пульсара было открыто и рентгеновское излучение. Это второй миллисекундный радиопулсар, который зарегистрирован и в радио- и в рентгеновском диапазоне.

Как известно, радиоизлучение пульсара зарождается в его магнитосфере (нетепловой механизм излучения). Фотоны высоких энергий также чаще всего образуются в магнитосфере, но в случае рентгеновского излучения J0437—4715 ясно, что существует чернотельная, т. е. тепловая, компонента

жесткого излучения со светимостью $1,3 \cdot 10^{30}$ эрг/с и эффективной температурой $1,7 \cdot 10^6$ К.

Это открытие очень важно для физики нейтронных звезд, поскольку возраст пульсара J0437—4715 равен $2 \cdot 10^9$ лет, но на его поверхности существует горячая точка площадью около $0,05 \text{ км}^2$. Вероятно, температура нейтронной звезды поддерживается достаточно высоко за счет внутреннего трения в звезде или за счет бомбардировки полярных областей высокоэнергичными частицами, ускоряемыми в магнитосфере пульсара.

Nature, 1993, 365, 6446

Для спасения лесов России

Леса — великое богатство России. Составляя существенную часть лесных ресурсов мира, они представляют исключительную ценность не только для нашей страны, но и для всего человечества. 26 ноября 1993 г. в Москве, в Президиуме РАН состоялась пресс-конференция, посвященная новому масштабному проекту. Подведены итоги четырехлетнего сотрудничества Международного института прикладного системного анализа (Лаксенбург, Австрия) и Всероссийского исследовательского центра по лесным ресурсам. Научная программа разработана под руководством известного лесоведа, члена Шведской Королевской академии сельского и лесного хозяйства Стена Нильссона. Цель научной работы: анализ состояния лесных ресурсов Европейской части бывшего СССР, оценка степени влияния на них постоянно усиливающегося загрязнения воздуха и определение перспектив их эксплуатации в течение столетия. Детальные и точные данные о состоя-

нии лесных ресурсов получены по 17 экономическим районам, объединенным в пять групп. Создан банк данных. И сделан вывод о необходимости обязательного соблюдения принципа неистощительного использования леса.

Установлено, что если в Западной Европе потери в лесной промышленности не превышают 1%, то в России они в ряде случаев достигают 50% и более. Для Европейской территории бывшего Союза это не менее 90 млн м³ в год. Между тем, реально сократить процент потерь при лесоразработках до 15%.

Профессор С. Нильсон отметил, что загрязнение воздуха и нерациональное ведение лесного хозяйства резко снизили в настоящее время потенциальные возможности лесопользования в европейских регионах бывшего Союза. Если дело и дальше так пойдет, лет через двадцать традиционно экспортировавшая лес Россия будет вынуждена ввозить его.

Международный Институт прикладного систем-

ного анализа рекомендует реализовать принципиально новую «лесную политику». Ее цель — устойчивое развитие рационального лесного хозяйства во всех его аспектах. Чтобы его обеспечить, нужно усовершенствовать все виды инфраструктуры, довести управление и технологию производства до западных стандартов. Необходимо также систематически сокращать объемы промышленных выбросов в атмосферу химических веществ — загрязнителей воздуха, прежде всего таких, как углекислый газ, окислы азота и тяжелых металлов. Но, прежде всего, это научные исследования на самом высочайшем современном уровне.

Успешное сотрудничество с Международным институтом прикладного системного анализа получает свое дальнейшее развитие. Между ним, Российской Академией наук и Министерством экологии и природных ресурсов России подписано соглашение о долгосрочном сотрудничестве по новому проекту, назван-

ному «Лесные ресурсы, охрана окружающей среды и социально-экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока».

В исследованиях примут участие 25 «лесных» учреждений России, ученые из США, Канады, Японии, Финляндии, Швеции и других стран, а также Международная ассоциация исследователей бореальных (северных) лесов, включившая проект в план своей деятельности.

Созданы две основные научные группы. Одна — в Москве под руководством президента Международного института леса, директора Центра по экологии и продуктивности лесов Российской Академии наук академика А. С. Исаева. Другая — в Австрии под руководством профессора Стена Нильссона. В международный Исполнительный комитет проекта вошли известные ученые и управляющие лесным хозяйством из России, США, Канады, Швеции и Международной гео-сферно-биосферной программы. Они будут определять основные стратегические направления исследований и оценивать их научные результаты.

Уже разрабатываются две обширные базы данных: одна содержит материал по ресурсам и экологии, другая по промышленности, инфраструктуре и социально-экономическим факторам. В 1994 г. будет начато глубокое комплексное исследование экологического и ресурсного состояния сибирских лесов. За Уралом на площади 5 млн км² сосредоточено 19% лесов земного шара и 17% мировых запасов древесины. Более 30 млрд т углерода аккумулировано в сибирских и дальневосточных лесах. Но важнее всего, что эта естественная среда обитания множества видов животных и растений (и человека тоже!) нуждается в восстановлении. Важнейший аспект — оценка роли лесов в улучшении местного и глобального климата. Интегрированный анализ всего комплекса полученного научного материала позволит выработать рекомендации для устойчивого развития крупнейших лесных экосистем мира, предотвратив их разрушение.

Академик А. С. Исаев рассказал о проекте крупномасштабного изучения природно-территориальных комплексов вдоль

Красноярско-Енисейского меридиана. Эти исследования, начатые Институтом леса Сибирского отделения РАН, предполагается распространить в Монголию, Индию и дальше до экватора. В западном полушарии исследования лесов по той же программе проведет Канада. «Лесной меридиан» пересечет ряд растительно-географических зон: сеть научных станций для изучения динамики лесов расположится вдоль него. Параллельно будут проводиться наблюдения со спутников.

Сибирь и Дальний Восток больше других регионов России страдает от неравномерного экономического развития и нерешенности многих социальных проблем. Оздоровление лесов и создание цивилизованного экологичного лесного хозяйства и лесной индустрии на территории Сибири и Дальнего Востока улучшит социально-экономическое положение не только этих территорий, но повлияет на экологию всей планеты.

В. А. МАРКИН

Система факультативов по астрономии и космонавтике

Е. П. ЛЕВИТАН,
доктор педагогических наук,
Отделение космического образования
Академии космонавтики им. К. Э. Циолковского

Мало того, что отдельные результаты признаются, разрабатываются и применяются немногими специалистами. То обстоятельство, что научные знания являются достоянием лишь маленькой группы людей, снижает философский уровень народа, приводит к духовному оскудению.

А. ЭЙНШТЕЙН

«ВТОРАЯ НАУКА КАЖДОГО»?

Огромен разрыв между той информацией о строении и эволюции Вселенной, которой в настоящее время располагают профессиональные астрономы, и теми представлениями о ней, которые есть у «человека с улицы». На первый взгляд, в этом нет ничего настораживающего, ибо подобное наблюдается во всех областях науки и считается нормальным явлением (иначе, в частности, потерял бы смысл само понятие «профессионал»). Однако астрономия имеет право претендовать на особое положение среди других естественных наук, потому что именно она, определяя место человека во Вселенной и объясняя повседневно наблюдаемые явления, может и должна быть «второй наукой каждого».

Что же касается астрономических познаний «человека с улицы», то они предельно скудны. Взрослые люди, с которыми нередко приходится беседовать на астрономические темы, пытаются мучительно припомнить, была ли у них в школе астрономия как учебный предмет и что осталось в памяти от уроков астрономии, если

они даже проводились. А потом в круговерти жизни уже вроде бы не до Вселенной, и вспоминают о космосе лишь тогда, когда слушают телевизионные внушения астрологов или пытаются что-то вразумительное ответить на астрономические «почемучкины вопросы» своих, пока еще любознательных, маленьких детей... Не так ли некоторые люди приходят к «духовному оскудению», насыщаясь оккультными премудростями, которые, очевидно, усваиваются проще и закрепляются в памяти основательнее, чем знания по астрономии?

Когда-то в нашей стране по инициативе Астрономо-геодезического общества довольно часто проводились всякого рода проверки состояния преподавания астрономии в общеобразовательных школах. Как правило, они выявляли низкий уровень знаний учащихся, что побуждало энтузиастов астрономического образования различными путями добиваться улучшения дела. Зарубежные коллеги тоже стараются ликвидировать астрономиче-

скую безграмотность, но и им это далеко не всегда удается.

В этой связи хотелось бы обратить внимание на статью в еженедельнике «За рубежом», № 43 (1708), 1993 г. Статья называется «Кто понесет дальше факел прекрасной истины?» (перепечатка из лондонской «Санди-Тайм»). Ее написала Хетер Купер — профессор кафедры астрономии «Грэшам колледжа», основанного еще в 1597 г. для содействия распространению «новых знаний», Х. Купер, которой профессорское звание было присвоено за выступление с публичными лекциями по астрономии (шесть раз в году в течение трех лет...), напоминает, в частности, о результатах опросов, проведенных в конце 80-х гг. в Великобритании и США. Из 2000 взрослых англичан две трети не знали, что «Земля делает один оборот вокруг Солнца за год». Рассуждая о том, так ли уж страшно, что люди не знают этого, не слышали о Копернике и Галилее, не понимают, почему восходит и заходит Солнце, Х. Купер пишет: «С упадком организованной религии весь наш социальный климат начинает принимать тонкий налет невежества. Многим людям стало «удобно» забывать о реальностях космических полетов или об исследованиях, познающих истоки Вселенной. Вместо этого они начинают использовать звезды и планеты как средство спокойного погружения в мракобесие. Я уже потеряла счет людям, которые твердо верят в то, что в астрологии «что-то» есть, хотя достаточно лишь слегка напрячь свои мыслительные способности, чтобы понять, что все это чепуха. Меня не только печалит тот факт, что некоторые люди беспомощно вверяют свою судьбу предрассудкам, но и возмущает вытекающее из этого неуважительное отношение к науке. Получается так, что астрология, т. е. мифическое понимание мира, способна указывать путь, которому должно следовать человечество, а вот астрономия таких указаний дать не может и, следовательно, не заслуживает никакого внимания». Хотя на самом деле «астрономия, безусловно, является одной из немногих наук, которая касается

всех областей человеческого опыта — от веры до философии и от искусства до древних учений... Но астрономия — это нечто большее, чем просто физика...». С этим невозможно не согласиться. Именно то, что астрономия не только «нечто большее, чем просто физика» и «касается всех областей человеческого опыта», вероятно, подтверждает гипотезу о том, что ликвидация астрономической безграмотности будет, помимо всего прочего, способствовать возрождению духовности (Земля и Вселенная, 1993, № 3, с. 56—64).

ВОЗМОЖНОСТЬ ВЫБОРА

Отличительная черта нынешней общеобразовательной школы — возможность выбора учебных предметов и системы образования. На смену единой и обязательной программе обучения тому или иному предмету пришла дифференциация образования. Она осуществляется либо в рамках единой программы («уровневая дифференциация»), либо в различных школах (классах) с гуманитарным и прочими уклонами («профильная дифференциация»). Для основной и старшей школы разработаны и опубликованы Министерством образования Российской Федерации соответствующие программы и учебники по различным предметам, включая физику и астрономию. Причем, есть интегративные программы, например, «Физика. Астрономия» (для VII—IX и X—XI кл.), «Физика и астрономия» (VII—IX кл.), программа систематического курса физики, программа систематического курса астрономии для XI кл. (отдельно для «гуманитарных» и «физико-математических» школ и классов) и ряд других программ.

Таким образом, учащиеся имеют возможность приобщиться к астрономии, изучая интегративные курсы (физика и астрономия) и систематический курс астрономии (скорее всего это будет предмет по выбору). Кроме того, современные базисные учебные планы предусматривают факультативные, индивидуальные и групповые занятия. На такие занятия в разных классах отводится от 2 до 6 часов в неделю (по 6 часов в X—XI кл.). В

данной ситуации **факультативные занятия приобретают более высокий статус**, чем раньше, и могут представить известный интерес как для учащихся, так и для учителей. Думается, что в числе предлагаемых факультативных курсов должны быть факультативные курсы по астрономии и космонавтике.

ОТ ОТДЕЛЬНЫХ КУРСОВ — К СИСТЕМЕ

Проблема факультативных курсов по астрономии обсуждается в нашей стране давно, в том числе и в работах автора («Физика в школе», 1968, № 2). Хорошо известна книга для учащихся «Основы космонавтики» А. Д. Марленского, первое издание которой появилось еще в 1975 г. и было рекомендовано в качестве пособия по одноименному факультативному курсу. Предлагались весьма содержательные программы факультатива «Физика Вселенной» и некоторых других. Но приходится с сожалением признать, что до сих пор по разным причинам факультативные занятия по астрономии и космонавтике почти не проводятся в школах.

Может быть, дело в дальнейшем изменится к лучшему, если, учитывая более благоприятную общую обстановку в школе, попытаться заинтересовать учащихся и учителей не отдельными факультативами, а их **системой**? В идеале такая система могла бы предусматривать проведение факультативов по астрономии и космонавтике во всех классах общеобразовательной школы от I до XI. Благодаря этому школьники, интересующиеся астрономией и космонавтикой, могли бы непрерывно пополнять свои знания. Разумеется, даже система факультативов не может решить общую проблему космического образования подрастающего поколения, поскольку лишь немногие выберут факультативы по астрономии и космонавтике (и тем более будут заниматься ими на протяжении всей своей школьной жизни!). Но, во-первых, ради немногих тоже можно и нужно работать. Во-вторых, как свидетельствует опыт, наличие в

данной школе нескольких ребят, длительное время посвящающих свой досуг науке о Вселенной, может оказать положительное влияние не только на многих других учащихся, но и на интеллектуальную атмосферу во всей школе.

Перед рассмотрением варианта системы факультативных курсов необходимо хотя бы очень кратко остановиться на основных принципах ее построения.

Едва ли нужно стремиться к созданию жесткой строго регламентированной системы факультативных курсов и каждого курса в отдельности. Их тематика и программы должны иметь ориентировочный характер, предоставляя возможность учителю, от которой зависит успех дела, самому определить, с какого класса и даже на протяжении скольких лет вести данный факультативный курс. Выбор учителя будет, очевидно, зависеть от его личного отношения к астрономии и космонавтике, контингента учащихся, наличия средств обучения и т. д. Разрабатывая систему курсов, рассчитанную на весь период школьного обучения, необходимо предусмотреть и возможность ее частичного использования в тех или иных классах. Например, в одних школах учителя-энтузиасты будут вести факультатив в начальных классах, а в других только в средних или даже старших.

По форме и содержанию факультативы для начальной школы будут, естественно, резко отличаться от факультативов для старшекласников. Учет возрастных особенностей ребят необходим и при выборе тематики астрономических наблюдений и практических работ. По своей сути факультативные курсы должны быть **интегративными**, т. е. включать не только строго определенные вопросы из данной области науки, но иметь выход в физику, географию, химию, биологию и не отгораживаться от истории, литературы, искусства, фольклора и т. д. Конечно, наиболее тесно факультативы по астрономии должны быть связаны с космонавтикой, родившейся из мечты человека о полетах к небесным светилам. Идея профессора В. В. Радзиевского, что в школе должен быть

курс «Астрономия и космонавтика», по-моему, и сейчас не потеряла своей актуальности.

Возрастает значение гуманизации и гуманитаризации школьного образования. Здесь важна как сама возможность выбора учебного предмета или факультатива, так и гуманитарные акценты в содержании образования естественнонаучных дисциплин, включая астрономию (Земля и Вселенная, 1983, № 5, 1986, № 5, 1990, № 1). Факультативные курсы позволяют авторам программ, учебных пособий и самим учителям более полно (чем это можно сделать в жестких рамках учебников и учебных предметов) реализовать идеи гуманизации и гуманитаризации, показывая учащимся на примере развития астрономии и космонавтики различные аспекты научно-технического творчества. Если включенный в факультатив материал не только доступен и понятен школьнику, но и близок лично ему, то факультативные занятия смогут способствовать обогащению мировоззрения школьника и развитию его личности. Для этого (помимо всего прочего) нужно освободить факультативные занятия от всевозможных запретов: например, свободно и объективно обсуждать вопросы, относящиеся, скажем, к уфологии или астрологии. Жизнь показывает, что всякого рода запреты не достигают цели. Значительно эффективнее именно свободное обсуждение соответствующей объективной информации и научный анализ ее бессодержательности. Учащийся должен получить хотя бы минимум «информации для размышления», чтобы со временем выработать свое личное отношение к НЛО, гороскопам и т. п.

ВАРИАНТ СИСТЕМЫ ФАКУЛЬТАТИВОВ

I—IV классы — факультативный курс «Твоя Вселенная». Автором этой статьи подробно разработана примерная программа этого курса в рамках одного из проектов, включенных Министерством образования России в Федеральную комплексную программу научно-педагогиче-

ских исследований. Само название курса подчеркивает его личностную направленность; на это же делается акцент и в названии темы каждого из четырех лет обучения младших школьников — «Твое Солнышко», «Твоя Луна», «Звездное небо над тобой», «Большая семья твоего Солнца».

Учителя, которые возьмут на себя труд преподавания факультатива «Твоя Вселенная», получают возможность убедиться, что предварительное (пропедевтическое) астрономическое образование — один из перспективных путей развития личности детей. Этот курс ориентирован на развитие мышления детей, их воображения, творческой активности, любознательности. Он важен и для экологического, и нравственного воспитания младших школьников, приучая заботиться о сохранении уникальной природы Земли. Этот курс представляет интерес и для эстетического воспитания, поскольку изучение астрономии действительно открывает перед ребенком «мир красоты и красоту мира», дает простор радостному, эмоционально-образному восприятию мира и царящих в нем взаимосвязи и гармонии.

Программа определяет основное содержание каждой темы. Причем, включены в нее не только чисто астрономические вопросы и вопросы космонавтики, но и делается, например, попытка привлечь внимание учащихся к осмыслению народного опыта, закрепленного в пословицах, поговорках, загадках и приметах (пусть дети, если пожелают, попытаются лично проверить приметы, связанные с предсказаниями погоды по виду Солнца, Луны и звезд). Программа содержит также рекомендуемые астрономические (и некоторые метеорологические) наблюдения, экскурсии, демонстрации, практические работы, моделирование (и конструирование), тематику дополнительного чтения, задания на летний период, перечень «почемучкиных вопросов» (для бесед и дискуссий), примерные формы журналов наблюдений.

Здесь нет возможности детально анализировать программу, но хотелось лишь добавить к сказанному, что она снабжена двумя списками литературы —

для учителей (16 названий) и для учащихся (11 названий). Это вместе с уже подготовленными краткими методическими рекомендациями позволит заинтересовавшимся учителям в ближайшее время приступить к самостоятельной творческой работе.

V—VI классы — факультативный курс «Твой космос», основное содержание которого разработано нами в соавторстве с доктором физико-математических наук А. А. Гурштейном и кандидатом физико-математических наук М. Ю. Шевченко (Земля и Вселенная, 1992, № 6, с. 68).

VII—VIII классы — факультативный курс по истории астрономии — «Как родилась и выросла наука о Вселенной». Этот курс должен раскрыть перед учащимися «драму идей», длящуюся на протяжении многих веков, познакомить с жизнью и трудами ученых, благодаря которым Человек осознал свое место во Вселенной и уже совершил первые и очень важные шаги в Космос. Факультатив дает представление о «сказочной» Вселенной (мифы и легенды о Вселенной) и зарождении астрономии; показывает, как Земля «стала» планетой, а Солнце — звездой, как произошло второе открытие давно известных планет (и комет), какой путь прошел человек в познании нашей Галактики (от «пролитого на небе молока» до современных представлений) и Вселенной.

IX класс — факультативный курс «Основы космонавтики». Проведение этого курса вполне может основываться на уже упомянутой одноименной книге А. Д. Марленского. Ее второе издание вышло в издательстве «Просвещение» в 1985 г., и давно назрела необходимость 3-го переработанного и дополненного издания. Значительную пользу принесут и сравнительно недавно появившиеся книги о космонавтике: Л. А. Гильберг «От самолета к орбитальному комплексу» (Просвещение, 1992), С. П. Уманский «Космонавтика» (Просвещение, 1982) и др.

X—XI классы — интегративный факультативный курс «Вселенная Человека» (Земля и Вселенная, 1992, № 2, с. 69) или другие курсы по выбору учителей и учащихся. Например, «Физика Вселенной» и «Эволюционирующая Вселенная» (Земля и Вселенная, 1993, № 5).

В заключение необходимо еще раз подчеркнуть, что здесь приведен лишь один из возможных вариантов системы факультативов. Могут и должны появиться и другие. Но главная идея публикации — заинтересовать учителей и ученых, работающих в области проблем астрономического образования, а также соответствующих специалистов Министерства образования РФ и институтов усовершенствования учителей идеей системы факультативных курсов по астрономии и космонавтике.

Удачный повод порассуждать...

В № 1 нашего журнала за 1993 г. я с интересом прочитал реплику об ошибочном утверждении у меня в «Астрономии наших дней» (1986 г.) и в материале М. М. Дагаева в учебнике «Астрономия» (1983 г.), будто «в момент нижнего соединения Меркурий всегда обращен к Земле одной и той же стороной», а также объяснение истин-

ного положения вещей, данное В. А. Бронштэном. Вас, но и у авторов книг.

Прежде всего, пишу свои искренние извинения читателям за то, что я и покойный М. М. Дагаев вводили их в заблуждение. А ведь казалось бы — чего проще: объяснить В. А. Бронштэну, дать курсовую работу о движении Меркурия третьекурснику и никакой ошибки не было бы!

Увы, дорогой читатель, доверие к «печатному сло-

На этом можно было бы и закончить. Ведь автор этих строк получил от читателей много сотен писем и глубоко убежден, что они все (или скажем — почти все) относятся к нему с уважением и (не побоимся этих слов) с любовью, несмотря на многие (а не только упомянутую выше) описки и даже ошибки в его книгах. Читатель, безусловно, чувствует, что главным «движителем» моей «писательской деятельности» было не «паблисити» или получение гонорара (многие даже и не подозревают, что всегда речь шла фактически о копейках...), а стремление «сделать все, что могу, чтобы помочь учащемуся удовлетворить свою жажду в познании окружающего нас мира...»

Но случай-то очень удобный — высказаться и порассуждать, скажем, о том, в состоянии ли автор — преподаватель вуза (тот же И. Климишин или М. Дагаев), выполняя свои «преподавательские функции» на надлежащем уровне, еще и проводя некоторые научные изыскания, написать что-то «для широкой публики» без промахов и ошибок. «По-государственному» этот вопрос был так затронут М. С. Горбачевым где-то в 1986 г.: «почему в вузах работает примерно 50% докторов наук, а дают они всего около 10% научной продукции?».

Понятно, что «рефрены» на эту тему оскорбительны для ученых, работающих в

вузах. И больно было смотреть, как молча проглотили они эту незаслуженную, скажем прямо, брань (разве что Н. Н. Моисеев напечатал хорошую статью в «Вестнике АН» о своей работе в США...). Но я уже свыше шести лет, где только мог, писал (в «Известия», в «Учительскую газету», в МВССО и т. д. и т. п.): люди добрые, ведь за рубежом, начиная с Центральной Африки и кончая высокоцивилизованной Канадой, профессор имеет одну пару аудиторных часов в неделю, а всего в год — 96 ч, что с консультациями и экзаменами составляет около 150. У нас же было (и, увы, есть) — в пять раз больше. В пять раз!! О соотношении в зарплате говорить, конечно, не стоит. Так что — наш профессор из другой глины «слеплен»?!

А ведь это не что иное, как легитимизированное убийство: убийство человека как ученого (когда ему читать научные журналы?), убийство его как творческого педагога (разве есть время размышлять о лучших методических приемах?) и, наконец, убийство в физическом смысле. Эдакое медленное убийство, «интеллигентное»...

Получилось же такое у нас потому, что, с одной стороны, сложилась система многолюдных НИИ, где штатное расписание «заполнялось» на десятилетия не всегда самыми талантливыми людьми и

куда приток свежих, молодых сил был бы весьма затруднен. С другой стороны, была создана система вузов, где, как уже сказано, преподаватель на долгие годы стал буквально «ломовой лошадкой» и мог сделать свой «мизер в науке» разве что во время отпуска...

А надо бы слить НИИ и вузы в единую структуру. Иначе говоря, чтобы наука, как это «у них там», делалась в университетах. И, следовательно, чтобы не было никакой разницы между профессором, читающим в данный момент лекцию в аудитории, и ученым, проводящим научные исследования в научной лаборатории, — этот тот же человек, но «чуть позже»...

И когда такое время наступит, резко (!) уменьшится число ошибок в книгах, написанных преподавателями вузов. Пожелай нам этого, Дорогой Читатель! А пока посмотри в журнал «Вопросы философии» (1992 г., № 9, с. 5), где как раз говорится о таком симбиозе образования и науки: «В противном случае сама академическая наука обречена на кадровое вырождение, а университеты — на деградацию...» (слова А. Ф. Зотова, профессора философского факультета МГУ; и лучше не скажешь...).

И. А. КЛИМИШИН,
доктор физико-математических наук
Прикарпатский университет

Биосферные катастрофы на галактической орбите Земли

Н. А. ЯСАМАНОВ,
доктор геолого-минералогических наук
Музей земледения МГУ им. М. В. Ломоносова

История биосферы неразрывно связана с историей Земли и насчитывает почти 4 млрд лет. За столь длительное время неоднократно возникали кризисные ситуации. Из одних экологических кризисов органический мир выходил

с честью, а в других терпел жестокие поражения: обширные группы видов животных и растений навсегда исчезли. Не раз биосфера находилась на грани полного исчезновения. Причины кризисов — проблема, волнующая

ученых еще с XVIII столетия. Есть серьезные основания думать, что дело здесь в процессах космического масштаба, возможно связанных с движением Земли вместе со всей Солнечной системой по галактической орбите.

НЕВЕРОЯТНЫЙ ФЕНОМЕН ЖИЗНИ

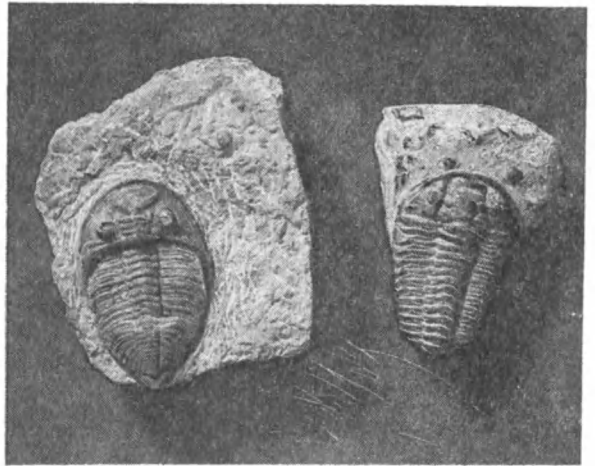
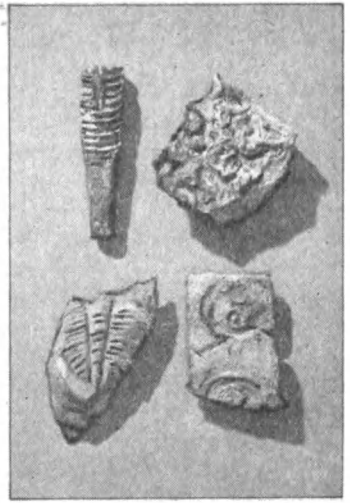
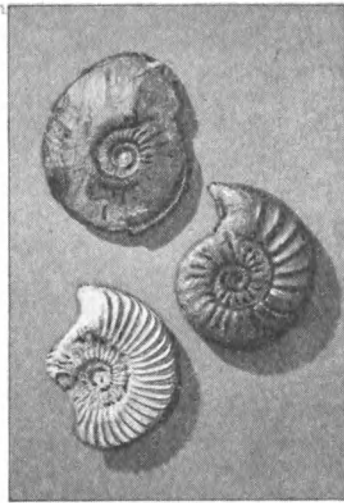
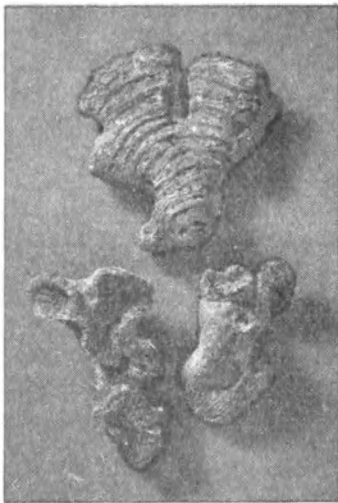
Напластования горных пород содержат в себе окаменевшие остатки древних животных и растений. Не устаешь поражаться, раскалывая известняк или песчаник, сохранившимся в первоизданном виде нежнейшим карбонатным раковинам моллюсков или кораллам, остаткам плодов, побегам и даже листьям растений с тончайшими прожилка-

ми. Удивительно, как все это могло сохраниться в земных слоях!

В истории развития жизни на Земле было несколько ярких событий, имевших кардинальное значение в эволюции. Среди них два перехода: от прокариот — одноклеточных организмов, не имеющих клеточного ядра, к эвкариотам — одноклеточным организмам с ядром и от одноклеточных к многоклеточным

с обретением организмов способности строить твердый скелет. Это последнее событие произошло около 570 млн лет назад на рубеже криптозои и фанерозоя. Но до этого в течение 3,3 млрд лет на Земле господствовали одноклеточные формы.

В общем виде развитие органического мира можно представить таким образом. В начале существовали аэробные организ-



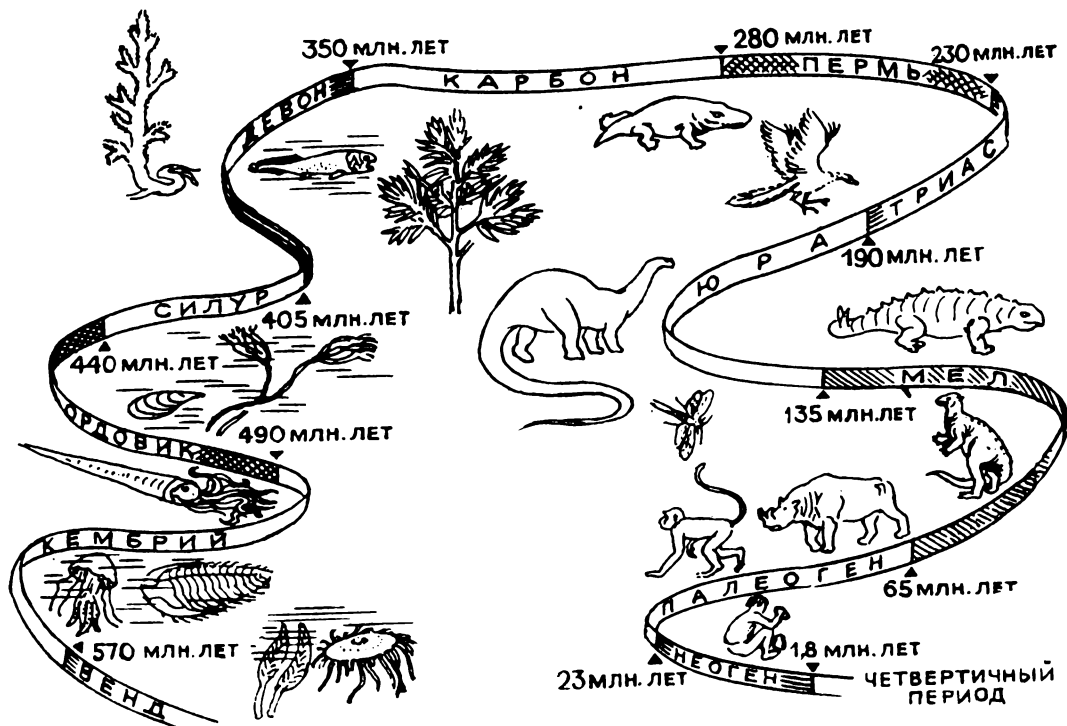
В земных слоях захоронены миллиарды остатков животных и растений, живших миллионы лет назад. Среди них панцири трилобитов, раковины аммонитов, двустворчатых и брюхоногих моллюсков, фрагменты и целые скелеты позвоночных и даже нежнейшие побеги и листья растений

мы, число и разнообразие которых непрерывно увеличивалось. Более 2,5

млрд лет назад многочисленными становятся железобактерии и одноклеточные водоросли, создававшие колонии. Выделяя кислород, эти организмы наполнили атмосферу. В этой окислительной атмосфере возникли живые существа нового класса — эвкариоты, сначала одноклеточные, а затем многоклеточные. Предположение,

что многоклеточные водоросли сформировались из соединения колоний одноклеточных, особых возражений не вызывает. Но вот как возникли многоклеточные животные, сказать трудно. Ведь среди прокариот до сих пор не обнаружены прямые предшественники многоклеточных.

В конце рифея, т. е. около 700—800 млн лет



Эволюционное развитие животного мира в фанерозое («время явной жизни»)

назад появились организмы, живущие в грунте водоемов. А затем на рубеже рифея и венда произошла крупная перестройка экосистем Земли. Изменившиеся природные условия благоприятствовали расцвету специфичной дифференцированной биоты. В это время был совершен скачок от планктонных микроорганизмов к многоклеточным формам планктонным, а затем и бентосным. Именно в вендском периоде (570—680 млн лет назад) стали формиро-

ваться основные типы беспозвоночных и водорослей, далеких предков современных форм. Начался длительный процесс цефализации — совершенствования головного мозга животных.

ТРАГИЧНЫЕ СТРАНИЦЫ КАМЕННОЙ ЛЕТОПИСИ

Когда 570 млн лет назад завершился уникальный геологический и палеобиологический этап развития, вымерла обширная группа одноклеточных и многоклеточных организмов — древнейшие родственники современных кораллов и медуз, сильно сократилась численность некогда господствовавших синезеленых водорослей и, особенно, фитопланктона.

На смену вымершим формам пришли скелетные организмы. В кембриии обитали обычные для поздних эпох фанерозоя губки, кишечнопостные, моллюски, брахиоподы. Непривычна не только их определенная примитивность, но и размеры — всего несколько миллиметров. Затем наступает время, когда неожиданно и повсеместно распространяются гигантские скелетные формы и среди них — гастроподы, членистоногие и мшанки, потомки которых живут и сегодня.

Почему такие события произошли именно на границе криптозооя и фанерозоя? Налицо многие аспекты глобальных абиоти-

ческих процессов: существенный сдвиг накопления кальция и магния в карбонатах, фосфорито- и соленакопление, формирование богатых железом красноцветных отложений, изменение концентрации кислорода и углекислого газа в атмосфере. Эти и другие факторы способствовали скелетообразованию. В то же время они не в состоянии были расшатать биосферу настолько, чтобы вызвать «всеобщий мор», который, к стати, и в последующее время повторялся неоднократно.

Первое массовое вымирание целой группы скелетных организмов произошло 500—495 млн лет назад, в конце кембрийского периода. В это время навсегда исчезли животные, принадлежащие к загадочному типу археоцитов. Возникнув на рубеже криптозоэ и фанерозоэ, он просуществовал почти 70 млн лет. Это, пожалуй, единственная группа животных, обитавших на Земле столь непродолжительное время. Все остальные группы существовали на планете по 400—500 млн лет, хотя и в них периодически исчезали отдельные более или менее крупные таксоны, на смену которым появлялись другие. В конце кембрия вымерла часть трилобитов, но вскоре появилось несколько новых родов; в целом группа трилобитов выдерживает определенную стабильность.

Следующая крупная катастрофа произошла на рубеже ордовика и силура, около 435 млн лет

назад; на протяжении нескольких миллионов лет шло постепенное вымирание многих видов примитивных обитателей мелких морей — трилобитов, брахиопод, граптолитов.

После катаклизмов на границе ордовика и силура наступило сравнительно длительное затишье, которое способствовало с одной стороны развитию морской биоты, а с другой — завоеванию организмами несвойственной им ранее наземной обстановки. Возникли новые экологические сообщества в результате того, что некоторые беспозвоночные и растения вышли на сушу. Но к концу силурийского периода снова наступает временный спад. Существенно сокращаются скорости формообразования, в особенности на рубеже силура и девона, т. е. около 406 млн лет назад. В это время заканчивали свою жизнь на Земле многие примитивные раннепалеозойские формы. Новая стабилизация природных условий наступает в девонском периоде (время массового развития рыб). Однако в конце его начался этап деградации жизни, растянувшийся почти на 10 млн лет. Особенно сильно пострадали организмы тропических шельфов, тогда как наземные позвоночные и растения почти не изменились.

В течение карбона не продолжительные периоды вымирания органики отмечаются на двух рубежах — 330 и 305 млн лет. Более крупный из них период — на границе

карбона и перми. Конец палеозойской эры как бы подводит итог развитию органического мира. При переходе от палеозоя к мезозою полностью выбывают из цепи жизни трилобиты, ракоскорпионы, фораминиферы, древние иглокожие. Большой урон понесли земноводные и древние пресмыкающиеся. Полностью исчезли представители древнейшей наземной растительности.

Новая и довольно крупная катастрофа произошла на границе ранней и средней юры (190 млн лет назад). Спустя некоторое время начался новый стремительный рост таксономического разнообразия: за довольно короткий срок возникло 42 новых семейства, появились первые птицы, со временный отряд амфибий, ряд групп млекопитающих современного типа.

Массовая гибель животных происходила 140 и 90 млн лет назад, но самое суровое испытание ждало органический мир в самом конце мезозойской эры, на рубеже мела и палеогена, когда дыхание смерти коснулось всех существовавших в то время групп. Именно тогда исчезли аммониты и белемниты, многие представители брюхоногих и двустворчатых моллюсков, планктонные фораминиферы, ряд родов брахиопод. Наиболее сильно пострадали рептилии и известковый нанопланктон. Но главное — тот рубеж известен как время вымирания динозавров, господствовавших

на Земле на протяжении более 140 млн лет. В это же время биологическая продуктивность океана уменьшилась в десятки раз.

Более слабые по масштабам подобные события отмечены 55, 30 и 5 млн лет назад. Причем последнее, нередко называемое мессинским кризисом, отождествляется с региональной катастрофой в Средиземном море. Обособление моря от Атлантического океана и повышенная засушливость привели к понижению его уровня на сотни метров. На обширной площади оголилось дно, а в сохранившихся глубоких впадинах соленость воды возросла в десятки раз и стали осаждаться соли, мощность которых достигает сотен метров. Естественно, что в таких условиях не могли бы существовать никакие морские организмы.

Но кроме кризиса в Средиземном море, организмы исчезали и в других регионах, притом деградации подвергалась и наземная, и водная растительность. Этот процесс не закончен по сей день: совсем недавно, уже можно сказать на памяти человечества, навсегда лишилась Земля многих крупных млекопитающих — мастодонтов, саблезубых тигров, мамонтов и т. д.

В ВИХРЕВОМ ГАЛАКТИЧЕСКОМ ПОТОКЕ

Несостоятельность гипотез, объясняющих катастрофические провалы в цепи эволюции старением

и смертью видов (аналогично смерти каждой особи), в отдельности многократно доказывалась начиная с середины XIX в. Но эти представления вновь и вновь возрождаются до сих пор. История биологической эволюции показывает, что каждая группа видов (таксон), появившись однажды, сохраняется иногда миллионы лет. Вымирают лишь отдельные его представители. И если тот или иной крупный таксон существует от кембрия до настоящего времени, то это значит, что ныне живущие его представители — потомки кембрийских форм. Это касается брахиопод, головоногих и двусторчатых моллюсков, а также всех крупных таксонов современных позвоночных. Древнейшие предки всех многоклеточных жили в докембрии и прекратили свое существование отнюдь не от истощения жизненных сил, как утверждают приверженцы гипотез о внутренних биологических причинах гибели видов.

Группа тектонических гипотез усматривает первопричину в изменениях рельефа суши и моря, контрастной конфигурации материков и океанов, в переменах направления морских и океанских течений, в особенностях магматизма, в наземном и подводном вулканизме. Именно все эти грандиозные перемены в «лице Земли» происходят в результате крупных тектонических движений. Возрождение на иной методологической основе идеи

дрейфа материков побудило обратить внимание на горизонтальные движения литосферных плит. Действительно, следствием разломов, возникающих в земной коре, и последующего после этого раздвижения литосферных плит, становится возрастание эндемизма, особенно среди наземных фауны и флоры, так как с каждым разом им все труднее и труднее становится преодолевать разрастающиеся просторы океанов. В случае сближения литосферных плит усиливается обмен формами, возрастает общность фаун. Однако движение литосферных плит никак не могло предопределять тотальное уничтожение многих групп организмов, хотя и, несомненно, вызвало глобальные изменения уровня Мирового океана, его трансгрессии и регрессии. В периоды усиления тектонических движений возрастала вулканическая активность. Вулканизм в свою очередь сильно влиял на химизм океанских вод, а наземные извержения вместе с подводными излияниями базальтов приводили к существенному изменению состава атмосферы и влияли на климат Земли. А ведь от состава атмосферы, парциального давления газов и типа климата зависит специфика расселения организмов, да и само их существование. Особенно чутко реагируют на климат наземные позвоночные и растения. Но не только климат сам по себе влияет на органический мир

Земли, на него воздействуют и периодические изменения солнечной активности. Надо отметить, что гипотеза о влиянии на исчезновение животных и растений климатических флюктуаций или изменения любого из климатообразующих факторов — одно из самых простых объяснений. Поэтому так велико число этих гипотез. Несмотря на то, что все известные климатические катастрофические события во времени совпадают с эпохами глобального вымирания, считается, что все-таки крупные перемены климата представляют собой скорее следствие какого-то более значительного по рангу планетарного или космического процесса.

Существуют гипотезы, придающие главное значение медленным эвстатическим (вызванным изменениями объема воды) колебаниям уровня, нарушением режима или солёности Мирового океана, изменением содержания микроэлементов в морской воде и почвах, распаду радиоактивных элементов в земной коре, воздействию космических лучей, падению метеоритов и т. д. Но все эти причины хотя и могут привести к гибели определенных сообществ, но действуют довольно локально и, по-видимому, служат проявлением более масштабных процессов.

Имеются гипотезы, связывающие вымирания с инверсиями геомагнитного поля. Этот фактор способствует ухудшению среды обитания. Особенно пагубны для биосферы

учащающиеся инверсии. Во время инверсий и происходит резкое падение напряженности магнитного поля. В это время в результате беспрепятственного проникновения на земную поверхность космического излучения, особенно во время солнечных вспышек, образуются огромные массы азота, разрушающего озоновый слой. Ослабление озонового экрана в свою очередь резко увеличивает поток жесткого излучения, который вызывает рост числа мутаций и может оказаться выше допустимого предела, способного сохранить формы жизни на Земле.

Наконец, существует группа гипотез, исходящих из признания сильнейшего космического воздействия на жизнь биосферы Земли.

КАТАСТРОФЫ КОСМИЧЕСКОГО МАСШТАБА

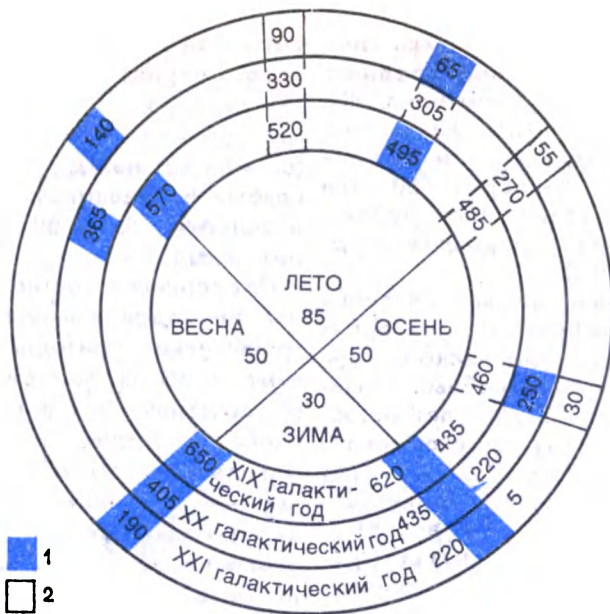
Долгое время воздействие Космоса на биосферу рассматривалось довольно односторонне, в основном, речь шла о получении планетой солнечного, реже — космического излучения, направленного к Земле со всех сторон из Вселенной. Действительно, космическая радиация играла ведущую роль на взрывных этапах эволюции. На заре жизни, благодаря космической энергии были созданы условия и появились механизмы возникновения клеточных организмов. Велика роль космической радиации на рубеже криптозооя и фанерозоя во время отме-

ченного выше популяционного взрыва. Вместе с тем считается, что ее поток в геологическом прошлом был более интенсивным. При этом приводится пример наибольшей устойчивости по отношению к ней прокариот и одноклеточных организмов.

Обосновывая роль космической радиации в развитии биосферы, приходится учитывать, что воздействие жесткого коротковолнового излучения на организмы, обладающие различиями в генетической структуре, в уровне организации и в защитных свойствах происходит довольно избирательно. Однако, как показывает анализ геологического материала, этапность развития организмов скорее всего обусловлена именно космическим воздействием.

Более четверти века дискутируется проблема галактического года, подразумевающего движение Солнечной системы по орбите вокруг центра Галактики (Земля и Вселенная, 1993, № 3, с. 11). Продолжительность этого периода на основании многочисленных геологических данных определена в 215 млн лет. Земля, находясь на галактической орбите, испытывает гравитационное притяжение небесных тел, облучается космической радиацией и подвергается бомбардировке обломками космических тел.

Крупные тектонические события, происходившие в течение всей обозримой истории Земли, обладают вполне определенной периодичностью, и все известные грандиозные эпо-



Эпохи разномасштабных глобальных катастроф («вымираний») органического мира на протяжении вендско-фанерозойской истории Земли. Три галактических года, каждый из которых состоит из 4 сезонов длительностью в 30, 50, 85 и 50 млн лет. В течение XIX-го (620—435 млн лет назад), XX-го, (435—220 млн лет назад) и XXI-го (220—5 млн лет назад) галактических годов разномасштабные вымирания происходили периодически и синфазно. Цифры — геологический возраст в млн лет назад. 1 — эпохи крупных вымираний, 2 — эпохи слабых вымираний

хи тектоно-магматической активности приурочены к границам галактических годов. В свою очередь это дает основание полагать, что возбудителями внутрипланетарных процессов и тех, что протекают на земной поверхности, являются именно космические факторы. Вероятно, такая

связь вызвана тем обстоятельством, что Солнечная система во время своего перемещения по галактической орбите периодически проходит через газопылевые спиральные струи. В каждом таком потоке Солнечная система пребывает на протяжении нескольких миллионов лет и именно в это время усиливается приток к Земле космических лучей и катастрофические столкновения с кометами становятся особенно частыми. Эпохи орогенеза (горообразования) и рифтогенеза (начальная стадия формирования океанов), значительные климатические изменения, общепланетарные трансгрессии и регрессии Мирового океана и другие грандиозные перемены происходили именно в те отрезки геологического прошлого, когда планета пребывала

в газопылевом вихревом галактическом потоке.

Надо отметить, что практически все перечисленные процессы прямо или косвенно влияли на состояние среды обитания биоты и на сами организмы. Следовательно, от интенсивности космической материи, получаемой Землей, зависело вырождение одних групп организмов, возникновение, расселение и расцвет других. Поэтому в определенной мере оказываются правы исследователи, считающие, что массовая гибель жизни на Земле могла быть вызвана сочетанием различных факторов. Среди них, наряду с тектоническими, климатическими, атмосферными, эвстатическими, значимы и такие, как изменения солености океанских вод, действие радиоактивных элементов, выпадение метеоритов, изменения интенсивности космической радиации, столкновения с космическими телами и др. Факторов много, но все же совокупное их воздействие, очевидно, вызвано, как нам представляется, периодическим прохождением Земли через определенные области Галактики.

Если высказанное предположение верно, то крупные биотические события кризисного плана должны фиксироваться как на границах галактических годов, так и на определенных участках галактической орбиты. При этом частичное вымирание биоты представляет собой не одноактный процесс, а оказывается растянутым во времени

на несколько миллионов лет.

С границами галактических годов, располагающихся на уровне 650, 435, 220 и 5 млн лет назад, хорошо совпадают по геологическим данным рубежи коренного обновления органического мира, многие из которых охарактеризованы в начале статьи.

Вместе с тем катастрофические изменения биоты происходили не только на границах галактических годов, но и на определенных рубежах внутри них. Такие критические рубежи фиксируются на уровне 620, 570 и 495 млн лет назад, в пределах XIX галактического года. Тогда зафиксированы крупнейшие кризисы жизни на Земле. Более слабые «удары по жизни» были нанесены

примерно 520 млн лет, т. е. на границе среднего и позднего кембрия, 485 млн лет назад (на границе тремадокского и аренигского веков) и 460 млн лет назад (на рубеже среднего и позднего ордовика).

Аналогичные явления устанавливаются на орбите XX галактического года, крупномасштабные кризисы — 405 млн лет назад, т. е. на границе ордовика и девона, 365 млн лет назад (рубеж франского и фаменского веков) и 250 млн лет назад (граница перми и триаса). Менее значительные угнетения жизни зафиксированы около 305, 270 и 245 млн лет назад.

Во время XXI галактического года сильнейшие катастрофы жизни отмечены на рубеже ранней и средней юры (190 млн

лет назад), юрского и мелового периодов (140 млн лет назад) и особенно на границе мела и палеогена (65 млн лет назад); более слабые по масштабу произошли 90, 55 и 30 млн лет назад.

Представив соотношение периодов вымирания графически, приходим к выводу об их синфазном размещении. Это в свою очередь может свидетельствовать об одних и тех же причинах, вызывающих вымирание и обновление биоты. Они могли быть вызваны периодическим вступлением Солнечной системы в потоки газопылевых струй, под действием которых радикально менялись экологические условия среды обитания организмов.

Информация

Извержение вулкана привело к похолоданию

Видный американский климатолог Джеймс Хансен еще в 1989 г., выступая перед комитетом Конгресса США, старался привлечь внимание общественности к проблеме глобального потепления. Ныне он завершил анализ материалов, относящихся к извержению в 1991 г. вулкана Пинатубо на Филиппинских островах.

Согласно оценкам, извержение сопровождалось выбросом в атмосферу примерно 20 млн т двуокиси серы. Эта масса образовала вокруг Земли временную тонкую оболочку, сократившую количество тепловой энергии Солнца, достигающей нашей планеты,

приблизительно на 4 ватта на каждый квадратный метр поверхности. Тем самым, влияние этой оболочки преодолело «парниковый эффект» глобального потепления: средние температуры Земли понизились на 0,3—0,4° С. По-видимому, это самая крупная пертурбация климата в XX в.

В наибольшей мере похолодание сказалось на климате высоких широт, причем снижение температур оказалось более ярко выраженным в глубинных регионах континентов.

Данные события свидетельствуют о крайне большой «чувствительности» воздушной оболочки Земли к различным

химическим и физическим изменениям, связанным хотя бы с незначительными вариациями ее теплового баланса. Исследователи считают, что с исчезновением газовой оболочки, порожденной извержением Пинатубо, а это должно произойти в ближайшие два года, ход глобальных температур вернется к своей предыдущей тенденции. Потепление «возьмет свое», и в течение 90-х годов средние температуры Земли снова станут рекордно высокими.

New Scientist, 1993, 1878, 7

Алмазы — «след» протопланетного облака

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

Принято считать, что алмазоносные кимберлиты — главный источник драгоценных алмазов — формируются в мантии на глубине более 100 км и выносятся на поверхность за счет каких-то невероятной силы взры-

вов. Кимберлиты внедряются в верхние слои земной коры. Эти природные тела, имеющие форму труб или конусов, сложены оливином и другими типично мантийными минералами. В отечественной литературе за такими

телами прочно закрепился термин «трубки взрыва». Однако многие их парадоксальные свойства наводят на мысль, что совсем не взрыву обязаны своим существованием коренные месторождения алмазов.

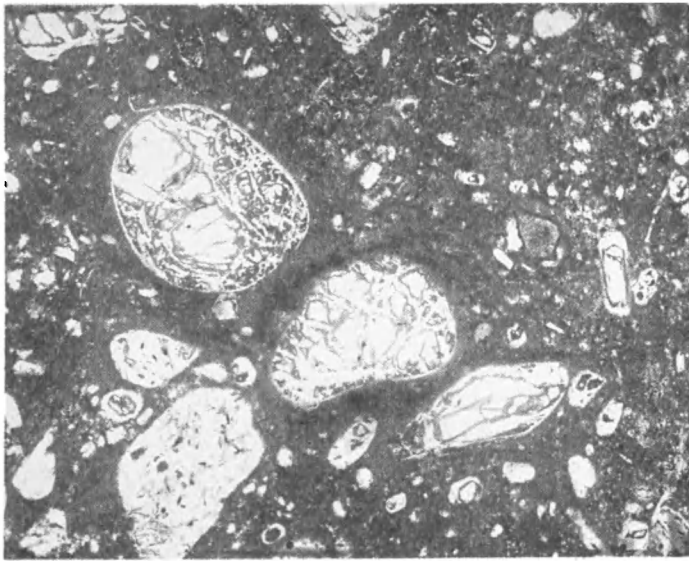
ПАРАДОКСЫ КИМБЕРЛИТОВ

Впервые алмазоносные породы были обнаружены в Южной Африке. В 1887 г. английский геолог К. Льюис изучил неизвестную ранее алмазоносную породу и назвал ее по имени месторождения Кимберли, разрабатываемого с 1867 г., — кимберлитом. Сейчас во всем мире обнаружены тысячи кимберлитовых трубок — в Африке, на Сибирской платформе, на Русской платформе (под Архангельском и в Белоруссии), в Китае, на кон-

тинентах Америки, в Австралии... Разделенные во времени и пространстве, кимберлиты разных континентов и различных геологических эпох имеют сходный химический состав и близкий набор породообразующих минералов.

Льюис отметил удивительную особенность кимберлита: порода состоит из массы мелких округленных серпентиновых зерен размером от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Кимбер-

лит совсем не похож на хорошо кристаллизованную глубинную породу типа гранита или габбро, он имеет сходство с обломочным вулканическим туфом... Но ведь туфы образуются из выбросов вулканов и слагают мощные пласты, а не четко оконтуренные трубы, уходящие в мантию! Другая загадочная особенность кимберлитов — они полностью лишены характерных для всех глубинных минералов (оливина, циркона, граната, апатита)



Микроструктура кимберлита (увеличение в 10 раз)

форм кристаллов; магматические же породы всегда обладают четкой кристаллографической огранкой. Кимберлиты округлены и напоминают горох или пшеничную крупу. Льюис предположил, что эти минералы оплавлены, поэтому он предложил считать кимберлит разновидностью вулканического туфа.

С тех пор геологи продолжают писать о «кимберлитовом вулканизме», хотя за прошедший век детальное исследование нашей планеты показало, что ни в прошлом, ни в настоящее время никаких кимберлитовых вулканов типа Везувия, равно как кимберлитовых лав, или туфов, на поверхности Земли не было и нет. Никогда действующие вулканы не разбрасывали

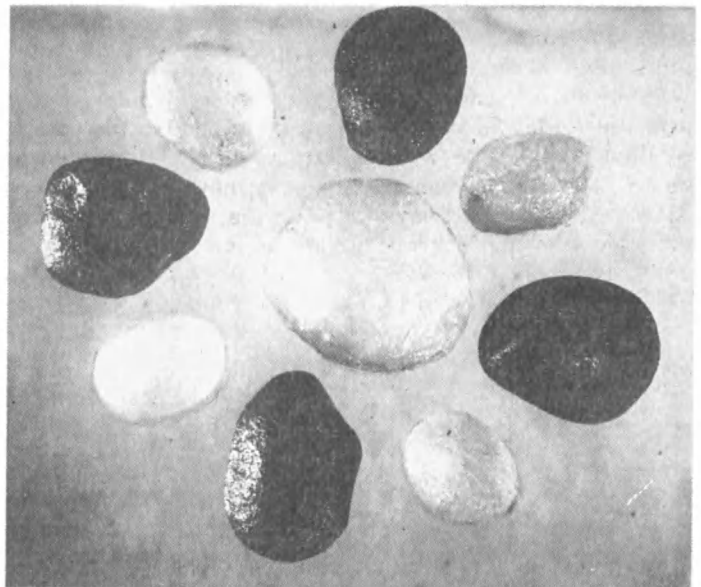
вокруг себя алмазы и красно-фиолетовые хромистые гранаты (пиропы). И почему эти мантийные породы появляются именно на платформах, т. е. в наиболее стабильных блоках земной коры? Какая сила пробивает мощную земную кору континентов? Неужели взрыв? Разве мантия обладает свойствами взрывчатки? И

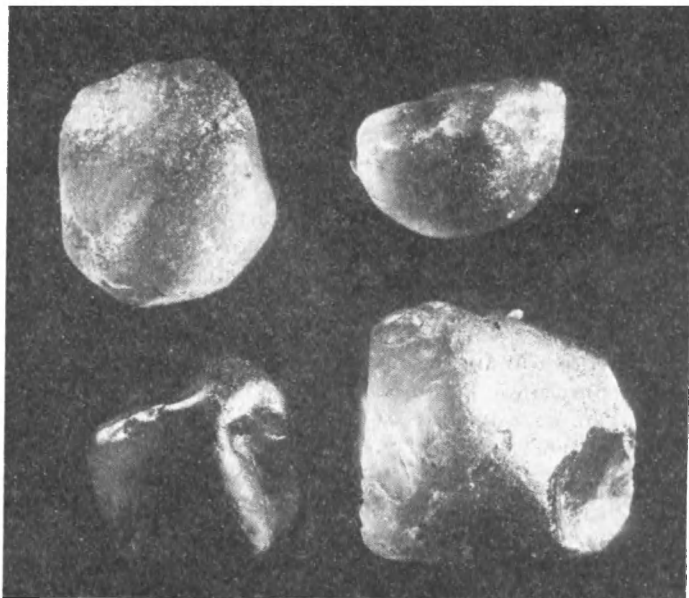
почему след взрыва имеет форму столба, т. е. пробоя снарядом через 100-километровую толщу прочнейших горных пород? Каков же был снаряд?

Хотя кимберлитам и алмазам посвящены тысячи научных работ, они не могут объяснить загадочные парадоксы, характерные для этих пород. Заключаются они в следующем.

Во-первых, парадоксален сам характер распределения кимберлитов на планете: они «привязаны» к платформам, наиболее устойчивым в геологической истории Земли блокам с увеличенной

Глубинные минералы кимберлита, «обработанные» газовыми потоками: белые зерна — апатит, черные — ильменит (увеличено в 5 раз)





Поверхность зерна оливина из кимберлита при увеличении в 2000 раз со следами обработки газовыми потоками. Для невооруженного глаза это зерно будет казаться матовым, покрытым «шагренью»

мощностью земной коры. Какие силы заставили тяжелые мантийные породы нарушить законы гравитации, рвануться вверх и буквально проколоть мощную «броню» платформ? Ответа на этот вопрос нет.

Во-вторых, загадочна форма рудных тел: алмазоносные трубки кончаются на глубине тонкой «ножкой», делающей их похожими на бокал для шампанского. Может быть, что-нибудь объясняет словосочетание «трубка взрыва»? Нет, ничего не объясняет, а лишь создает иллюзию объяснения, поскольку взрыв трубок не создает!

Разбуривание многочисленных камуфлетных камер, возникающих при подземных ядерных взрывах, показало, что даже самый мощный взрыв формирует не трубку, а сферу! Действительно, по законам физики раскаленные газы при взрыве давят во все стороны с одинаковой силой. Но труба-то ведь существует! Почему? Ответа тоже нет.

В-третьих, загадочна «порфи́ровая» (неравномерно-зернистая) структура кимберлитов. Почему все глубинные минералы — гранат-пироп, оливин, ильменит, циркон, апатит — представлены не кристаллами, как обычно, а округлыми «порфи́ровыми» зернами и не имеют кристаллографических граней? Чтобы «оплавить» эти очень тугоплавкие минералы, да еще при давлениях, мантии требуются температуры более 2000° С.

Следов оплавления, т. е. остеклования минералов никто из исследователей обнаружить не смог. Структуры растворения этих минералов тоже хорошо известны, они не дают округлых форм. Таким образом, «порфи́ровая» структура кимберлитов обусловлена лишь отсутствием граней глубинных минералов, а причина этого явления — невыяснена.

ГАЗЫ ПОКИДАЮТ НЕДРА

Обширный аналитический и экспериментальный материал, накопленный в последние годы, позволяет предложить новую модель кимберлитообразования, способную объяснить ряд геологических, минералогических и геохимических особенностей, не вписывающихся в рамки существующих ныне воззрений. В основе ее — гипотеза о водородно-метановой дегазации мантии. Как известно, В. Н. Ларин еще в 1975 г. детально разработал гипотезу жидкого (гидридного) ядра Земли. Эта гипотеза предполагает значительную концентрацию водорода в ядре и его диффузию к поверхности планеты. Иначе говоря, гравитационная дифференциация Земли далеко не закончена, водород протопланетной стадии еще не ушел из недр планеты, дегазация продолжается.

Дегазация Земли осуществляется одним из наиболее загадочных планетарных процессов. Причина до-

статочно проста: в отличие от осадочных и магматических пород огромные объемы газа, выделяемые из глубин планеты, растворяются в атмосфере и ускользают от исследователей, хотя объем газовой фазы, сопровождающей извержения, в сотни раз больше твердой. Вулканологи детально изучают, главным образом, лавы — затвердевший силикатный расплав. Лишь сравнительно недавно стало понятно, что вулканы — это прежде всего зоны дегазации Земли. Только наличие газа заставляет вулканические конусы взрываться, причем масштабы этих взрывов не сопоставимы даже со взрывами водородных бомб. Так, например, в августе 1883 г. в Зондском проливе /Индонезия/ взорвался конус вулкана **Кракатау**: в атмосферу было выброшено 18 км³ горных пород общим весом более 30 млрд т. Как в романе Жюль Верна «Таинственный остров», вместо гористого острова на дне моря возникла как бы чаша размером 5,5×4,0 км глубиной до 300 м! Видимо, еще более мощным был взрыв вулкана на месте архипелага **Санторин** в XIV в. до н. э., погубивший древнюю цивилизацию острова Крит. Геологи сейчас умеют подсчитывать объем выброшенной лавы и пепла, а вот оценить объемы газа — гораздо сложнее. Тем не менее, очевидно, что выброс **Кракатау** добавил в атмосферу несколько ты-

сяч кубических километров газов. А сколько их выделяется ежегодно из вулканов — «дымовых труб» Земли? Видимо, эта величина составляет не менее нескольких сотен кубических километров; с учетом многих тысяч подводных вулканов, эта цифра может увеличиться еще в 5—10 раз.

Хотя газы и невидимы, роль их в формировании месторождений полезных ископаемых огромна. Практически все рудные месторождения возникли при активном участии «**флюида**» — газовой фазы переменного состава, включающей в себя многие химические соединения. Только с помощью газов могла произойти природная дифференциация силикатного расплава. Газообразная фаза обеспечила гигантскую работу по концентрации в природе самостоятельных соединений редких элементов, рассеянных в горных породах — таких, как бериллий, литий, цезий, тантал, редкоземельные элементы. Из пароводяной смеси отложились в трещинах земной коры руды молибдена, вольфрама, олова, висмута, золота, меди... Но было бы сильным преувеличением считать рудные месторождения продуктом дегазации Земли. Изотопные анализы многих элементов показывают, что значительная часть руд формируется в результате геодинамических процессов, в частности, прогресса и переплавления верхнего «гранитного» слоя земной

коры, обогащенного флюидами и летучими элементами (Земля и Вселенная, 1994, № 1, с. 25). При этом вода, фтор, хлор, углерод заимствуются из горных пород коры.

Но из глубины планеты поступают подвижные газы, обладающие высокой проникающей способностью, — главным образом, водород и метан с заметной примесью «первичного» изотопа гелия — ³He. Углерод в мантийном метане также обогащен тяжелым изотопом углерода — ¹³C. Примесь мантийных газов отчетливо проявляется в составе газов вулканов островных дуг, окаймляющих континенты и пересекающих зоны **Беньюффа** — область взаимодействия коры континентального и океанического типов.

Установлено, что в составе глубинных газов платформ мантийного изотопа гелия — ³He — в тысячи раз меньше, чем в газах островных дуг: платформы газонепроницаемы для потока мантийных флюидов, которые как бы «обтекают» их. Что-то похожее наблюдается в аквариуме, где под плавающим блюдцем насос накачивает воздух для обогащения воды кислородом: пузырьки воздуха окружают блюдце. Но часть газа всегда концентрируется под непроницаемым дном блюдца.

Не так ли и платформы — самые стабильные блоки земной коры — оказываются гигантскими концентраторами мантийного



Зерна циркона из кимберлитов. Аномально-интенсивная фотолюминесценция минерала указывает на сильное альфа-облучение. В условиях низкой радиоактивности кимберлитов оно может быть связано только с воздействием радона. Высокая концентрация радиогенного изотопа свинца ^{206}Pb подтверждает это предположение

флюида? Глубинная концентрация флюидов под платформами происходит при прохождении платформ над «горячими точками» планеты. При этом рассеянный в породе водородно-метановый флюид собирается в гигантские пузыри, плотность которых даже в условиях мантии остается меньше плотности воды. При достижении некоторого «критического» объема флюид поднимается вверх, формируя известную в геологии структуру

диапира (протыкания), когда более легкая горная порода (например, пластичная поваренная соль) всплывает в виде капли за счет разности плотностей соли ($2,2 \text{ г/см}^3$) и окружающих пород ($2,5 \text{ г/см}^3$). Плотность флюида в мантии — около $1,0$; плотность мантии — $3,2$; т. е. подъемная сила 1 км^3 флюида в мантии достигает $2,2$ млрд т. «Прокальывание» платформ раскаленными газовыми пузырями, поднимающимися из мантии, сопровождается формированием «следа» — зоны пониженного давления (декомпрессии), куда вдвигается перекристаллизованное под действием флюида мантийное вещество. Таким образом, **трубки кимберлитов — это продукт мантийного флюидного диапиризма.**

Аэрогеофизическое исследование магнитного поля кимберлитовых полей Якутии и Архангельской области показало, что кимберлитовые трубки четко трассируются зонами линейных локальных аномалий, протягивающихся на многие сотни километров, видимо, фиксируя направление движения платформ над «горячими точками».

МИНЕРАЛЫ «ХРАНЯТ ПАМЯТЬ» О ФЛЮИДАХ

Изучение поверхности зерен глубинных минералов выявило удивительную особенность: их поверхность практически не отличается от поверхности речной гальки. Здесь видны следы механической обработки: шлифовки, обдирки, ударов. Особенно интересна так называемая «шагреновая поверхность», характерная для зерен оливина, ильменита и апатита. Стереоскопическое сканирование при увеличении до 2000 раз показало, что такая поверхность — типично коррозионное микропористое новообразование. Подобные явления возникают при коррозии лопаток газовых турбин, поверхности метеоритов и тектитов (оплавленных «стеклянных» метеоритов), т. е. при обработке любого тела раскаленными скоростными газовыми струями.

Подтверждением воздействия раскаленных газов оказалась необычная особенность химического состава апатита из кимберлитов: в них методом

ИК-спектроскопии был обнаружен радикал $(P_2O_5)^{4-}$, составляющий 10—15% от общего количества фосфора. В экспериментах этот радикал появляется в результате прокаливания апатита в восстановительной среде при $1000^\circ C$. В апатите из кимберлитов присутствует также европий (Eu^{2+}), обнаруженный по характерной люминесценции, что также указывает на прокаливание в восстановительной среде.

Чрезвычайно интересный факт — аномальное свечение циркона. Эти драгоценные камни с «алмазным блеском», добытые из кимберлитов, светятся в ультрафиолетовых лучах гораздо ярче, чем те, что содержатся в других горных породах. Если их нагреть до $700^\circ C$ — свечение исчезает. Оно появляется вновь только после облучения нейтронами или альфа-частицами.

Нейтронное облучение в кимберлитах маловероятно. Остается лишь альфа-излучение. Но почему оно было таким интенсивным? Ведь содержание радиоактивных элементов в кимберлитах низкое и составляет для урана — 1-3 г/т, для тория — 8-12 г/т. В то же время яркое свечение циркона свидетельствует о мощной дозе альфа-облучения. Его источником мог быть радон — сильнейший газообразный альфа-излучатель с энергией 5,7 МэВ. Это — неустойчивый элемент, быстро превращающийся в радиогенный изотоп свинца — ^{206}Pb . Если это пред-

положение верно, то в кимберлитах должен накапливаться радиогенный свинец. Так ли это на самом деле?

Исследования, проведенные на алмазоносных кимберлитах Африки, показали, что для них характерно резкое изменение соотношения $^{206}Pb/^{204}Pb$ в пользу радиогенного свинца ^{206}Pb . Если в неалмазоносных дайках-жилах мантийных пород Африки это отношение составляет 17,2, то в алмазоносных кимберлитах оно повышается до 20—26. Исследователи объясняли полученный результат гипотезой о существовании таких мантийных пород, в которых урана может быть гораздо больше, чем радиогенного свинца. Но такие породы пока неизвестны. А вот установленный нами «люминесцентный парадокс» в цирконах из кимберлитов позволяет связать эти два явления воедино. Кстати, гипотеза о присутствии радона во флюиде кимберлитобразования объясняет также загадочные случаи обнаружения зеленых алмазов, окраска которых, как точно установлено, тоже связана с высокими дозами альфа-излучения.

Конечно, ведущими газами в мантийном флюиде были метан и водород, однако присутствовали также углекислый и угарный газы, вода, сероводород, азот и другие химические вещества.

Яркое свечение алмаза в ультрафиолетовых, рентгеновских и катодных лучах связано с вхождением в структуру алмаза при-

меси азота. Само по себе явление это уникальное: откуда он взялся в концентрациях до десятых долей процента? Уже обнаружено в алмазе более 100 разнообразных азотных центров... По нашему мнению, ответ один: алмаз кристаллизовался из газовой фазы, из метана, вбирая многочисленные механические примеси из подземной «атмосферы» и газообразные элементы — азот, бор, радон и др.

АЛМАЗНАЯ «ЗОЛА» ДЕГАЗИРУЮЩЕЙ МАНТИИ?

При измельчении кимберлит рассыпается мелким горохом за счет обилия сравнительно слабо сцементированных обломков глубинных минералов, окатанных мощным флюидным потоком, идущим из глубины 150—200 км. Представим, например, горную реку Баксан, текущую со склонов Эльбруса. За 100 км бурный речной поток превращает угловатые лавы Эльбруса в круглую гальку. В этом потоке не смог бы сохраниться в виде идеальных кристаллов даже алмаз: минерал этот хоть и тверд, но хрупок и легко разбивается при ударе.

Алмазный концентрат из кимберлитовых трубок буквально поражает высокой сохранностью мелких остросоверберных кристаллов, словно сошедших с заводского конвейера. Это тем более удивительно, что все прочие глубинные минералы лише-

ны граней, округлены и выглядят, как хорошо окатанная галька. Нередко в трубках находят идеальные крупные октаэдрические алмазы, сохранить которые на пути из мантии невозможно. Такой парадокс, который «классическая» точка зрения объяснить не в состоянии, легко решается предположением, что алмазы кристаллизуются не в мантии, а собственно в кимберлитовых трубках, но не в результате взрыва, а из газовой фазы при закономерных превращениях в системе «углерод — водород — кислород», составляющей основу кимберлитобразующего флюида.

Школьные учебники приучают нас к мысли, что алмаз образуется из графита под действием высокого давления и температуры. По этому пути пошла и техническая мысль: технические алмазы получают из графитовых таблеток с примесью железа и других металлов. При нагревании под высоким давлением металлический расплав оказывается насыщенным по отношению к графиту и пересыщенным по отношению к алмазу; графит растворяется в металле, а алмаз — кристаллизуется. Согласно «классической» точке зрения, сходный процесс происходит в мантии в силикатном расплаве.

Но возникает вопрос: откуда в мантии графит? Эта фаза вообще неустойчива при давлении и температурах мантии. Углерод здесь находится в

виде гидрида метана или входит в состав карбидов некоторых металлов. Но наиболее подвижен и способен к концентрации углерод в форме метана.

Может ли метан служить питающей средой для кристаллизации алмаза? Да, может. Физико-химик академик Б. В. Дерягин еще в 1969 г. установил, что алмазы из метана получаются очень легко при давлениях даже ниже атмосферного. Углерод в виде сажи получают в технике миллионами тонн за счет неполного окисления метана (по схеме: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 = \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$). В условиях высокого давления в кимберлитовых трубках вместо сажи кристаллизуется алмаз, и эта схема работает в природе в тысячах кимберлитовых труб.

Но почему метан начинает окисляться или, что тоже самое, гореть под Землей? Это явление связано с особенностями поведения кислорода в системе С—Н—О. В условиях сверхвысокого давления мантии окислительная способность кислорода резко понижена: метан и водород даже в присутствии кислорода в «горючей смеси», нагретой до 800—1000° С, в мантии не горят.

Иное дело — когда флюидный диапир, пробив фундамент платформы, достигает мягких осадочных пород. Тонкий «игольный» прокол начинает раздуваться, поскольку осадочные породы не в силах выдержать давление в 30—40 тысяч атмосфер. При падении

давления в 10 раз летучесть кислорода увеличивается в миллионы раз, и флюид начинает самоокисляться — гореть. Если кислорода в смеси слишком много — углерод тоже окисляется, переходя в СО, возникнут округленные недоразвитые кристаллы алмаза или алмаза вообще не будет. Действительно, разведка кимберлитов показывает, что лишь 20—30% трубок являются алмазонасными. Видимо, если окисление идет слишком интенсивно, водяные пары уходят на преобразование оливина в серпентин, а углерод снова становится газообразным, но уже не гидридом, а оксидом: он выгорает.

Итак, мы приходим к выводу, что алмаз — это удивительным образом трансформированный углерод, хранившийся в глубоких подвалах планеты и вынесенный к поверхности процессом дегазации. Алмаз кимберлитов — это «окаменевший газ космоса», кристаллизовавшийся в «глубинной атмосфере» Земли, сохранившей некоторые космохимические особенности протопланетного облака.

**Комментарий
профессора
А. В. Громова**

Новые идеи в геохимии алмазов заметно отличаются от «классических». Они отрицают привычный термин для кимберлитов — «трубки взрыва», считают алмазы кристаллизующимися из углеродистого флюида.

Эти представления, хотя и дискусионны, тем не менее, базируются на большом аналитическом материале, свидетельствующем, что алмазы действительно могут кристаллизоваться из газовой фазы (равно как и переходить в нее), что «трубки» при термоядерных взрывах не образуются,

что глубинные минералы кимберлитов действительно округлены, хотя причины такой ксеноморфности могут быть различными.

Факты продолжающейся дегазации планеты Земля сейчас обращают на себя более пристальное внимание геологов, чем

раньше, и подтверждают мысль В. И. Вернадского о длительной дифференциации космических тел. А идея о «протопланетных корнях» современных алмазных месторождений перекликается с гипотезой В. В. Соболева о зарождении алмазов в космической среде.

Информация

Вулканы не виноваты

Существует мнение, согласно которому одной из причин истощения озоносферы может быть не только деятельность человека, но и естественные процессы, в том числе, в первую очередь, извержения вулканов, выбрасывающих в воздушное пространство большое количество хлора.

Последнее мнение опровергают работы научных сотрудников Университета штата Калифорния (Лос-Анджелес, США) Р. Терко и А. Табазада.

Им удалось показать, что хотя

в процессе некоторых извержений в атмосферу действительно поступают значительные объемы хлористого водорода, он весьма интенсивно «вымывается» оттуда дождями, которые всегда сопровождают подобную вулканическую активность. Изучив эти осадки, ученые обнаружили, что они насыщены вулканическими частицами, «изъятими» из воздушного пространства.

С другой стороны, такие мощные процессы, как извержение вулкана Пинатубо на Филиппин-

ских островах в 1992 г. могут способствовать разрушению стратосферного слоя озона, поставляя в окружающую среду большое количество аэрозольных частиц, играющих роль катализатора. Но такие реакции «не пошли бы», если бы в стратосфере отсутствовал хлор антропогенного происхождения.

Science, 1993, 260, 5111
New Science, 1993, 138, 1876

Последствия гигантского извержения

Никто не подозревал, что у «старого» вулкана Хадсон в южной части Чили (45,90° ю. ш., 72,96° з. д.) имеется огромная кальдера диаметром около 9 км, пока 12 августа 1971 г. здесь не произошло первое за все исторические времена извержение, во время которого над горой встал столб дыма и пепла высотой 7 км, а со склона горы в долину р. Эмумлес спустился мощный грязевой поток, уничтоживший десятки сельских домов, много пахотных земель и рогатого скота... Чтобы снова не быть застигнутыми врасплох, ученые теперь не оставляют огнедышащую гору без внимания. В феврале—марте 1993 г. ее вершину облетали на самолете немецкие вулканологи Петер Иппах из Исследователь-

ского института «ГЕОМАР» в Киле и Рольф Килиан из Института минералогии при Тюбингенском университете. Впоследствии они посетили кальдеру, поднявшись к ней пешком.

Ученые осмотрели последствия гигантского извержения Хадсона, произошедшего в 1991 г., во время которого в течение трех суток над ним стояла колонна пепла высотой 18 км. Это был один из самых мощных вулканических взрывов за все текущее столетие. Выброшенный пепел обильно осаждался даже на Фолклендских о-вах — в 1 тыс. км от места события.

Особенностью извержения было то, что оно происходило под 30-метровым слоем льда, заполнявшего кальдеру. В нем возник-

ла эллиптическая расселина длиной 2,5 км и шириной 300 м. Лавовый поток толщиной до 8 м протянулся на 3,5 км вдоль ледника Эмумлес, который начал активно таять. Возникшая грязевая «река» угрожала одноименной долине, в летний сезон заселенной людьми.

Ученые обнаружили, что в юго-западной части кальдеры образовались два новых озера — около 650 и 800 м в диаметре, а окружающий их ледник сплошь покрылся трещинами. Все это говорит о необходимости неотступно следить за «поведением» Хадсона.

Smithsonian Institution
of the Global
Volcanism Network, 1993, 2, 2

Небесный календарь

Май — июнь 1994 г.

Явления в системе Земля — Луна¹

Новолуние: 10 мая, 17 ч 07 мин;

9 июня, 8 ч 26 мин

Первая четверть: 18 мая, 12 ч 50 мин;

16 июня, 19 ч 57 мин

Полнолуние: 25 мая, 3 ч 39 м

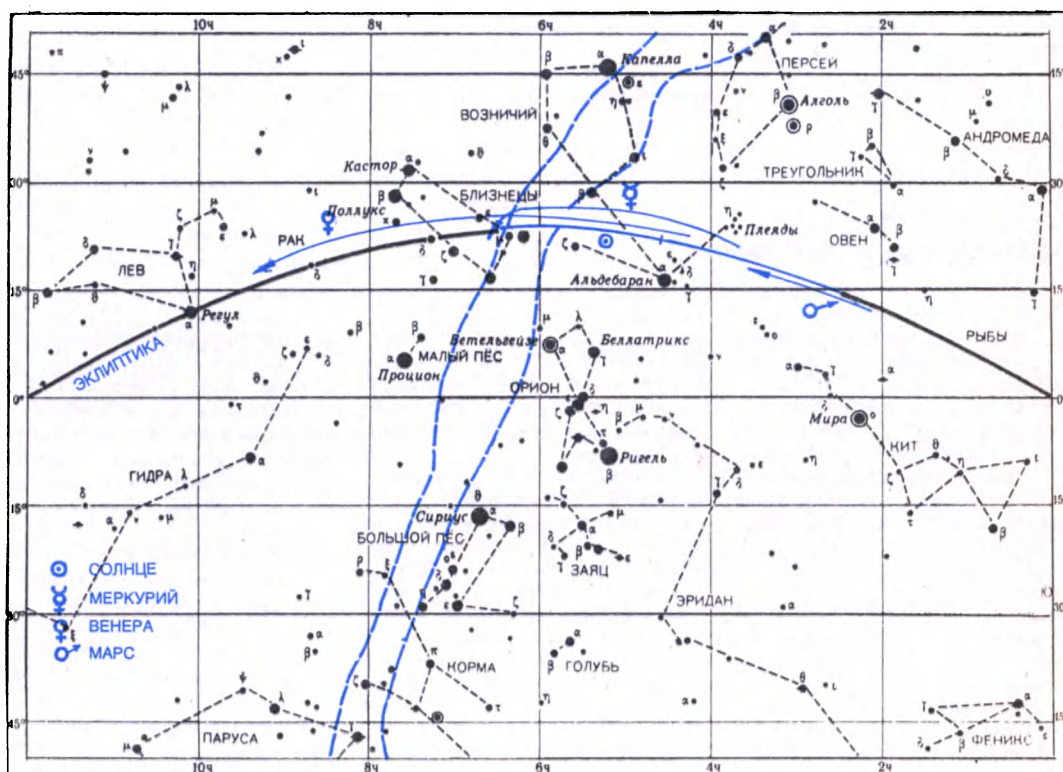
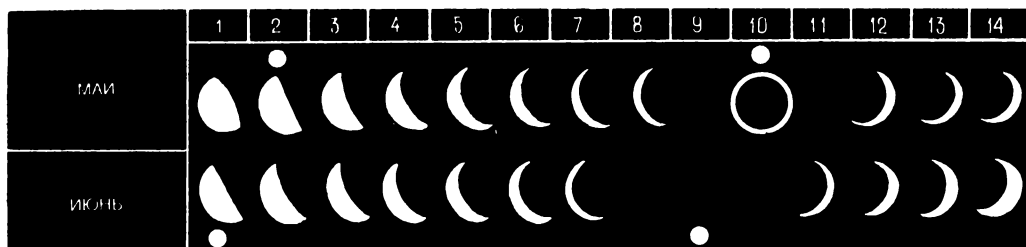
23 июня, 11 ч 33 мин

Последняя четверть: 2 мая, 14 ч

32 мин; 1 июня, 4 ч 02 мин; 30 июня, 19 ч 31 мин

Апогей: 9 мая, 2 ч. Видимый диаметр диска Луны — 29'24''.

Удаление — 406 423 км. 5 июня, 13 ч. Видимый диаметр диска — 29'27''. Удаление — 405 693 км.



¹ Время везде — Всемирное (UT)

Перигей: 24 мая, 3 ч. Диаметр диска — 33'18". Удаление — 358 816 км. **21 июня, 7 ч.** Диаметр диска — 32'55". Удаление — 362 954 км.

Максимальная либрация (на 0 ч)

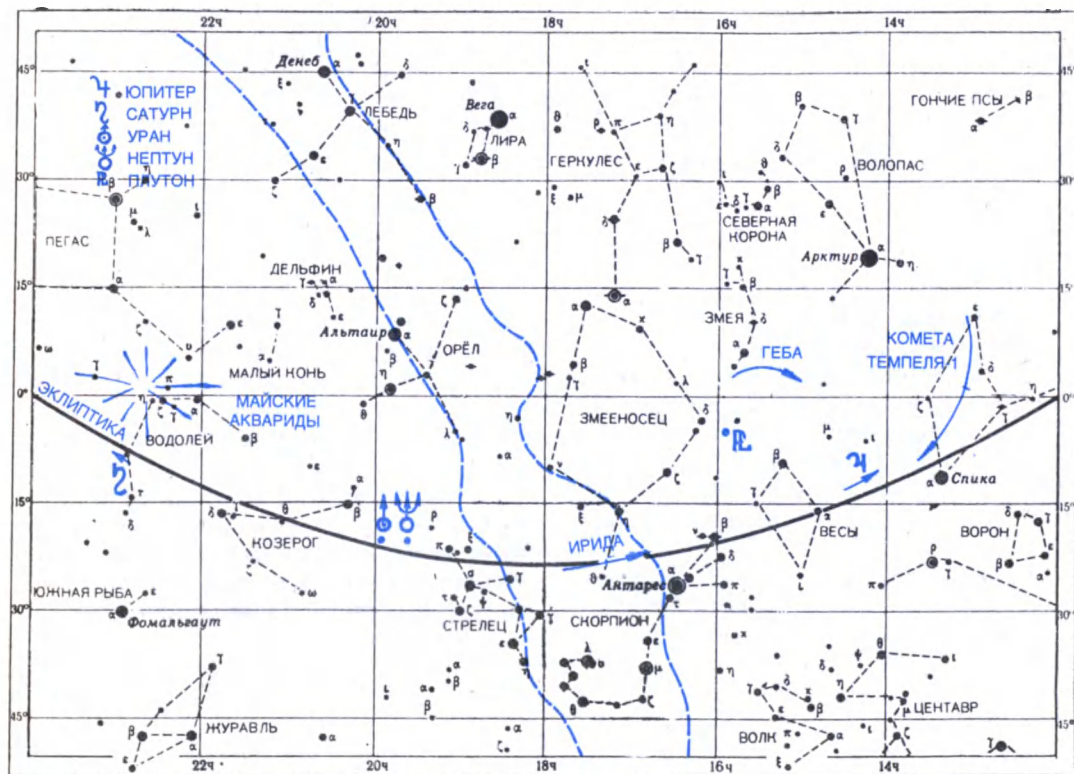
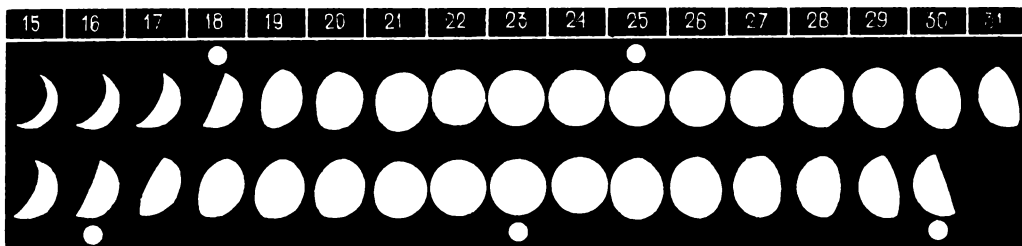
По долгот: 2 мая, +7,41°, 17 мая, -7,31°, 30 мая, +7,12°, 14 июня, -6,12°, 27 июня, +6,36°.

По широте: 4 мая, -6,79°, 18 мая, +6,84°, 31 мая, -6,80°, 14 июня, +6,74°, 27 июня, -6,69°.

Кольцеобразное солнечное затмение 10 мая. Будет наблюдаться в западном полушарии, в нашей стране не видно. Частное затмение начнется

в 14 ч 12 мин в точке с координатами 125,5° з. д. и 4,9° с. ш. и окончится в 20 ч 10 мин в точке с координатами 25,5° з. д. и 23,8° с. ш. Кольцеобразное затмение начнется в 15 ч 20 мин в точке 145,3° з. д. и 13,1° с. ш. и окончится в 19 ч 02 мин в точке 5,0° з. д. и 31,8° с. ш.

Частное теневое лунное затмение 25 мая. Видно в западных районах нашей страны. Вступление в тень — 2 ч 38 мин, максимальная фаза ($\Phi = 0,24$) — 3 ч 30 мин. Выход из тени — 4 ч 23 мин. Покрытие тенью кратера Тихо — 3 ч 00 мин., открытие — 3 ч 56 мин

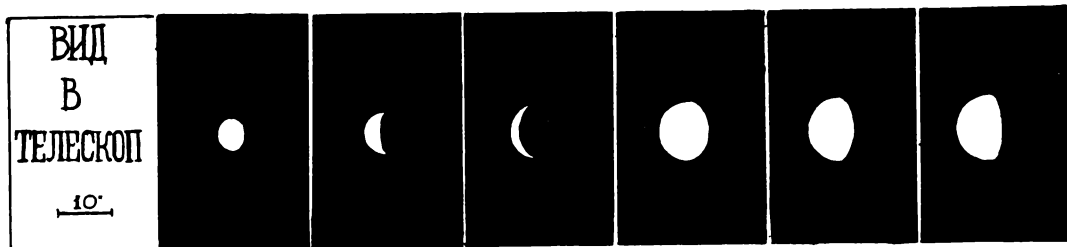


Явление в Солнечной системе

На карте экваториальной области неба (ниже) нанесены пути видимого движения Солнца, планет, некоторых астероидов и кометы Темпеля-1 с 1 мая по 30 июня.

Астероид **6 Геба** в этот период времени передвигается по созвездиям

Змеи и Девы. Его можно будет наблюдать почти всю ночь достаточно высоко над горизонтом. Противостояние Гебы наступит **12 мая**, в этот день ее блеск достигнет $9,8^m$. Астероид **7 Ирида** продвигается вдоль эклиптики по созвездию Скорпиона. В первых числах мая блеск его будет около 10^m ,



МЕРКУРИЙ

ВЕНЕРА

Дата	10 мая	25 мая	10 июня	15 мая	1 июня	15 июня
Пр. восхождение, α	3^h51^m	5^h41^m	6^h35^m	5^h28^m	6^h58^m	8^h09^m
Склонение, δ	$+21^\circ34'$	$+25^\circ37'$	$+23^\circ00'$	$+24^\circ32'$	$+24^\circ35'$	$+22^\circ09'$
Блеск, m	$-1,2^m$	$+0,2^m$	$+1,6^m$	$-3,4^m$	$-3,4^m$	$-3,5^m$
Диаметр, d	$5,5''$	$7,1''$	$10,3''$	$12,0''$	$12,7''$	$13,9''$
Фаза	0,87	0,47	0,16	0,86	0,82	0,78
Видимость	Вечером	Вечером	Вечером	Вечером	Вечером	Вечером

Видимость планет

Меркурий. Май — июнь — это период вечерней видимости планеты, который начинается со второй декады мая и продолжается почти до середины июня. Наибольшая восточная элонгация (23°) наступит 30 мая, и в этот день блеск Меркурия составит $0,7^m$.

Венера хорошо видна на вечернем небе. Ее блеск чуть ниже — 4^m .

Марс. Период утренней видимости

этой планеты начинается в конце мая. С каждым днем продолжительность видимости увеличивается, но Марс находится очень далеко от Земли и поэтому условия его наблюдений неблагоприятны.

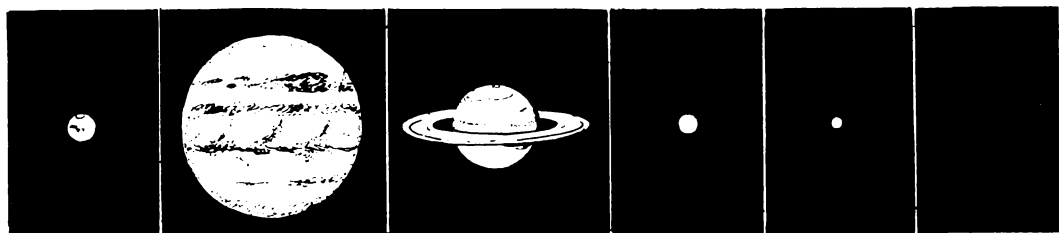
Юпитер медленно передвигается вдоль эклиптики, переходя попятным движением из созвездия Весов в созвездие Девы. Он прекрасно виден всю ночь, хотя и не очень высоко поднимается над горизонтом.

а к 9 мая, к моменту противостояния, достигнет $9,2^m$. Затем блеск плавно уменьшится к концу июня до $9,6^m$.

В мае — июле любительским наблюдениям будет доступна периодическая комета Темпеля-1.

На карте отмечено местоположение радианта метеорного потока Майских Ак-

варид. Лучше всего его наблюдать в южных областях России, где радиант поднимается достаточно высоко. В день максимальной активности (4 мая) часовое число метеоров достигает 30 и более. Эти довольно быстрые метеоры (геоцентрическая скорость — 67 км/с) связаны своим происхождением с кометой Галлея.



МАРС	ЮПИТЕР	САТУРН	УРАН	НЕПТУН	ПЛУТОН
15 июня	1 июня	1 июня	1 июня	1 июня	1 июня
2^h56^m + $16^\circ10'$ + $1,4^m$ 4,5 0,95 Утром	14^h17^m - $12^\circ18'$ - $2,0^m$ 43,2'' 40,9 Всю ночь	22^h56^m - $8^\circ41'$ + $1,2^m$ 17,1'' 15,3 2-я половина ночи	19^h56^m - $21^\circ20'$ $6,0^m$ 3,6'' 2-я половина ночи	19^h36^m - $20^\circ58'$ $7,7^m$ 2,5'' 2-я половина ночи	15^h49^m - $5^\circ20'$ $13,7^m$ 0,9'' Всю ночь

Сатурн. В начале мая планету можно заметить за полчаса до восхода Солнца, в созвездии Водолея. Продолжительность видимости Сатурна постепенно увеличивается, и к концу июня она достигнет уже 2,5 ч.

Уран. Эту планету можно отыскать в бинокль во второй половине ночи, когда созвездие Стрельца, где она находится, поднимется достаточно высоко над горизонтом.

Нептун. Двигается по небу недалеко (в $1-1,5^\circ$) от Урана, поэтому условия

их видимости совершенно одинаковы. Поскольку Нептун меньше и слабее Урана, то для того чтобы найти его, потребуется телескоп.

Плутон. Уже много лет Плутон перемещается по созвездию Весов, поэтому условия его наблюдения в мае — июне вполне благоприятны. Планету можно отыскать, имея телескоп с диаметром объектива не меньше 25—30 см.

А. Д. СЕЛЬЯНОВ

Звездный ларец: май — июнь

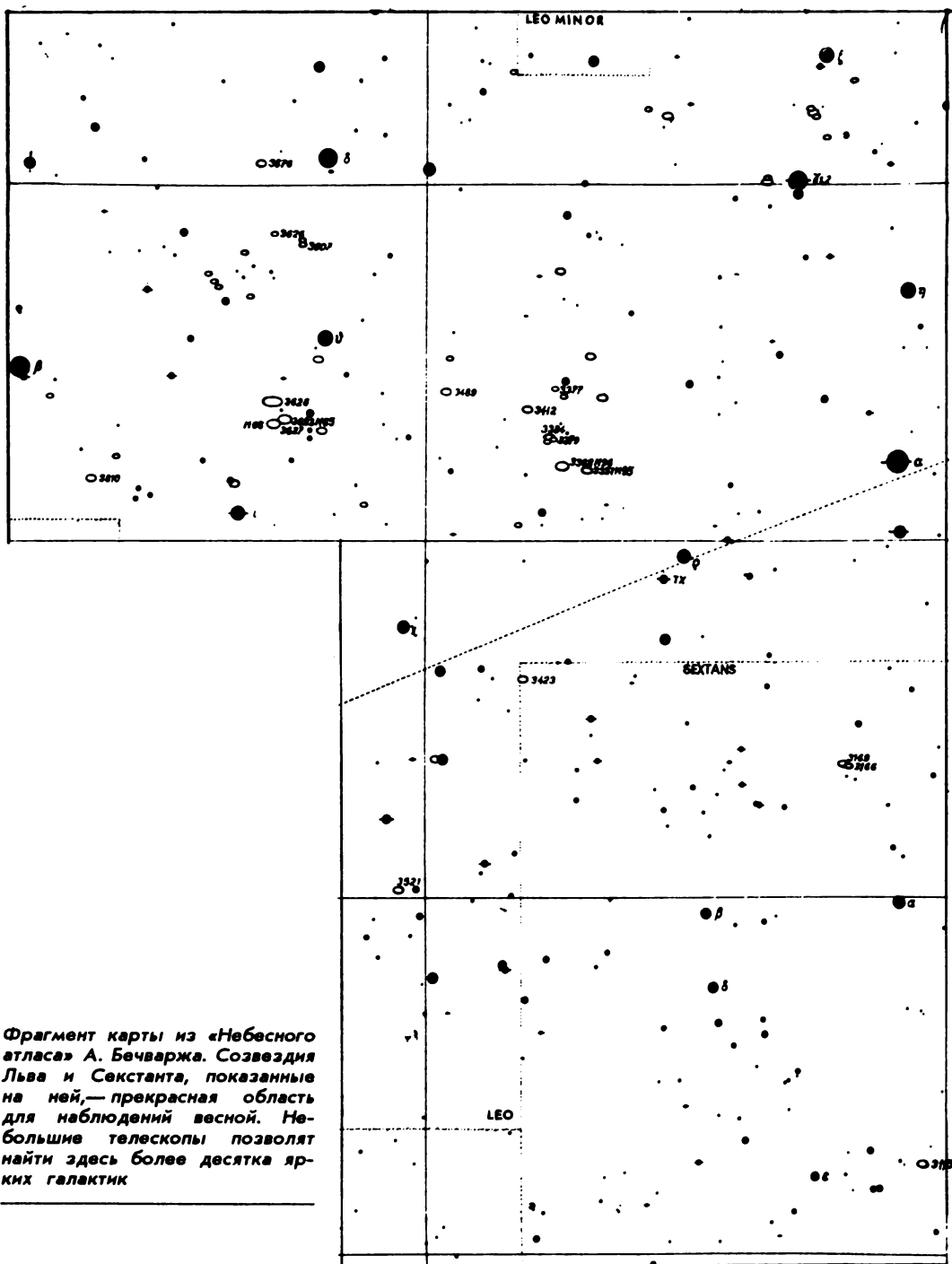
Конец весны. После окончания сумерек взглядом на южную часть небосвода, которая сейчас кажется необычно темной и беззвездной. Здесь видна довольно большая вытянутая трапеция из звезд 2—3 величины, юго-западный угол которой украшает звезда 1,33^m, носящая имя Регул. Это созвездие Льва; в нем увековечен знаменитый Немейский лев, побежденный когда-то Гераклом. Созвездие любопытно тем (и это ставит его в особое положение у наблюдателей туманностей и звездных скоплений), что на всех его 947 кв. градусах (оно занимает по площади двенадцатое место на небе) нет ни одного звездного скопления, ни единой планетарной или какой-либо другой туманности, доступных даже крупному телескопу, — одни лишь галактики! Все шесть десятков туманных объектов, отмеченных в «Atlas Coeli» А. Бечваржа — именно они. Среди сотен объектов, усыпавших созвездие, в «Уранометрии 2000.0» вы не найдете ни одного объекта иного

класса (не принимая во внимание радиоисточники и квазары). Но это обстоятельство не огорчает опытного наблюдателя — звездные глубины Льва настолько разнообразны и интересны, что даже для первоначального ознакомления с ними в небольшой телескоп едва ли хватит нескольких ночей, а если диаметр объектива инструмента превышает 25 см, то на это уйдет, наверное, не один их десяток.

В расположении почти всех этих галактик заметна интересная особенность: большинство их собрано в небольшие группы, «возглавляемые» одной-двумя особо выделяющимися, однако самый яркий из всех объектов Льва, NGC 2903, держится особняком. Галактика находится в 1,5° южнее звезды λ Leo, которая украшает «кончик носа» небесного хищника. Ее блеск примерно 9^m. Она прекрасно видна в любой телескоп, в том числе в 8-сантиметровый рефрактор. Направьте сюда свой инструмент и вы увидите большое, около 11', вытянутое с юга на север

пятно с ярким центром. Поверхностная яркость внешних областей галактики невысока, поэтому то, какой вы увидите ее, сильно зависит от степени засветки неба и прозрачности атмосферы. Более крупные телескопы позволяют различить, что структура галактики неоднородна. В свое время В. Гершель, открывший ее, отметил, что здесь находится не один, а два разных объекта. Он оставил такое описание:

«Это очень яркий, вытянутый [объект], постепенно становящийся более ярким к центру, круглый. При длительном рассмотрении становится видна очень слабая круглая туманность, соприкасающаяся [с NGC 2903] с северо-востока». Однако современные фотографии убеждают, что здесь все же находится один объект, а Гершель принял за отдельную туманность один из наиболее ярких фрагментов спиральных ветвей галактики. На фотоснимках можно различить множество ярких сгустков, «унизывающих» спирали. Крупнейшие из них заметны и визуально,



Фрагмент карты из «Небесного атласа» А. Бечваржа. Созвездия Льва и Секстанта, показанные на ней,—прекрасная область для наблюдений весной. Небольшие телескопы позволяют найти здесь более десятка ярких галактик

если диаметр телескопа условиях/. Более скром- и снова ощущать желание будет больше 300 мм, ные инструменты являют взглянуть на него. Уд- а увеличение — больше лишь клочковатое строе- вительно, конечно, что 100 . С таким инструмен- ние NGC 2903. Но, с ка- Ш. Мессье не заметил ее, том можно уже различить ким бы телескопом вы зато в группе из десятка и спиральные ветви/прав- не отыскивали этот объект, галактик, расположенной да лишь в превосходных я уверен, вы будете снова в 10° восточнее Регула,



Галактика NGC 2903, самая яркая в созвездии Льва. Север — вверх

обозначают буквой М целых три.

М 95 и М 96 внесены в каталог самим Ш. Мессье (он открыл их 20 марта 1781 г.), третью же вписали (под обозначением М 105) в каталог, первоначально насчитывавший 103 объекта, в середине нашего столетия, после того как было до-

казано, что сам Мессье действительно знал о ее местонахождении и существовании, хотя и не отметил в каталоге. Галактику обнаружил его друг и соперник в поиске комет П. Мешен, и приходится еще раз удивиться, что, обнаружив М 96 и М 95, Мессье не заметил все менее яркую М 105 всего лишь в 1° севернее.

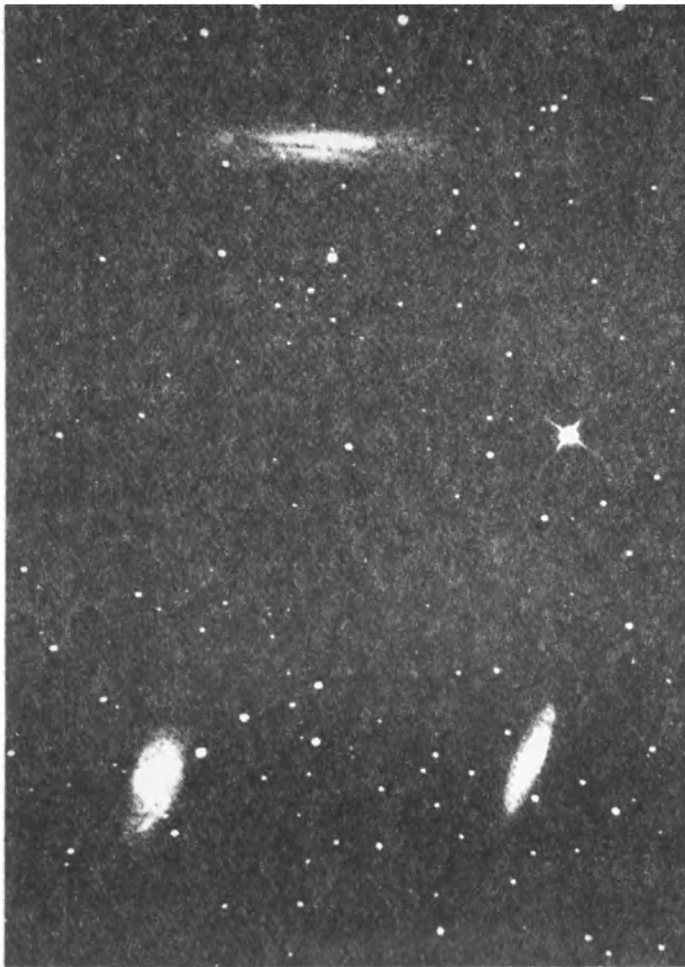
М 95 и М 96 на небе разделяет менее 1° , и они видны в поле зрения широкоугольного окуляра. Блеск первой из них — 10^m , второй — $9,1^\circ$ (раз-

меры $3' \times 3'$ и $7' \times 4'$). Обе спирали хорошо видны в маленькие телескопы, хотя первая выглядит более тусклой из-за значительной площади.

Интегральный блеск М 105 (на приведенной здесь карте из 1-го издания атласа Бечвара она еще не отмечена буквой М и носит обозначение NGC 3379) оценивается в $9,2^m$ — $9,3^m$, что при размере всего $2' \times 2'$ делает ее очень заметным объектом: поверхностная яркость галактики больше, чем у М 95 и М 96 и других ярких галактик Льва.

Даже самые невнимательные наблюдатели, отыскав М 105, заметят рядом похожее на нее небольшое туманное пятнышко примерно на 1^m слабее. Это NGC 3384, видимые размеры которой примерно такие же, как у соседки, или чуть больше. Третью галактику, находящуюся в одном поле зрения с этими двумя, нельзя назвать легкодоступным объектом: в Москве даже в 20-сантиметровый телескоп NGC 3389 видна с большим трудом. Возможно, ее можно увидеть и в «Мицар», но для этого его придется установить в горах. В 35-сантиметровый же рефлектор овальное пятнышко размером $2' \times 0,9'$ различается уверенно.

Чтобы найти галактику NGC 3412 в $1,5^\circ$ северо-восточнее от этого трио, не потребуется особо напрягать зрение: она довольно яркая и небольшая ($10,5^m$ и $2,5' \times 1,3'$). NGC



Трио галактик NGC 3628 (вверху), М 65 и М 66 (справа и слева внизу)—украшение созвездия Льва. Снимок получен американским любителем астрономии Мартином Джерманом с 20-сантиметровым $f/1:5$ рефлектором Ньютона. Пленка — «Kodak 103a-F», выдержка 30 мин («Sky and Telescope», 1987, 73, 4)

3377 (чуть северо-западнее) еще ярче; и «Мицар» и 8-сантиметровый школьный рефрактор позволяют отчетливо рассмотреть здесь яркий овал

$1,5' \times 0,8'$ блеском $10,2^m$ — $10,5^m$. Взяв за ориентир его и яркую звезду к Leo чуть северо-западнее, попытаемся найти NGC 3367 в $0,5^\circ$ к югу от звезды. Она довольно слабая: блеск $11,5^m$ — 12^m «размазан» по площади $2' \times 2'$, и придется потрудиться, чтобы увидеть ее в 15-сантиметровый телескоп. NGC 3338, что расположена в $1,3^\circ$ к юго-западу от к Leo, заметить еще труднее: ее размеры очень большие — $5' \times 2,7'$ при видимом блеске $11,5^m$. Скорее всего, наименьший инструмент, с которым можно

надеяться отыскать ее, это 20-сантиметровый. NGC 3346 в 1° северо-западнее к Leo — чуть доступнее — $10,7^m$ при размерах $2,5' \times 2'$.

Помучившись немного с этими слабыми объектами (к ним можно при желании добавить NGC 3489, которая светит как звезда $10,5^m$, размером $2,5' \times 1'$ и расположена немного восточнее), отдохнем, направив свои телескопы на гораздо более «легкие» объекты в группе, расположенной в 10° восточнее первой. Ее возглавляет М 66, чудесная спираль, видимая чуть «с ребра». Соседняя М 65 примерно на половину звездной величины слабее ($9,3$ — $9,5^m$). Обе открыты Мешеном в 1780 г., имеют размеры примерно $8' \times 2'$ и представляют собой незабываемое зрелище в крупный телескоп. Но внимательный наблюдатель, адаптировав глаза к темноте, даже с небольшим инструментом заметит массу деталей их строения. Во всяком случае, с «Мицаром» в хорошую ночь можно увидеть «клочковатость» М 66 и кое-какие подробности в М 65. 35-сантиметровый «Ньютон» дает возможность без труда рассмотреть спиральные ветви в обеих. Интересно, с каким наименьшим инструментом читателям удастся их заметить. К северу от них располагается еще одна интереснейшая галактика — NGC 3628. «На глаз» она кажется на одну величину слабее своих знаменитых соседок, хотя и имеет размеры примерно



Эллиптическая галактика NGC 3115, «Веретано», в созвездии Секстанта

такие же, как и у них. Однако на фотографии видно, что она почти вдвое больше — $15' \times 4'$ — и вдоль ее продольной оси протянулась темная полоса пылевой материи. 35-сантиметровый телескоп позволяет различить что-то похожее. Я думаю, что ее можно заметить и с меньшим инструментом. В Москве NGC 3628 видна, хоть и не без труда, в «Мицар», но в условиях хорошего астроклимата доступна гораздо более скромному инструменту. Во всяком случае, как сообщает московский наблюдатель С. Жуйко, на Майдане он наблюдал всю «троицу» в бинокль 10×50 .

Теперь отвлечемся от звездных сокровищ Льва и направим наши телескопы чуть южнее. Здесь увидим область, почти лишенную звезд — созвездие Секстанта. У большинства любителей астро-

номии это название вызывает ассоциации с южным небом, хотя оно вполне доступно для наблюдений в средней полосе России.

Взглянем на карту: небольшое созвездие «оседлало» небесный экватор и делится им почти надвое. То есть Секстант не более «южный», чем, скажем, Орион или Дева. Еще один распространенный предрассудок связан с мнимой пустотой и бесполезностью этой области неба для любителя астрономии. К примеру, Ф. Зигель в своих «Сокровищах звездного неба» удостоивает Секстант лишь одной фразы: «В этом созвездии из 25 звезд нет ничего, что могло бы привлечь наше внимание». Действительно, эта область неба не выделяется яркими звездами, однако «охотник за небесной мелочью» здесь найдет, чем поживиться. Спиральная галактика NGC 3423, расположенная у самой границы с созвездием Льва, не очень яркая — блеск, по моей оценке, примерно $11,3^m$,

размеры $3,5' \times 3,5'$. Галактика NGC 3169 в десятке градусов западнее — заметно ярче, имеет блеск около $10,5^m$ и выглядит овалом размером $4' \times 1,5'$. NGC 3166, хотя и имеет тот же блеск, выглядит поярче, поскольку значительно меньше по размеру — ее диаметр лишь $1'$. Гораздо труднее заметить галактику NGC 3156 (менее, чем в полуградусе от NGC 3166) — ее блеск не превышает 12^m .

Я думаю, что Галактика NGC 3115 в южной части созвездия Секстанта окажется для того, кто с ней не знаком, приятным сюрпризом, как когда-то и для меня. Направляя «Мицар», я рассчитывал увидеть обычное едва заметное пятнышко, тем более, что дело происходило в Москве, а галактика здесь не поднимается высоко над горизонтом. Однако она оказалась очень ярким впечатляющим овалом, прекрасно выделяющимся на фоне отнюдь не темного неба. Ее размер — $4' \times 1'$, блеск $9,3^m$, и она показалась мне объектом с чрезвычайно высокой поверхностной яркостью. Галактика запоминается своим необычным обликом: четко очерченными краями и почти одинаковой яркостью в центре и на краях, значительной вытянутостью, которая довольно редко встречается у эллиптических галактик (она относится к типу E7). Отыскав ее, вы сразу же поймете, почему она носит прозвище «Веретано».

А. Ю. ОСТАПЕНКО

Фотопатрулирование Луны

Наблюдение кратковременных нестационарных лунных явлений (русская аббревиатура — КНЛЯ применяется редко, обычно их обозначают английской TLP — Transient Lunar Phenomena) — популярная ныне область деятельности любителей астрономии. Все больше и больше становится наблюдателей, в лунные ночи внимательно осматривающих поверхность нашего естественного спутника в надежде заметить что-либо необычное (Земля и Вселенная, 1992, № 3, с. 89; 1993, № 5, с. 77, № 6, с. 59). В научных кругах неоднократно обсуждался вопрос о субъективности таких наблюдений и результатов. Однако есть способ получить объективную, без ошибок наблюдателя, информацию. Это фотография. Ее с успехом можно применять для наблюдения загадочных явлений на Луне. В настоящее время у любителей астрономии появилась возможность организовать фотопатрулирование Луны, приобретая готовые инструменты и нужную пленку и не затрачивая усилий на переоборудование аппаратуры. Из отечественных инструментов наиболее подходит для этой цели, пожалуй, телескоп «ИНТЕС-6КМ» (диаметр объектива 150 мм, относительное отверстие 1 : 10, оптическая схема — менисковый Кассегрен — Прим. ред.). Он очень компактен, удобен для перевозки и установки на местности. Не сложно сейчас приобрести 35-миллиметровую камеру типа «Зенит» и фотопленки «Микрат-200», «Микрат-300», новую пленку «Микрат-ортохром», «МЗ-3Л» или обычную



Луна в полнолунии. Телескоп «ИНТЕС-6КМ», снимок в прямом фокусе, пленка «Микрат-200», выдержка около 0,1 с. Обратите внимание на хорошо проработавшиеся детали вблизи западного (правого) лимба Луны

пленку «Фото-32». Пленки серии «Микрат» относятся к негативным, а МЗ-3Л — к позитивным фоторепродукционным. — Прим. ред.

Оптимальным материалом нужно считать «Микрат» (высокий коэффициент контрастности и разрешающая способность более 200 лин/мм). Это позволяет фиксировать на узкоформатных негативах многочисленные мелкие детали. При съемке с «ИНТЕСОМ»



Луна в первой четверти. Снимок сделан в прямом фокусе телескопа «ИНТЕС-6КМ», пленка «Микрат-300», экспозиция 0,3—0,4 с

Луна вблизи последней четверти. Прямой фокус, пленка «Микрат-300», выдержка около 0,8 с

диаметр изображения Луны без окулярного увеличения — около 14 мм. В микроскоп с увеличением 16—32^x можно различить образования размером всего лишь 5—8 км. Для получения негативов с большим масштабом желательно применять не окулярное увеличение, а телеконвертор ТК-2, увеличивающий фокусное расстояние телескопа «ИНТЕС» до 3 м.

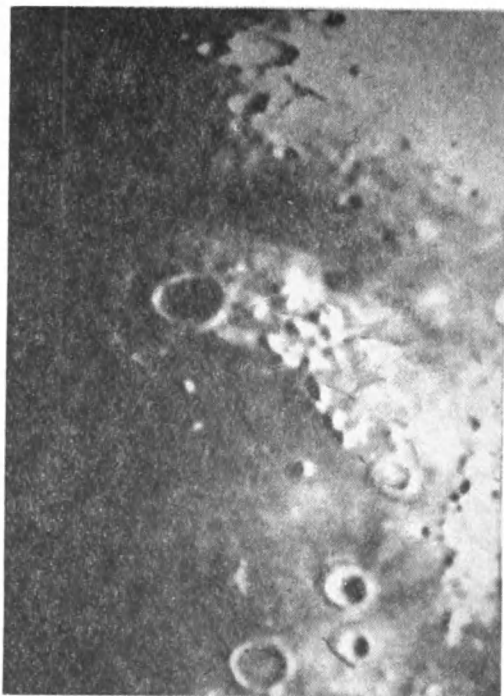
Для патрулирования Луны фотографическим способом с телескопом «ИНТЕС» можно применять методику визуальных наблюдений, предложенную координатором группы наблюдателей нестационарных лунных явлений в России Е. Арсюхиным. Ее основная схема:

— в главном фокусе 150-миллиметрового телескопа крепится камера «Зенит» со взведенным затвором;

— в малый телескоп (гид «ИНТЕСа», 60 мм 1:25, или другой) при наименьшем увеличении в течение 15—30 мин и с перерывами в 20—30 мин производится визуальное патрулирование;

— при обнаружении TLP, а также в конце каждого из перечисленных этапов патрулирования нужно сфотографировать диск Луны обязательно по схеме «кадр + дубль = кадр». Это позволяет исключить дефекты, царапины и т. п. Если TLP обнаруживается на обоих негативах, то скорее всего, можно считать, что оно на самом деле имело место.

Одна из самых существенных проблем, с которой сталкивается любой астроном-любитель, это вибрация телескопа, возникающая при передаче колебаний от движущихся частей за-



Кратеры Платон, Архимед, Аристилл, Автолик, горы Питон, Тенериф, Альпы. Хорошо просматривается Альпийская долина. Снимок сделан с 2-кратным телеконвертером ($F_{\text{экв}} = 3000 \text{ м}$), пленка «Микрат-300», экспозиция 0,6—0,8 с

творца фотоаппарата в момент экспозиции. Желательно применять «безвибрационные затворы», простейший из которых... рука наблюдателя с заслонкой, которую фотограф держит перед объективом телескопа. При фотографировании Луны на пленку «Микрат» выдержка должна быть от 1,5 (при малых фазах) до 1/30 (в пол-

нолунии). Открыв затвор фотокамеры, нужно подождать 5—15 с пока колебания не затухнут, после этого сделать взмах рукой с заслонкой, причем перед съемкой нужно потренироваться, отработывая этот прием, и научиться открывать апертуру точно на расчетный интервал времени.

Из-за высокого коэффициента контрастности при съемке Луны на пленку «Микрат-200» более оснащенные области Луны (близ лимба в первой или последней четверти) оказываются передержанными, а участки близ терминатора — наоборот, не успевают проработаться. Поэтому полезно делать несколько негативов Луны: недодержанные — для проработки более оснащенных участков и передержанные — для получения мельчайших деталей на терминаторе и близ него.

При фотографировании на пленку «Фото-32» почернение негативов получается почти равномерным от края лимба до терминатора, однако более высокая зернистость (зерно хорошо видно при печати с увеличением, в то время как у пленок серии «Микрат» почти неразличимо) и меньший коэффициент контрастности приводят к тому, что на общем фоне выделяются лишь самые контрастные из множества деталей поверхности.

Автор выражает благодарность минскому любителю астрономии К. Морозову за ценные советы при обмене опытом фотографирования Луны.

И. С. БРЮХАНОВ, руководитель астрономического кружка станции юных техников
220033, Белоруссия, г. Минск, ул. Судмалиса,
д. 16, кв. 27
(снимки автора)

Загадки лунного серпа

Вечером 18 декабря 1982 г., на-
правив трубу «Турист-3» на молодой
лунный серп, готовый скрыться за
горизонтом, я увидел явление, поразив-

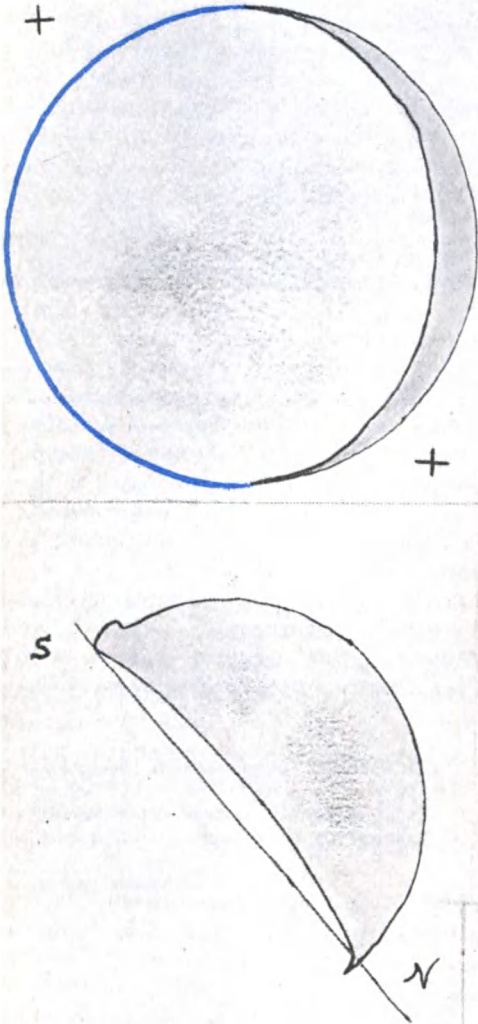
шее меня. Острые «рога» Луны плавно
переходили в тонкие голубые «воло-
ски», которые, очерчивая невидимый
темный лимб, смыкались друг с дру-
гом. Известно, что такое наблюдается
на Венере, но ведь там — плотная
атмосфера, в которой преломляются
солнечные лучи. Что же происходит
на Луне?

Упорный наблюдатель может уви-
деть это явление не чаще трех-четыре-
х раз в год. Обычно замечают желтую
или (намного реже) голубоватую по-
лоску, которая тянется от одного или
обоих «рогов» на 2-3, иногда на 5-10°
(имеется в виду угол с вершиной в
центре диска Луны). Так что по своей
зрелищности событие 18 декабря
1982 г., видимо, было уникальным.

Свечение часто бывает неровным,
с точками, разрывами, или вовсе «ото-
рванным» от «рогов». Оно возникает
внезапно и держится часами. Однажды
мне довелось быть свидетелем «раз-
растания рога» не «в длину», а «в
ширину», в виде желтоватого вздутия
над лимбом.

Тезис «Луна — мертвая планета»
безнадёжно устарел. Факты удлинения
«рогов», и не только они, доказывают,
что из недр Луны время от времени
извергаются пыль и газ. В этой-то
временной «атмосфере» и наблюдают
разнообразные оптические явления.

Удлинение «рогов» иногда объяс-
няют преломлением лучей Солнца,
как на Венере. Вряд ли это так. Для
того, чтобы явление на Венере стало
заметным, угол преломления должен
быть порядка нескольких градусов.
Однако некоторые наблюдения (в ча-
стности, покрытий звезд Луной) сви-
детельствуют о том, что в неплотной
лунной «атмосфере» угол преломле-
ния редко бывает больше 1'. Поэтому,
видимо, можно говорить лишь о рас-
сеянии света Солнца на газовых или
пылевых облаках. Чем ближе к «рогам»,



Явление удлинения «рогов» лунного серпа 18
декабря 1982 г. Его можно интерпретировать
как выброс газа на высоту около 90 км над
поверхностью Луны, распространившегося по
всему западному полушарию Луны

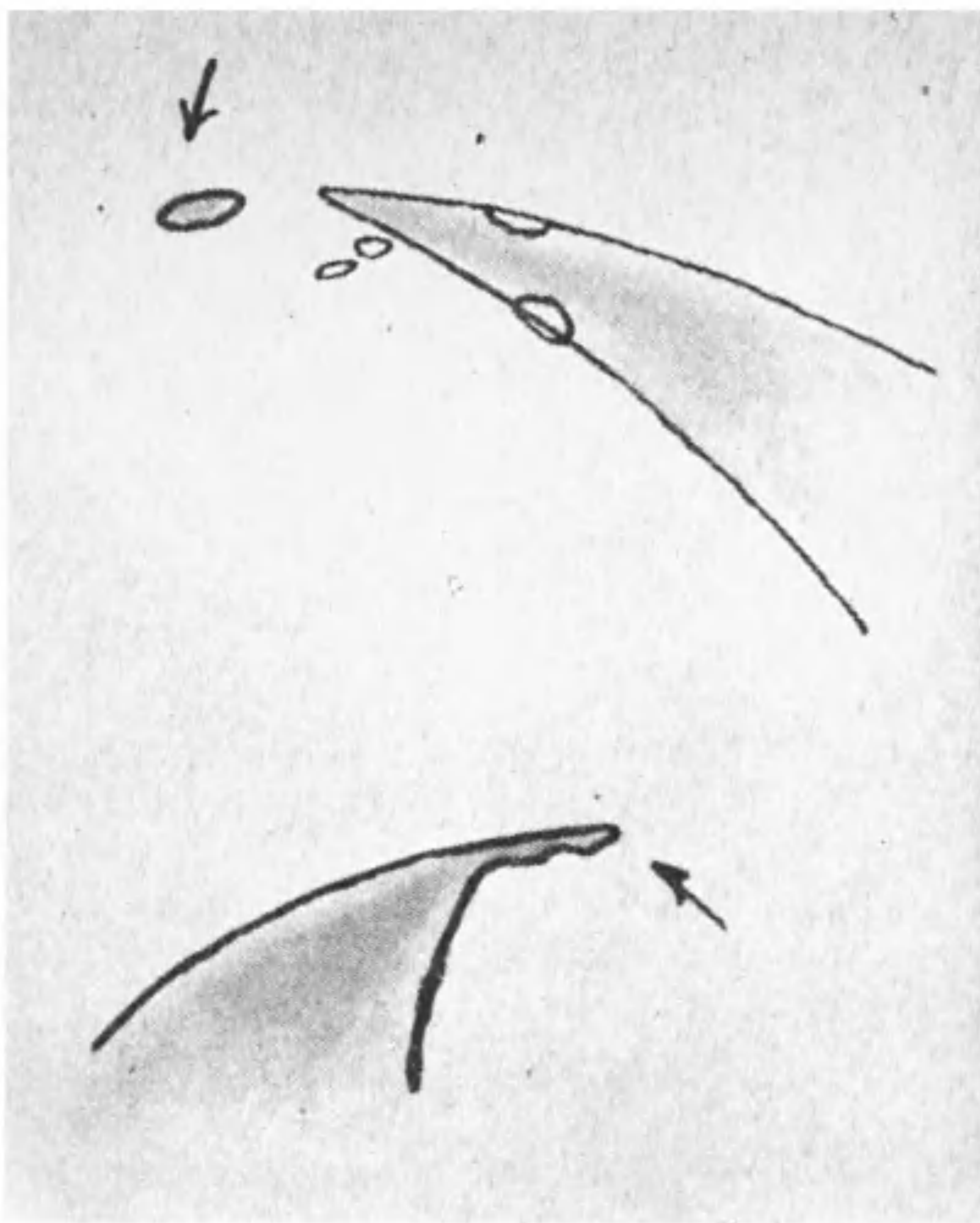
тем меньшую высоту нужно иметь облаку, чтобы выйти из тени Луны — потому-то мы и видим эти свечения чаще всего в области «рогов». Полоски голубоватых оттенков порождаются, очевидно, рассеянием на молекулах и атомах газов (рэлеевское рассеяние, которое делает голубым земное небо), тогда как желтые свечения возникают при рассеянии на крупных пылинках (рассеяние Ми, как в земных облаках).

Чтобы подтвердить эту гипотезу, я стал наблюдать спектр этих свечений в самодельный щелевой спектроскоп и визуально измерять степень поляризации с помощью поляризатора ПФ-40,5. К сожалению, пока мне попадались только желтые свечения. Оказывается, их спектр неотличим от спектра Солнца, а степень поляризации близка к нулю, как и должно быть при рассеянии Ми. Однако 15 февраля 1993 г. возле северного «рога» я видел свечение, исчезающее, если ось поляризатора оказывалась параллельной линии «рогов», и появляющееся при повороте фильтра на 90° . Иными словами, степень поляризации составляла 100%, что могло быть, если частички, на которых происходит рассеяние, ориентированы вдоль поверхности Луны. Отчего они так сгруппировались? Очевидно, причина здесь та же, что и заставляющая их часами висеть над поверхностью Луны — скорее всего, электростатическое поле, силовые линии которого направлены параллельно лунной поверхности. Такие поля на терминаторе — не редкость.

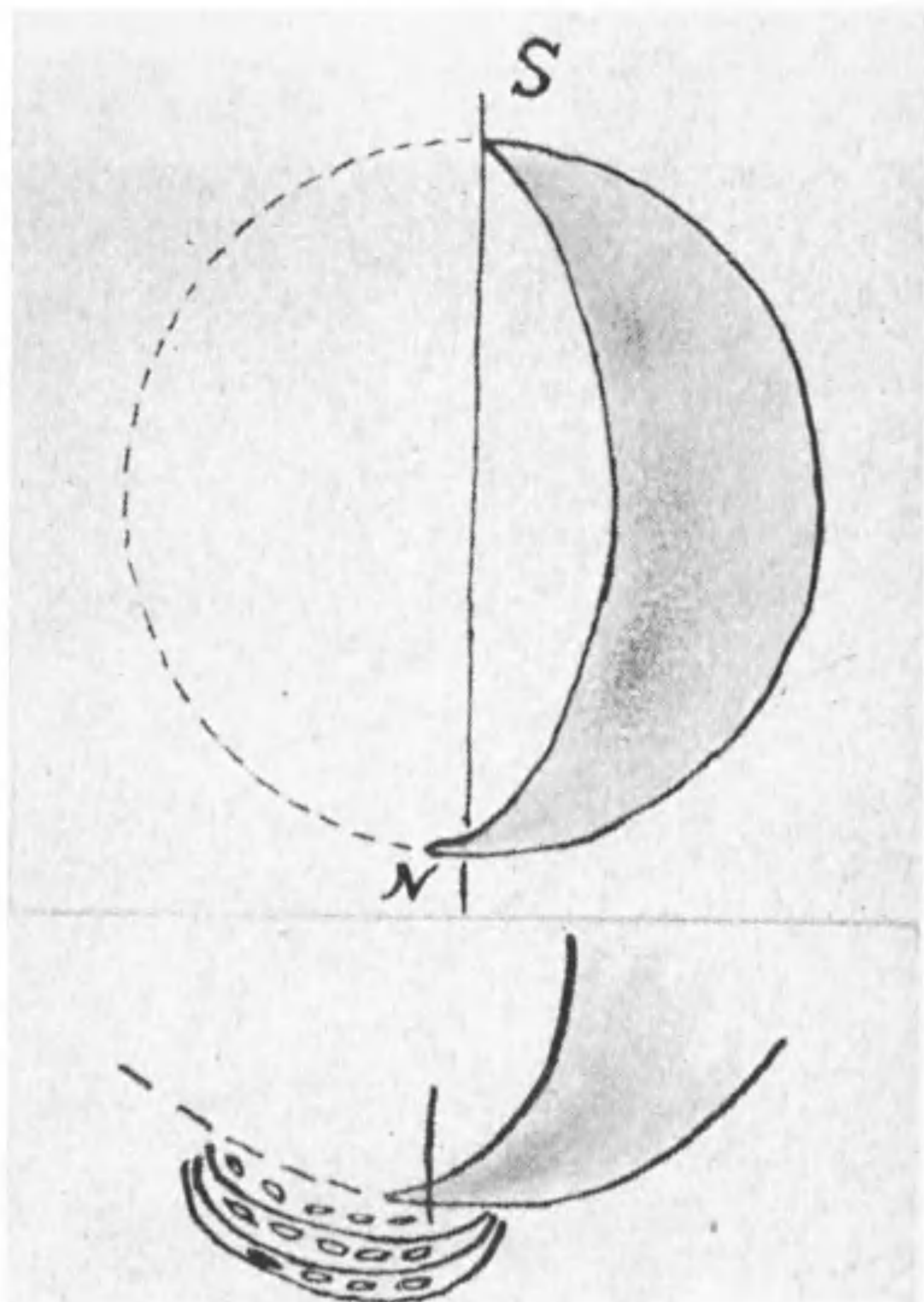
К сожалению, ни мне, ни, насколько я знаю, кому-то другому не удалось пока получить хорошей фотографии явления удлинения «рогов» Луны, хотя это вполне под силу владельцам светосильных телескопов с точным часовым механизмом. Нужно получить фотографию спектра свечения, фотографически или на ФЭУ измерить степень поляризации и яркость. И, конечно, простые визуальные наблюдения в бинокли или небольшие трубы будут очень полезны: готовясь к прогулке по Луне никогда не знаешь, что ждет тебя.

Е. АРСЮХИН

115547 г. Москва, Загорьевский проезд,
д. 5/2, кв. 388

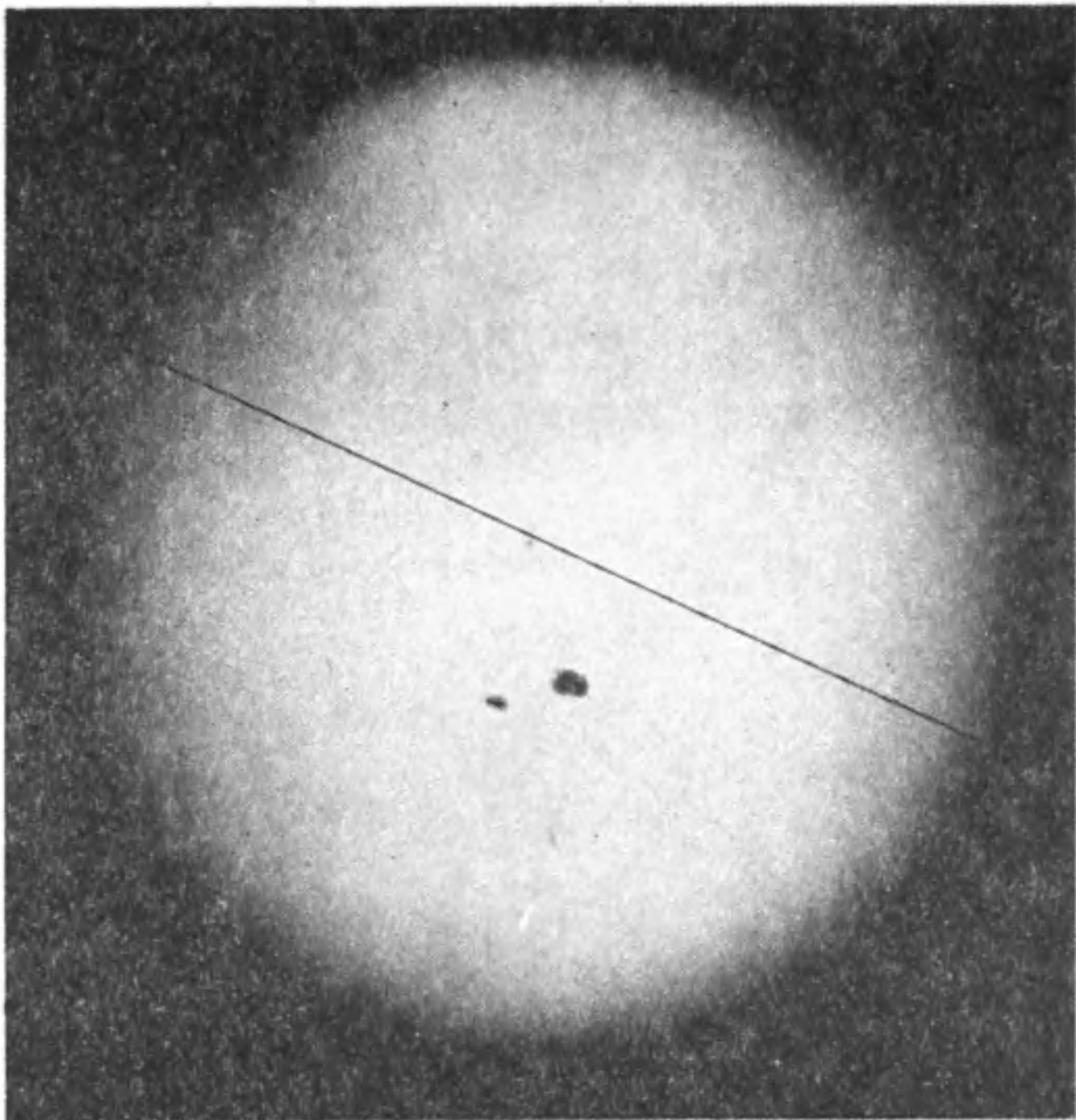


Вверху — «оторванное от рога» свечение 13 августа 1993 г. Внизу — свечение с неровностями и утолщениями 20 ноября 1993 г. В обоих случаях «рог» — южный

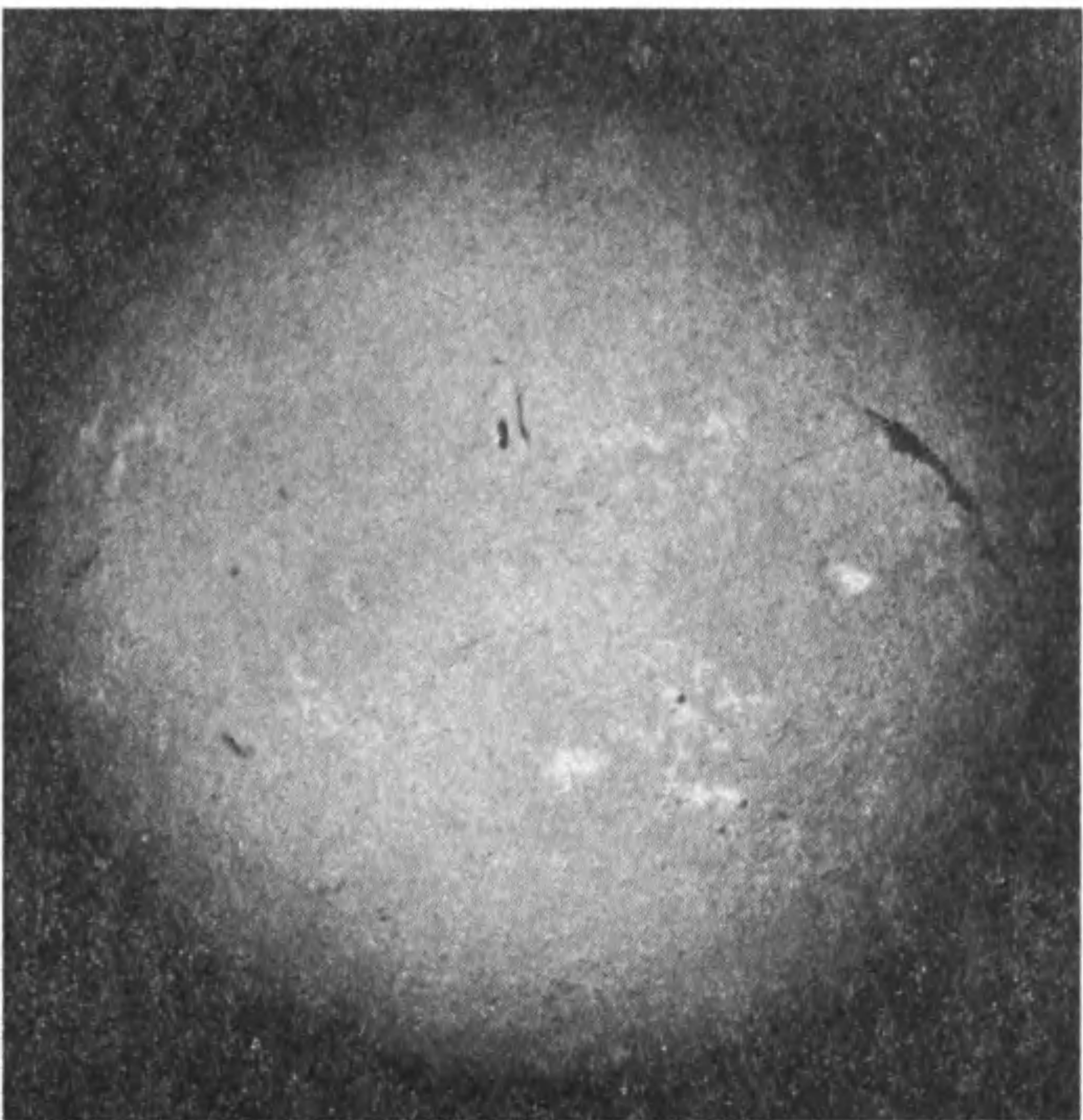


Вид Луны утром 24 июня 1992 г. У южного «рога» необычное вздутие (на рисунке преувеличено) высотой 2—3'', т. е. около 5 км. Его можно объяснить как пылевое облако, процирующееся на лимб

Солнце в октябре — ноябре 1993 года



Солнце 5 ноября 1993 г. Сравнительно редкая ситуация: довольно крупная одиночная группа пятен на «чистом» диске. Снимок Т. В. Говориной



Пятенная активность в целом была умеренной и переменной. В первых двух декадах октября по диску проходили три относительно крупные группы пятен. Две из них располагались в южном полушарии на широтах $15-20^\circ$ — довольно высоких для текущей фазы цикла, одна — в северном полушарии в 10° от экватора. Кроме того, в первых числах октября на диске находились две небольшие группы, приближавшиеся к западному краю. В результате, пик чисел Вольфа (индекс W), достигнув значения 90, пришелся на 3—5 октября.

В третьей декаде месяца ситуация стала иной. Число пятенных групп менялось от 0 до 5. Это были небольшие группы. Часть из них существовала весьма непродолжительное время, образуясь и исчезая на диске. Типичное значение составляло 40.

На исходе октября и в первой декаде ноября снова стала обращенной к Земле полусфера, на которой развивались крупные пятна. Вопреки ожиданиям, она оказалась малоактивной. Здесь появилась одна заметная по размерам, но простая по структуре группа в южном полушарии. Индекс W был лишь около 20. К концу ноября на диске наблюдались две-три группы, число колебалось около значения 40. Таким образом, ноябрь оказался одним из наиболее малоактивных в текущем году.

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

При малом количестве пятен хромосфера также бедна активными структурами. Перед вами H — фильтраграмма 23 октября 1993 г. Снимок С. А. Язева.

Наблюдения выполнены в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН

Комета Темпеля-1

Весной и в начале лета 1994 г. к Солнцу приблизится известная периодическая комета Темпеля-1 (свой перигелий она пройдет 3 июля). Взаимное расположение и движение кометы, Земли и Солнца будет почти таким же, как и в 1972 и 1983 гг., когда она двигалась по удобным для наблюдений областям неба и блеск ее достигал значительных величин. Поэтому можно предположить, что в предстоящем возвращении она, вероятно, достигнет 11—10^м вблизи противостояния с Землей (в начале апреля), а максимального значения блеска можно ожидать в июне (до 9^м).

Путь кометы по небу пролегает весьма благоприятно для наблюдений. Она почти все время своей видимости будет двигаться по созвездию Девы, т. е. ее можно наблюдать весной почти всю ночь. Примерно 1 июня она пройдет рядом (может быть, даже перед) с галактикой NGC4900, значительно превосходя ее по блеску. Яркость кометы достигнет 8,9^м, тогда как галактики — 11,3^м (ее размеры 1,7'×1,7').

Комета Темпеля-1 весьма популярна среди наблюдателей, поскольку часто имеет блеск 8—9^м и при каждом

Комета Темпеля-1 весной и летом 1994 г.

Дата, О ^h (ТТ)	Прямое восхождение, α (2000.0)	Склонение, δ (2000.0)	Блеск, m
Апрель 8	13 ^h 21,78 ^m	+12°45,1	10,3 ^m
18	13 13,38	+12 33,1	9,9
28	13 05,38	+11 33,9	9,5
Май 8	12 59,49	+09 45,3	9,3
18	12 57,16	+07 11,1	9,1
28	12 59,10	+04 00,4	8,9
Июнь 7	13 05,39	+00 23,5	8,9
17	13 15,82	-03 30,2	8,9
27	13 30,03	-07 31,6	8,9
Июль 17	14 08,06	-15 26,6	9,2
27	14 31,20	-19 06,3	9,5

благоприятном возвращении за ней следят десятки любителей астрономии. Открыта комета Е. Темпелем на Марсельской обсерватории 3 апреля 1967 г. с 16-сантиметровым рефрактором во время поиска новых комет. Эфемериды кометы приводятся ниже.

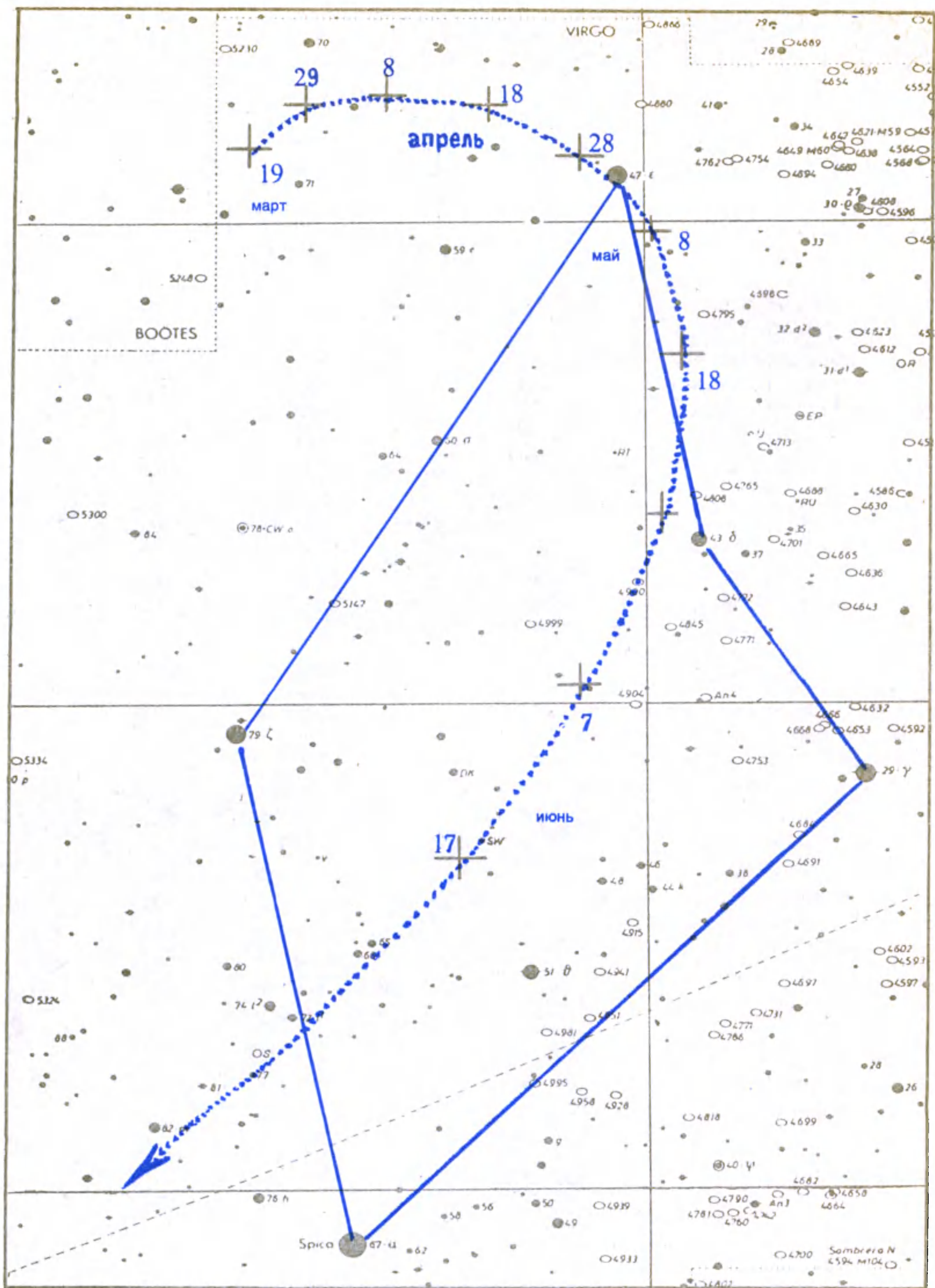
Б. Б. ТИТОМИРОВ
Москва

R Северной Короны

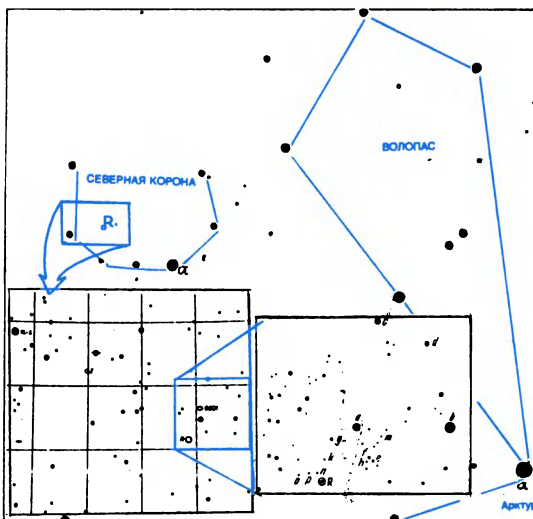
R Северной Короны (R CrV) «возглавляет» немногочисленный, но чрезвычайно любопытный класс переменных звезд. Первым непостоянство ее блеска заподозрил любитель астрономии Эдвард Пиготт в 1783 г. К 1797 г.

он был абсолютно уверен в этом, после чего начались регулярные наблюдения звезды и всесторонние исследования ее природы.

Позже было обнаружено еще довольно много звезд с подобным по-



Путь кометы Темпеля-1 по созвездию Девы весной и летом 1994 г. (Карта из «Sky Atlas 2000.0» В. Тириона)

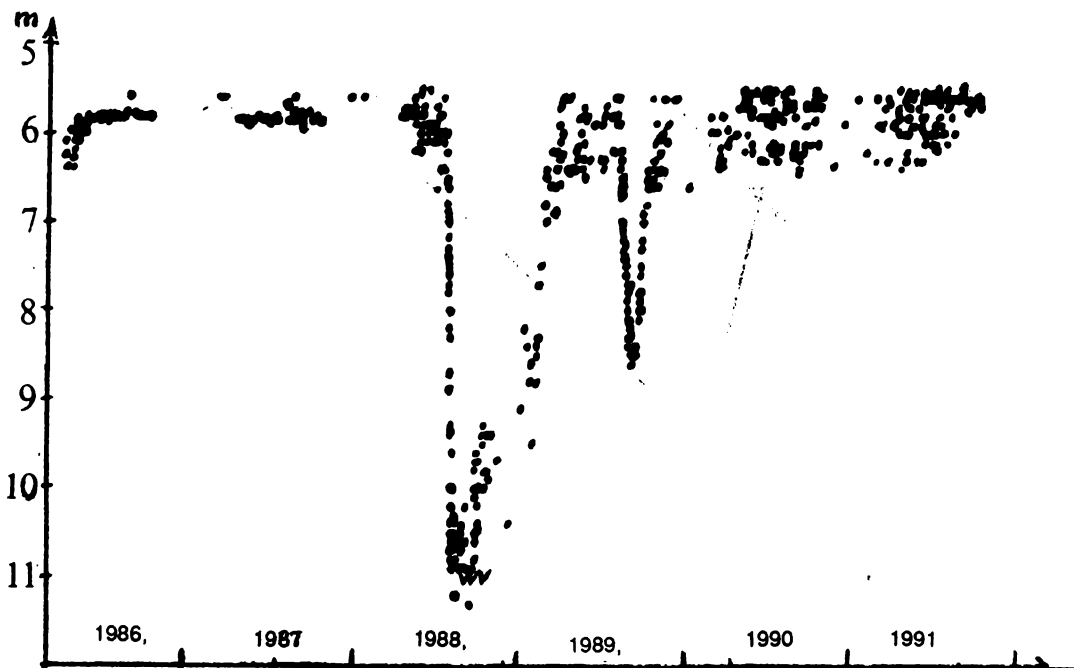


Переменная звезда R Северной Короны — интереснейший представитель звездного мира и хороший объект для наблюдений любительскими средствами. Окрестности звезды даны по карте из атласа «Uranometria 2000.0». На врезках: ее ближайшие окрестности более подробно. Буквами отмечены звезды сравнения. Их блеск: a = 7,18^m; b = 7,93^m; c = 8,60^m; d = 8,88^m; e = 9,82^m; f = 10,29^m; g = 10,66^m; h = 11,10^m; k = 11,36^m; m = 11,79^m; n = 12,20^m; o = 12,63^m; p = 13,07^m

ведением и выявлены его характерные закономерности. Светимость звезд этого класса довольно высока, а спектральные исследования позволили установить недостаток водорода и избыток углерода. Кривая блеска самой R CrB выглядит так: звезда имеет нормальный блеск около 5,8^m звездной величины, прерывающийся время от времени глубокими минимумами до 10—14^m с крайне нерегулярным ходом кривой блеска. Встречаются как непродолжительные, длительностью в несколько недель, ослабления блеска,

так и минимумы блеска, сохраняющиеся несколько лет. В последнем случае минимумы прерываются увеличениями яркости, при которых звезда все же не достигает нормального блеска. В визуальной области амплитуда переменности блеска достигает девяти величин (5,8—14,8^m). Ослабление на 6—7^m звездных величин продолжается

Кривая блеска R CrB, построенная по результатам наблюдений группы «Бетельгейзе» с апреля 1986 г. по октябрь 1991 г. И. С. Брюханов (Минск) сделал 166 наблюдений, Д. Г. Пухлов (Минск) — 32, Ю. Б. Стрительский (Минск) — 20, В. В. Щукин (Ставропольский край) — 145, И. В. Клочко (г. Сумы) — 211, А. Коса-Кисс (Румыния) — 89



иногда 30—35 сут, рост блеска чаще всего протекает медленно, особенно в верхней части кривой. Наблюдаются также короткопериодические пульсации блеска звезды с небольшой амплитудой.

Изучая природу таких звезд, астрономы выдвинули гипотезу, согласно которой минимум блеска R Северной Короны происходит из-за затмения диска звезды облаком углеродных частиц. Из недр звезды в ее верхние слои поднимаются значительные массы газообразного углерода. В этих более холодных слоях он кристаллизуется, и происходит образование мелких графитных зерен, составляющих целые облака. Они интенсивно поглощают излучение звезды, переизлучая его в инфракрасном диапазоне. Под влиянием светового давления облака поднимаются во внешние слои оболочки и возбуждают свечение атомов и ионов, входящих в состав протяженной атмосферы. При этом спектр звезды существенно изменяет свой вид — в нем появляются эмиссионные линии металлов. Затем облака рассеиваются в межзвездном пространстве, прозрачность оболочки восстанавливается и блеск звезды возвращается к первоначальному значению. Однако это лишь приближенное описание, а подробнее о звездах этого типа переменности можно прочитать в книге «Переменные звезды» (К. Гоффмейстер, Г. Рихтер, В. Венцель. М.: Наука, 1990 г.).

Среди «переменщиков» — R Северной Короны один из самых популярных объектов, но, к сожалению, вклад любителей астрономии нашей страны в науку о переменных звездах не так велик, как можно было бы ожидать. Однако уже много лет в бывшем СССР работает небольшая группа наблюдателей под названием «Бетельгейзе», состоящая из 15 человек (ее работу координирует и вдохновляет известный любитель астрономии И. С. Брюханов из Минска). По результатам наблюдений этой группы, присланных в отдел Переменных звезд ГАИШ, построена кривая блеска RCrV за период с 1986 г. по октябрь 1991 г., приведенная здесь. В настоящее время звезда вновь проявляет активность: по сообщению И. С. Брюханова в октябре — ноябре 1993 г. блеск RCrV резко упал до 9^m. Как поведет себя звезда дальше, предсказать невозможно. Только длительные и регулярные наблюдения дадут серьезные плоды в исследовании этой звезды. Их желательно проводить каждую ясную ночь, делая две—три оценки блеска. Результаты наблюдений следует присылать в отдел Переменных звезд ГАИШ по адресу: 119899 г. Москва, Университетский проспект 13, ГАИШ МГУ или автору статьи: 117419 Москва, ул. Донская, д. 37, ДНТТМ, к. 401, Обсерватория.

В. И. ЩИВЬЕВ

Дорогие читатели!

Поскольку в 1994 году наш журнал невозможно найти в киосках (из-за отсутствия розницы!), не забудьте своевременно оформить подписку на второе полугодие 1994 года!

Комета Шумейкеров-Леви 9: данные уточняются

К сенсационной комете, открытой в марте 1993 г. американскими астрономами К. и Ю. Шумейкерами и Д. Леви (1993 e) (Земля и Вселенная, 1993, № 6, с. 93; 1994, № 1, с. 83), по-прежнему, приковано внимание астрономов всего мира. Как известно, осколки этой разрушившейся в гравитационном поле Юпитера годом раньше кометы в июле 1994 г. должна врезаться в эту планету. Предварительные вычисления, сделанные по небольшому количеству наблюдений летом 1993 г., позволили заключить, что комета (с вероятностью более 60%) столкнется с Юпитером, войдя в его атмосферу с невидимой с Земли стороны, в районе Южной экваториальной зоны Юпитера.

Осенью 1993 г. комета, показавшись из-за Солнца, вновь стала доступна телескопам, и ее наблюдения продолжились. Теперь, основываясь на последних данных, можно сказать уверенно, что комета пройдет в 0,0002 а. е. от центра планеты (радиус которой 0,0005 а. е.). Ее обломки, обозначенные номерами, будут входить в атмосферу после-

Эфемериды кометы Шумейкеров-Леви 9 (1993e)

Дата (ИТ)	Прямое восхождение $\alpha(2000.0)$	Склонение, $\delta(2000.0)$	Элонгация, E	Блеск, m
1994, март 9	14 ^h 40,74 ^m	-16°19,7'	125,4°	13,7
19	14 39,22	-16 09,7	135,8	13,6
29	14 36,62	-15 53,8	146,4	13,6
апрель 8	14 33,13	-15 32,9	157,1	13,5
18	14 29,00	-15 07,9	168,0	13,5
28	14 24,54	-14 40,3	178,9	13,5
май 8	14 20,11	-14 11,7	170,2	13,5
18	14 16,04	-13 44,0	159,4	13,5
28	14 12,64	-13 18,8	148,9	13,6
июнь 7	14 10,13	-12 57,6	138,6	13,6
17	14 08,70	-12 41,2	128,7	13,7
27	14 08,47	-12 30,2	119,0	13,7
июль 7	14 09,51	-12 24,3	109,7	13,8
17	14 11,96	-12 22,0	100,7	13,9

довательно в следующие дни (по Всемирному времени): ядро № 17 — 18,7 июля; № 15—19,1 июля; № 14—19,6 июля; № 12 — 20,2 июля; № 11 — 20,9 июля; № 7 — 21,6 июля; № 6 — 22,1 июля; № 5 — 22,7 июля; № 1 — 23,2 июля. Остальные фрагменты, не упомянутые здесь, ослабли или ослабнут к июлю 1994 г. настолько, что

наблюдать их будет невозможно. «Кометный поезд» растянется в позиционном угле 61° — 211°. Эфемериды, приведенная ниже, рассчитана для ядра № 7, но блеск в ней дан для всего объекта.

IAU Circular, № 5893

Озон и холод

Считается, что важнейшую роль в процессах разрушения озонового слоя в атмосфере играют поступающие в атмосферу вещества (содержащие хлор или фтор); они вызывают истощение озоносферы. Однако сотрудники Массачусетского технологического института (Кембридж, США), возглавляемые специалистом по химии атмосферы Марио Молина, ставят подобное утверждение под сомнение. Группа ученых пришла к выводу, что на активизацию хлора при разрушении молекул озона влияет температура окружающей среды. Она должна быть достаточно низкой для того, чтобы на поверхности взвешенных частиц началась конденсация хлористого водорода, который образует там крайне тонкий

полужидкий слой, где могут возникать дальнейшие реакции, приводящие в конце концов к выделению газообразного хлора.

При лабораторных экспериментах подобные реакции осуществлялись на самых разнообразных частицах, включая и те, которые должны присутствовать в составе полярных стратосферных облаков. Их химический же состав при этом несуществен. Важна их большая суммарная поверхность. Процесс начинается при температуре не ниже 200° К.

Поэтому в основной массе стратосферы большую часть года хлор остается связанным в достаточно прочные и стабильные вещества. Но зимой, с понижением температуры, присутствие холодных ледяных частиц начинает играть роль катализатора для реакций, высвобождаю-

щих хлор в его активной озоноразрушающей форме.

За зиму он накапливается в полярной стратосфере, а весной фотохимическая реакция дает ход всему процессу. Солнечное излучение повышает температуру стратосферы, что приводит к испарению частиц, насыщающих полярные облака, и препятствует дальнейшему выделению еще более активного хлора. Это и служит причиной наиболее жесткого истощения озоносферы именно в весенний сезон. Поставщиками взвешенных частиц могут служить мощные вулканические извержения.

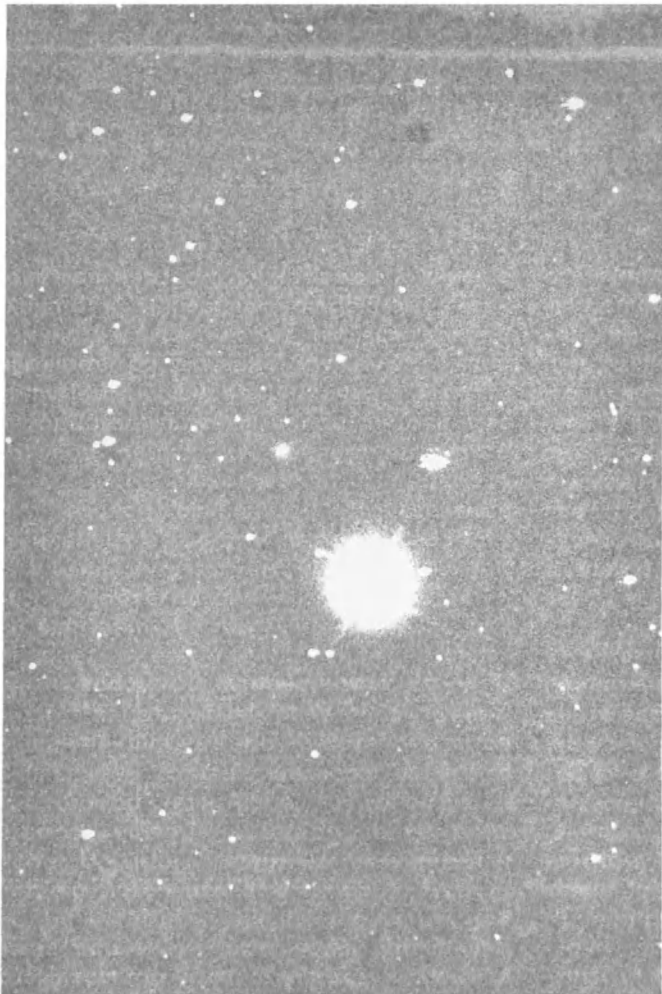
Science. 1993, 61, 1418
New Scientist. 1993, 139, 18

**Фотографируют
любители
астрономии**

Рассеянные звездные скопления М 35 (большая группа звезд выше центра) и NGC2158 (небольшое туманное пятнышко справа от центра) в созвездии Близнецов. Фото прислала группа астрономов-любителей из Иркутска (под руководством Э. Зуева). Они сделали его на построенном своими руками «Ньютоне» (диаметр 248 мм, 1:4). Пленка А500Н, выдержка 15 мин

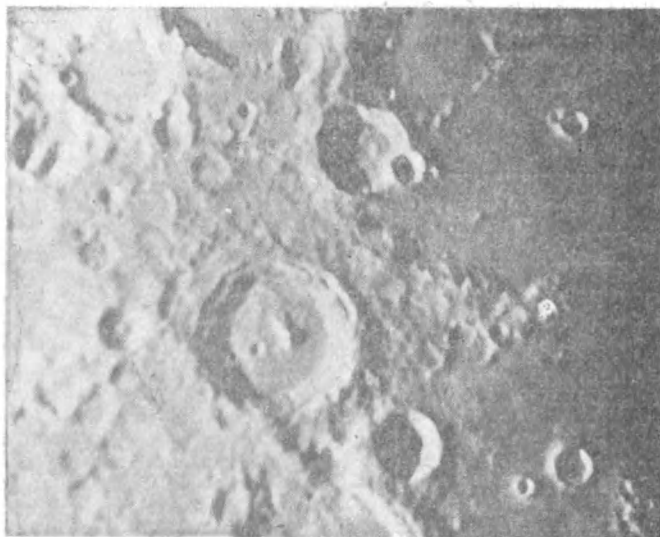


Комета Свифта-Туттля (1992f). Этот снимок получил Т. В. Крячко 13 ноября 1992 г. на 40-сантиметровом (1:5) астрографе Северо-Кавказской станции Казанского университета. Экспозиция 48 мин, пластинка ZU-21



Галактика NGC404 находится в 7' к северо-западу от звезды β Андромеды (маленькое туманное пятнышко справа сверху от передержанного изображения звезды). Хотя визуально галактику наблюдают редко, она — доступный для небольшого телескопа объект. Этот снимок сделал московский любитель астрономии А. Гарнелис на своем самодельном 250-миллиметровом «Ньютоне». Пленка «Фото-250», выдержка 30 мин

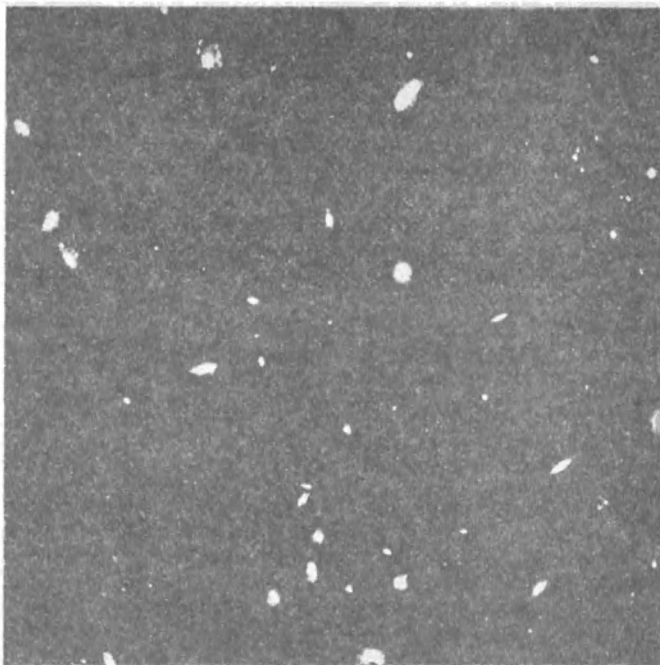
Лунный кратер Арзахель (ниже центра снимка) и Прямая Стена (справа вверху). Фото сделал Л. Л. Сикорук с 12-кратной окулярной камерой, установленной на 315-миллиметровом рефлекторе «Ньютона». Эквивалентное фокусное расстояние системы в этом случае достигает 25 м, и на негативах можно различить детали на поверхности Луны размером менее 1 км. Пленка «Фото-130», выдержка 1/4 с



Галактики с
«края света»,
Новая Лебеда
и загадочное
«сердце» М 31

В декабре 1993 г. экипаж космического шаттла «Индевор» произвел в околоземном космическом пространстве сложнейшую ремонтную операцию, результатом которой должно стать обретение телескопом им. Э. Хаббла первоначально планировавшихся наблюдательных возможностей. Установив на телескоп новые панели солнечных батарей, которые в отличие от прежних уже не будут вызывать вибраций инструмента при пересечении терминатора, а также новые научные приборы, компенсирующие сферическую абберацию главного зеркала, и новые блоки гироскопов, ученые и конструкторы надеются, что «Хаббл» обретет «второе дыхание» и выйдет на новые рубежи исследований. Если процесс проверок и калибровки аппаратуры пройдет нормально, то первые снимки телескопа передаст на Землю в январе 1994 г. Пока же специалисты продолжают обрабатывать и анализировать богатую информацию, собранную «Хабблом» в первый период своей жизни. Сейчас это делается путем сложнейшей компьютерной обработки, позволяющей в значительной степени «очищать» испорченные сферической абберацией изображения.

На одном из таких снимков зарегистрировано чрезвычайно удаленное (красное смещение около 0,4) скопление галактик CL 0939 + 4713. На нем хорошо видно строение галактик этой группы, что приближает ученых к достижению одной из основных целей создания космического телескопа, изучению далеких звездных систем. Это, как надеются ас-



трономы, поможет им понять процесс эволюции галактик, а с ними и всей Вселенной. Телескоп играет в этом процессе роль мощной «машины времени», показывая галактики такими, какими они были миллиарды лет назад (и чем дальше они находятся, тем более «молодыми» мы их видим, поскольку возраст самых удаленных из них — всего лишь вдвое меньше возраста Вселенной).

По снимку, переданному «Хабблом», можно уверенно произвести классификацию членов скопления. Как оказалось, в нем есть все морфологические типы — и спиральные, и эллиптические, и очень слабые неправильные. Удалось установить и некоторые необычные факты.

На другом, полученном 31 мая 1993 г. снимке, запечатлена оболочка вокруг Новой, вспыхнувшей в 1992 г. в созвездии Лебеда (Земля и Вселенная, 1992, № 3, с. 72). Оболочка была сброшена звездой во время взрыва и сейчас расширяется, как удалось установить по данным «Хаббла», со скоростью 0,00028'' в сутки (т. е. около 1500 км/с). Соотнеся эту величину со сроком, прошедшим с момента вспышки (467 дней), можно вычислить, что радиус оболочки составляет 400 ± 70 а. е., а расстояние Новой — $3,2 \pm 0,5$ ксп. Средняя толщина оболочки, судя по снимку, 24 а. е., а следовательно, масса

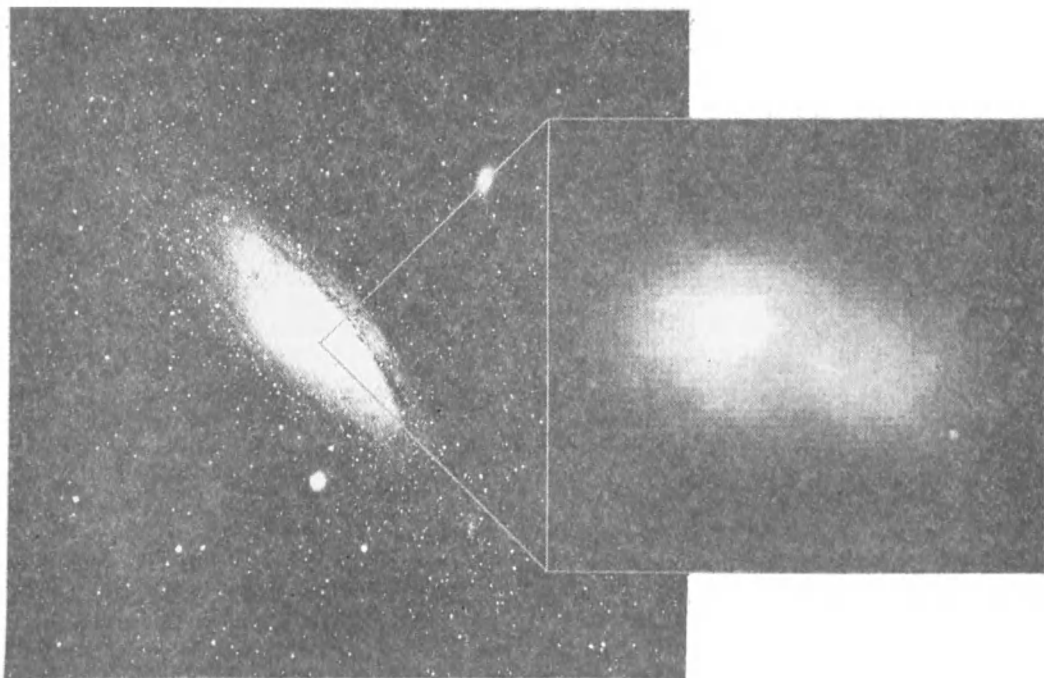
Далекое скопление галактик CL 0939 + 4713. Чтобы получить это изображение, широкоугольной и планетной камере «Хаббла» потребовалось 6 ч экспозиции. Самая большая из галактик на снимке имеет размер около 2''. Как оказалось, здесь видны все основные типы галактик

вещества в ней — около 10^{-5} — 10^{-4} M_{\odot} , т. е. плотность 10^8 — 10^9 атомов/см³. До сих пор еще не удавалось получать изображения оболочек Новых, столь близко расположенных и через столь небольшие промежутки времени с момента вспышки.

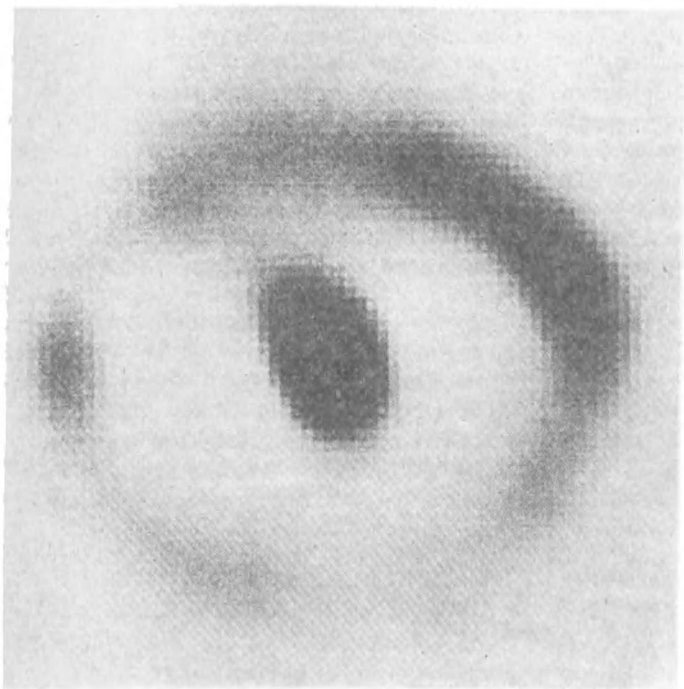
Все три года, которые «Хаббл» провел в космосе, астрономы пытались с его помощью заглянуть в ядра активных (пекулярных) галактик. Хотя при этом обнаружено много нового, другая, отнюдь не пекулярная, галактика преподнесла им сюрприз.

Ядро знаменитой Туманности Андромеды (М 31) оказалось весьма необычным для нормальной галактики. На изображении, переданном планетной камерой, явственно просматривается небольшое повышение яркости рядом с основным ядром. Чрезвычайно интересно то, что положение этого ядра, хорошо известного по назем-

Продолжение. Начало см. в № 5, 1993, с. 96.



Негативное изображение Новой Лебедя 1992, сделанное камерой слабых объектов «Хаббла». После 40-кратной компьютерной обработки отчетливо видно яркое кольцо, диаметром около 26'' (окружающая звезду оболочка)



ным наблюдениям, оказалось сдвинутым относительно динамического центра галактики, который, как выяснилось совпадает с положением вторичного ядра. Расстояние между ядрами равно пяти световым годам (около $\frac{1}{2}''$).

Проанализировав ситуацию, ученые пришли к выводу, что более яркое ядро на самом деле — ядро небольшой галактики, «поглощенной» недавно М 31. Одно обстоятельство, однако, смущает теоретиков: в этом случае массив-

ная черная дыра, которая, как полагают, находится в центре М 31, должна «втянуть» в себя свет звезд, находящихся на расстоянии порядка 5 световых лет...

Существует, правда, и более прозаичный вариант объяснения феномена: возможно, мы видим одно ядро, разделенное полосой пылевой материи. Но это кажется маловероятным: лишь очень крупные частицы межзвездной материи могут заслонить часть галактического ядра, не изменяя его цвета. Возможно «Хаббл» удастся разглядеть, что же в действительности происходит и здесь, и во многих других, не менее загадочных объектах.

По информационным материалам NASA и STScl

«Космическое жульничество» разоблачено

Осенним днем 1858 г. в вашингтонский Смитсоновский музей естественной истории явился геолог Джон Эванс и гордо сообщил, что нашел десятитонный метеорит. Да еще какой — палласит! Этот тип метеоритов очень редок: лишь 1,4% всех известных «небесных камней» — палласиты.

Палласиты интересны не только этим. В отличие от каменных метеоритов они в значительной мере состоят из никеля, железа и оливина (примерно в равных пропорциях), причем никелистое железо образует в них трехмерную матрицу, внутри которой иногда «сидят» сантиметровые кристаллы оливина. Как полагают ученые, такая структура может складываться при отсутствии (или слабости) сил тяготения.

Этот же минерал, по мнению некоторых специалистов, широко распространен в глубинных недрах Земли. Кто не помнит, как герой произведения А. Толстого «Гиперболоид инженера Гарина» добывает золото тысячами тонн из «Оливинового пояса»?

...Итак, находка Джона Эванса сразу и по праву заняла почетное место в Минералогическом отделе Смитсоновского музея. Правда, это был не весь метеорит, а лишь осколок от него в несколько килограммов. Основная часть, которую и на современном нам грузовике не так-то просто было бы транспортировать, осталась лежать, как сообщил первооткрыватель, «на поверхности «лысой горы», хорошо заметной на большом расстоянии со

стороны Тихого океана, милях в сорока от Порт-Орфорда». Так по имени крохотного городка метеорит и был назван «Порт-Орфорд», а городок, которому больше гордиться было нечем, стал выделяться среди других в провинциальном штате Орегон на крайнем северо-западе США.

Эванс в одном письме замечал, что десятитонное железистое тело, от которого он отделил образец, выступает над почвой примерно на четыре—пять футов и имеет почти равные ширину и толщину, хотя большая его невидимая часть захоронена под землей.

С тех пор не иссякал поток людей, пытавшихся отыскать Порт-Орфордское диво. Среди них были геологи и астрономы, геофизики, просто туристы и любители легкой наживы, — ведь за находку предлагали немалые деньги, сумма вознаграждения достигала двух миллионов долларов...

Сменявшие друг друга в течение 130 лет кураторы Отдела минералогии Смитсоновского музея со вздохом садились отвечать на десятки писем с запросами об этой «единице хранения», признавая, что ничего нового они сообщить не в состоянии.

Действительно, множество поисковых партий, прочесывавших предполагаемый «район падения», возвращалось с пустыми руками. Во времена Эванса «лысой горой» было принято называть любую безлесную вершину, а таких у побережья Орегона немало.

В 1929 и 1939 гг. в этих местах работали отлично снаряженные официальные экспедиции, направленные Смитсоновским институтом, но бесплодно.

Закралось подозрение — «нельзя отыскать то, чего нет». Около тридцати лет назад тогдашний куратор отдела минералов Э. П. Гендерсон опубликовал статью, в которой спрашивал: «Как можно объяснить тот факт, что д-р Эванс в своем полевом дневнике тщательно описывает обнаруженные им выходы гранита, гальки и т. п., но никак не упоминает столь незаурядную находку, вероятно, самую важную за всю его жизнь?» Также автор статьи не без оснований отмечает, что от любого железистого палласита не так-то просто отломить кусок... Но, все-таки, вот он молчаливо лежит на музейном стеллаже, а химический анализ без оговорок относит «Порт-Орфордский фрагмент» к числу палласитов. «Тогда, может быть он, хотя и палласит, но происходит совсем не из этих краев?» — таким вопросом задались в наши дни куратор Рой Кларк и видный историк науки Хоуард Плоткин из канадского Университета Западного Онтарио. К ним вскоре присоединился и датский ученый Вагн Ф. Бухвальд — крупный металлург и специалист по метеоритам.

Хоуард Плоткин тщательнейшим образом перечитал полевые дневники Эванса и исследовал на местности шаг за шагом маршрут от одного экспедиционного лагеря к другому. Он пришел к выводу, что эвансова «лысая гора» — не что иное, как голый пик, ныне именуемый горой Джонсона. Дважды «прочесав» ее чувствительным магнитометром, Плоткин никакого железистого тела там не обнаружил.

Обратились за помощью к библиографам и архивистам, библиотекарям и историкам. Им пришлось заниматься уже не самим «небесным телом», а его первооткрывателем. Выяснилось, что родившийся в 1812 г. Джон Эванс был весьма непростой фигурой. В середине XIX в. он многократно и настойчиво обивал пороги Конгресса США и других официальных организаций, включая молодой Смитсонов-

ский институт, с предложением своих услуг. Постепенно о нем сложилось представление, как о знающем специалисте природы Орегона и Вашингтона (имеется в виду не столица США, а одноименная территория, лежащая на крайнем Северо-Западе страны) — эти пустынные тогда еще не получили права штатов, именовались «территориями» и явно нуждались в исследовании.

Однако, вопреки мнению, согласно которому Эванс был солидным ученым, из документов возникал образ «самозванца». Никакого систематического образования он не получил и о геологии судил непрофессионально, явно разбираясь в ней не лучше среднего любителя, что в первой половине прошлого века в тогда еще «провинциальной» Америке было не столь большим грехом.

Хуже то, что Джон Эванс был нечист на руку. Он неудачно занимался спекуляцией недвижимостью, а разорение его было связано с довольно громким скандалом. Обеднев, Эванс предпринял активнейшие усилия, чтобы заручиться государственными ассигнованиями на свои геологические работы. Неоднократно получая их, каждый раз на тысячи долларов (по тем временам сумма немалая), «выходил за рамки бюджета» и снова просил Конгресс «выкупить его из долговой ямы». Но долги становились все более неоплатными. Тут-то, по-видимому, у него и родилась новая идея. В 1858 г. он отправился в Панаму. Что именно он делал там, не совсем ясно. Однако известно, что в лавках древностей в это время можно было купить многое, в том числе и подлинный обломок метеорита, упавшего много столетий тому назад в районе Имилак чилийской пустыни Атакама.

Сдав в государственный музей благоприобретенную в Панаме «находку» и выдав ее за часть огромного орегонского метеорита, Джон Эванс в 1861 г. снова обратился в Конгресс США за субсидией (надо же изъять и доставить в руки ученых это замечательное чудо природы!). Но чуть ли не в тот же самый день, когда его петиция прибыла в Вашингтон,

разразилась Гражданская война. В такой обстановке Конгрессу было не до финансирования какой-то экспедиции. А на следующий день после начала военных действий Джон Эванс... умер от воспаления легких (по крайней мере, таков был официальный диагноз). Однако внук покойного утверждал, что за пару дней до смерти его дед был в полном здравии.

Постепенно о метеорите забыли лет на тридцать. Получив от «следопыта» Х. Плоткина письмо, Р. Кларк и В. Бухвальд заново проанализировали экспонат, который пролежал на музейной полке 130 лет, и увидели, что его состав совпадает с фрагментами Имилакского метеоритного дождя, пять тысяч которых находится в Смитсоновском институте.

Этот, выпавший еще в доколумбовы времена «железный ливень» происходил от палласитового тела, масса которого, вероятно, была близка к полутонне. Он с грохотом вошел в плотные слои атмосферы, образовав несколько отдельных крупных и множество мелких обломков, которые люди постепенно собирали со сравнительно небольшой пустынной площади. Первые из них попали в руки ученых еще в 1820-х гг., а к концу 50-х они уже встречались в самых разных странах. Так что купить свою «находку» в Панаме Эванс мог без особых затруднений.

О многом говорит и кора плавления метеорита «Порт-Орфорд», которая красноречиво свидетельствует, что осколок в его нынешнем виде преодолел почти всю воздушную оболочку нашей планеты. Это исключает

возможность того, что перед нами кусок более крупного, упавшего целиком тела, от которого потом исследователь отломил образец. Значит, Джон Эванс просто лгал, и лгал сознательно!

Числящийся Порт-Орфордским «пришелец» отлично сохранился, а ведь орегонское побережье Тихого океана — область повышенной влажности, где это маловероятно. Пустыня Атакама — другое дело. Ржавые пятна коррозии свидетельствуют: металлическое тело находится на Земле уже много веков. Наконец, Бухвальду и Кларку удалось обнаружить под микроскопом на загадочном экспонате кусочки почвы, которые по составу совпали с «собратьями» на других Имилакских фрагментах (в Орегоне таких почв нет). Словом, жульничество обнаружено и доказано. Впрочем, главная цель исследователей была не в том, чтобы уличить Эванса, а в том, чтобы исследование метеорита (и вероятного внутреннего строения нашей планеты) не пошло по ошибочному пути.

Остается сказать лишь одно. Вопреки всем ожиданиям, вымыслы, возникшие в южной части штата Орегон об огромном метеорите, даже после всех разоблачений, существуют. Более того, выход в 1993 г. книги Роя Кларка и Хоурда Плоткина, недвусмысленно озаглавленной «Тайна метеорита Порт-Орфорд разоблачена», лишь привел к активизации поисков несуществующего «орегонского дива». Что делать, если людям так нужна легенда!...

Б. И. СИЛКИН

Эридан

Между созвездиями Орион, Кит, Заяц, Печь извилистой лентой тянется далеко на юг, до созвездия Часы, созвездие Эридан. Древние шумеры, жившие в Междуречье, видели в нем бога-рыбу Энки, владыку подземных пресных вод и мирового океана. Аккады называли созвездие Ариа-дан (Мощная река), откуда и произошло название Эридан. Древним египтянам в изгибах звездной цепочки представлялся священный Нил, а грекам — мифическая река Эридан страны гипербореев.

Позднее созвездие Эридан отождествлялось с земными реками По и Рона. Упоминается оно и в древнегреческой легенде о Фазтоне — сыне бога Солнца Гелиоса. Однажды Фазтон выпросил у отца его солнечную колесницу, чтобы прокатиться по небу. При выезде на солнечную трассу кони испугались небесного Скорпиона, Фазтон не смог удержать коней и выпустил вожжи. Жар, исходящий от неуправляемой солнечной колесницы, сжигал Землю и все живое. Чтобы сохранить жизнь, Зевс поразил Фазтона молнией, колесница рассыпалась на тысячи солнечных осколков, отразившись бликами в воде, а Фазтон падающей звездой низвергся в воды Эридана. Его сестры Гианды столь горько оплакивали судьбу брата, что были превращены богами в скорбящие тополя по обе стороны небесной реки.

Созвездие Эридан обширное. Поэтому в разные времена астрономы пытались из его звезд создать еще несколько новых созвездий. В 1678 г. прусский астроном Г. Кирх предложил, например, созвездие Бранденбургский скипетр. В 1789 г. английский астроном Гелль ряд звезд созвездия Эридан и соседних

созвездий объединил в одно, которое назвал Арфа Георга — в честь короля Георга III, который имел некоторое отношение к астрономии: покровительствовал В. Гершелю и оказал ему помощь в строительстве большого телескопа. Но ни созвездие Бранденбургский скипетр, ни созвездие Арфа Георга на звездных картах не утвердились.

У самого созвездия Эридан существовали и другие, теперь не употребляющиеся названия. Особенно было много латинских: Neptun (Нептун), Flumen (Поток), Fluvius (Река), Nilus (Нил), Melo (первоначальное название Нила), Mulda (от греческого «черный» — таким был ил, приносившийся Нилом), Padus (Река По) и др.

Пять звезд созвездия Эридан имеют собственные имена. Самая яркая называется Ахернар (от арабского аль Нахир аль Нахр — «конец реки»). Звезда β (бета) Курса находится вблизи яркой звезды созвездия Орион Ригель, как бы у «ног Ориона» и означает «трон», т. е. стул для Ориона. В арабском названии звезды γ (гамма) Заурак заключено и греческое начало. Полностью она именуется аль Хауп аль Заурак — «яркая звезда лодки» (подразумевается судно, пересекающее поток Эридана, — корабль аргонавтов). Звезда θ (те-та) Акамар, также как и Ахернар, означает «конец реки». Данте именовал эту звезду Тре Фачелле — три факела. Звезда V_4 , выделяющаяся из группы близких тусклых звезд, называется Теемин от арабского аль Тхалим (Страус).

И. И. НЕЯЧЕНКО

Атлас планет земной группы и их спутников



К тридцатипятилетию космической эры вышло уникальное издание — «Атлас планет земной группы и их спутников», — подготовленный Московским институтом инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии и Научно-следовательским центром им. Г. Н. Бакина. Специалисты и любители науки получили полную сводку картографических материалов о планетах. Издании проанализированы, систематизированы и обобщены накопленные за треть века отечественные и зарубежные результаты космических съемок, включая радарные. Впервые составлены карты, дающие представление не только о рельефе планет, но

и об их самых различных тематических признаках.

Особо следует отметить, что Атлас, кроме собственно картографической части, имеет очень емкие пояснительные тексты. В них дается объяснение приводимого картографического материала, приводятся сведения справочного характера по основным проблемам планетологии. Издание содержит множество оригинальных схем, диаграмм, графиков и таблиц, удачно дополняющих и иллюстрирующих основной материал.

В Атласе двенадцать тематических разделов. В первом — «Вводном разделе» — приведена основная информация о строении Солнечной системы, планетах и их спутниках. Изложены представления о структуре их атмосфер и внутреннем строении. Этот вводный раздел помогает понять физический смысл процессов, протекающих на планетах, яснее представить себе цели и задачи сравнительной планетологии как самостоятельного научного направления.

Второй раздел — краткий ретроспективный очерк картографирования планет. Не вызывает сомнений предложенная периодизация развития этого научного направления;

— наблюдения невооруженным глазом и зарисовка внешнего вида небесных тел;

— визуальные телескопические наблюдения и зарисовка карт;

— телескопическое фотографирование;

— современный этап исследования с помощью средств космической техники. Изложена история картографирования каждой планеты и, в том числе, Земли.

Раздел иллюстрирован древними картами.

Третий раздел представляет карты рельефа поверхности планет земной группы. Компоновка карт и выбор однотипной проекции преследуют цель показать в сравнительно-планетологическом аспекте общие черты поверхностей небесных тел и Земли, их характерные отличия. Даже при беглом просмотре заметна сильная кратерированность Меркурия, Луны и Фобоса, свидетельство того, что они обладают наиболее древними поверхностями, сохранившими следы «эпохи великой бомбардировки» — заключительной стадии аккумуляции планет. Для Венеры, Земли и Марса характерны структуры поверхности эндогенного происхождения, причем Марс имеет асимметрию полушарий.

Четвертый раздел содержит бланковые карты поверхностей планет. По ним можно составить общее представление об основных формах рельефа и, главное, они являются основами для всех серий тематических карт и карт-схем. Бланковые карты каждой планеты имеют разные масштабы, причем кратность масштабов дает возможность показать планеты и в размерах, не выходящих за пределы размеров настольной книги. В этом видится удачное решение проблемы, найденное авторами издания.

Используются три классических варианта проекций:

— поперечная равновеликая азимутальная проекция Ламберта;

— поперечная равнопромежуточная азимутальная проекция Постеля;

— нормальная равноугольная цилиндрическая проекция Меркатора (экваториальная зона) и нормальная равноугольная стереографическая перспективная проекция (полярные зоны).

Единая система условных знаков и жесткая геодезическая привязка бланковых карт позволяют применять их как основу для специального тематического картографирования.

В пятом разделе приведены гипсометрические карты, отражающие распределение высот рельефа от некоторого условного уровня. Для Земли за нулевой уровень выбран средний уровень Мирового океана. На Марсе — уровень, где давление марсианской атмосферы равно 6,1 мбар. Для Венеры и Луны — сферы с радиусами 6051,6 км и 1737,57 км соответственно. Довольно подробно представлены и результаты картографических исследований — одного из основных методов в сравнительной планетологии.

Шестой раздел включает карты альбедо для Меркурия, Луны и Марса, поляриметрическую карту видимого полушария Луны и для него же карту распределения тепловых аномалий и нестационарных явлений. Относительно последней следует сказать, что необходимо учитывать различную степень документированности явления. Не все из них имеют одинаковую степень достоверности.

В седьмом разделе представлены карты, отражающие структуру гравитационных полей планет и их сейсмическую активность. Для этого используются карты распределения высот уровенных поверхностей над эталонной — эллипсоидом или сферой. Другая характеристика гравитационного поля планеты — аномалия силы тяжести. Она равна разности реальной силы тяжести и силы тяжести, вычисленной по нормальному потенциалу. Приведены карты аномалий силы тяжести. На картах сейсмической активности Земли и Луны показаны распределения эпицентров земле- и лунотрясений, их глубина, а также выделены пояса сейсмической активности.

В восьмом разделе — карты Марса, Меркурия, Луны и Фобоса. Применяется разделение геологической истории на этапы, определяемые рельефообразующими процессами:

— ранним этапом интенсивной бомбардировки, завершившей формирование поверхности на коре материкового типа;

— средним этапом обширного проявления вулканизма «морского типа»;

— поздним этапом, в течение которого преобладали различные эро-

зионно-денудационные процессы. Карта Земли в этом разделе отсутствует, так как поверхность ее отражает лишь самый последний момент эволюции. Что касается Венеры, то если бы при построении карт удалось использовать результаты новых радиолокационных съемок поверхности, проведенных американским космическим аппаратом «Магеллан» в 1991—92 гг., этот раздел Атласа выглядел бы полнее (Земля и Вселенная, 1991, № 4, с. 112; 1992, № 3, с. 44; 1992, № 5, с. 45.— Ред.).

В девятом разделе дано краткое описание космических программ исследования планет земной группы и их спутников. Помещены фотографии космических аппаратов и полученные результаты.

Десятый раздел содержит карты-схемы изученности поверхности планет, которые достаточно полно представляют количественные и качественные показатели съемочного материала, площади фотопокровий, режимы съемок и т. д. Следует иметь в виду, что поверхность Венеры изучалась только с помощью радиолокационного зондирования. Но благодаря совершенству технического оборудования космического аппарата «Магеллан» мы имеем о ней сейчас представление почти такое же, как о поверхностях Марса и Меркурия.

В одиннадцатом разделе изложены результаты геодезических исследований планет. Обычно картографические координаты систем планетного типа представляются в виде каталогов координат некоторых опорных точек на поверхности планеты (кратеров, отдельных горных вершин). В Атласе приведены карты плотности распределения опорных точек на Меркурии, Марсе, Луне и Фобосе.

В последнем разделе помещены карты-схемы картографической изу-

ченности широкого масштабного ряда — от обзорных мелкомасштабных карт до топопланов и топосхем мест посадки космических аппаратов на поверхность планет. Основные группы карт следующие:

— обзорные карты всей поверхности, отдельных полушарий или крупных регионов;

— обзорно-топографические карты;

— топографические карты и планы.

Специального внимания заслуживают приложения. В них справочные данные и основные параметры планет земной группы и их спутников, перечень космических экспедиций к ним, основные параметры космических съемок и перечень имеющихся опорных каталогов. Указатель названий сопровождается обстоятельным пояснительным текстом.

Отмечая положительные стороны издания, которые бесспорны, следует сделать несколько замечаний. Так карты на с. 35, 36 и 37 недостаточно контрастны: на ряде фотоснимков отдельных участков поверхностей планет почти не просматривается структура рельефа. Подобные дефекты, которые в данном случае связаны с полиграфическими возможностями, имеются и на с. 174—182. Наконец, идентичность нумерации рисунков в разделах в некоторой степени создает неудобства. Лучше, если бы раздел отражался в нумерации, например 1.1, 1.2, 3.4, 7.5 и т. д. Все это, разумеется, ни в коей мере не снижает самого благоприятного впечатления о работе. Атлас следует рекомендовать специалистам и преподавателям, популяризаторам науки, любознательным студентам и учащимся средней школы.

А. В. КОЗЕНКО,
кандидат физико-математических наук
В. Н. ПОТАПОВ

Отечественные ракеты-носители

В 1993 г. в нашем журнале была опубликована статья о ракетах-носителях США (№ 3, с. 85; № 4, с. 94), где подробно описывались средства выведения грузов в космос, находящиеся на службе в этой стране.

Получив затем большое количество писем с просьбами рассказать об отечественном «ракетном флоте», мы помещаем часть одной из глав книги «Космические орбиты» С. П. Уманского¹.

С 1957 г., когда запуск первого искусственного спутника Земли ознаменовал открытие космической эры, отечественной космонавтикой пройден долгий и драматический путь. Сегодня наша страна обладает несколькими типами ракет-носителей: от небольших до тяжелых и сверхтяжелых. Построены три первоклассных космодрома («Байконур», «Капустин Яр» и «Плесецк»), имеются центры управления полетами (в г. Калининграде Московской обл.), дальней космической связи (вблизи Евпатории), подготовки космонавтов под Москвой.

Сейчас Россия предлагает другим странам участвовать в своей космической программе. Отечественные РН и услуги по запуску в космос отличаются более низкими ценами, чем на Западе, однако в силу различных факторов наша страна пока еще не заняла подобающего места на международном рынке этих услуг.

РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ НПО «ЭНЕРГИЯ» им. С. П. КОРОЛЕВА

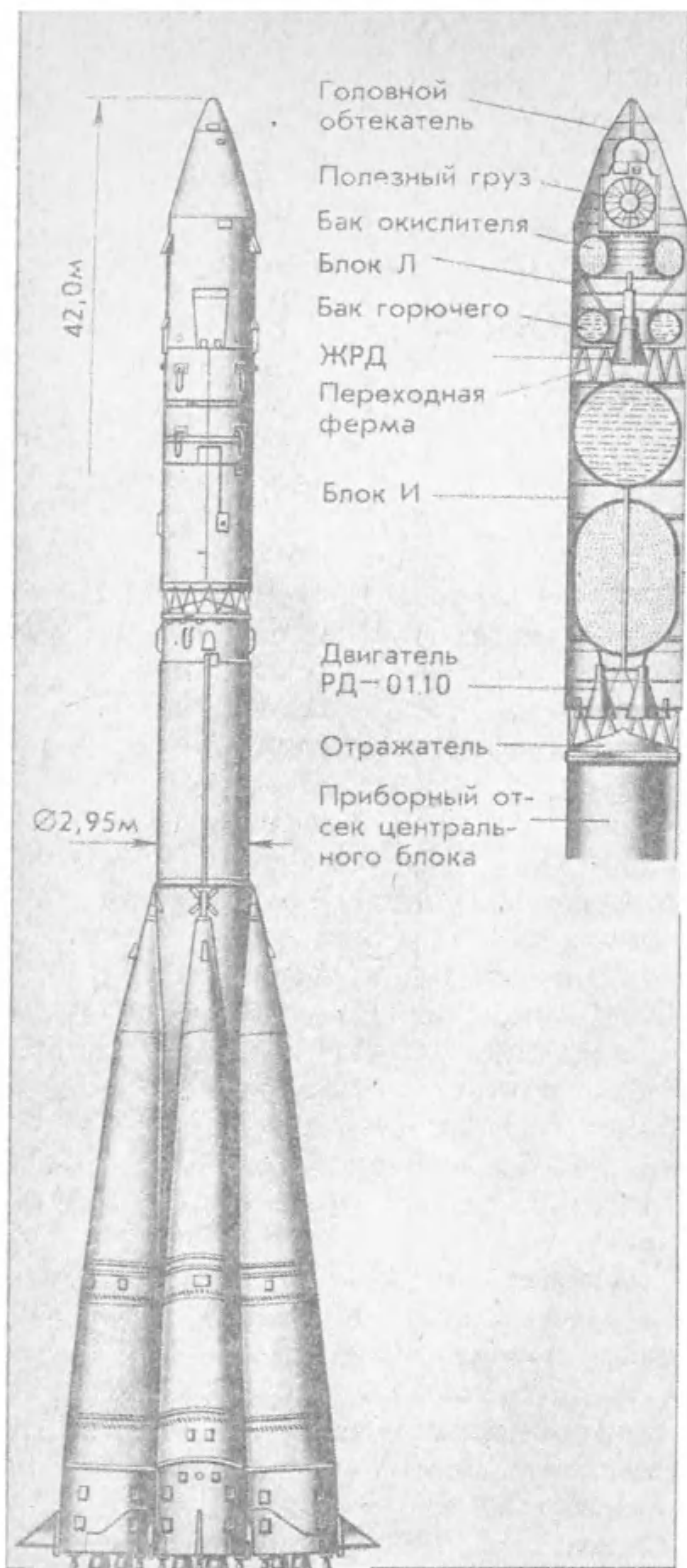
РН «Спутник». 21 августа 1957 г. первая в мире межконтинентальная баллистическая ракета (МБР) Р-7, стартовав со специально построенного

для ее испытаний космодрома Байконур, достигла расчетной дальности полета — 8000 км. Все в этой ракете было оригинальным, и прежде всего общая конструктивно-компоновочная схема: ракета состояла из четырех боковых и одного центрального блоков. Каждый блок имел собственные топливные баки и двигательную установку.

Вскоре на базе «семерки» была создана ракета-носитель (РН) «Спутник», которая 4 октября 1957 г. доставила на орбиту первое искусственное небесное тело — спутник «ПС-1» (шар из алюминиевого сплава диаметром 58 см и массой 83,6 кг), а 12 апреля 1961 г. РН «Восток» (очередная модификация ракеты Р-7) вывела на околоземную орбиту первый космический корабль, на борту которого находился Ю. А. Гагарин.

РН «Восток» состоит из четырех боковых блоков (1-я ступень), расположенных вокруг центрального блока (2-я ступень). Над центральным блоком расположена 3-я ступень ракеты. На каждом из блоков 1-й ступени установлен четырехкамерный жидко-

¹ Книга готовится к печати в изд-ве «Прогресс» (№ 95 в тематическом плане на 1993 г.)



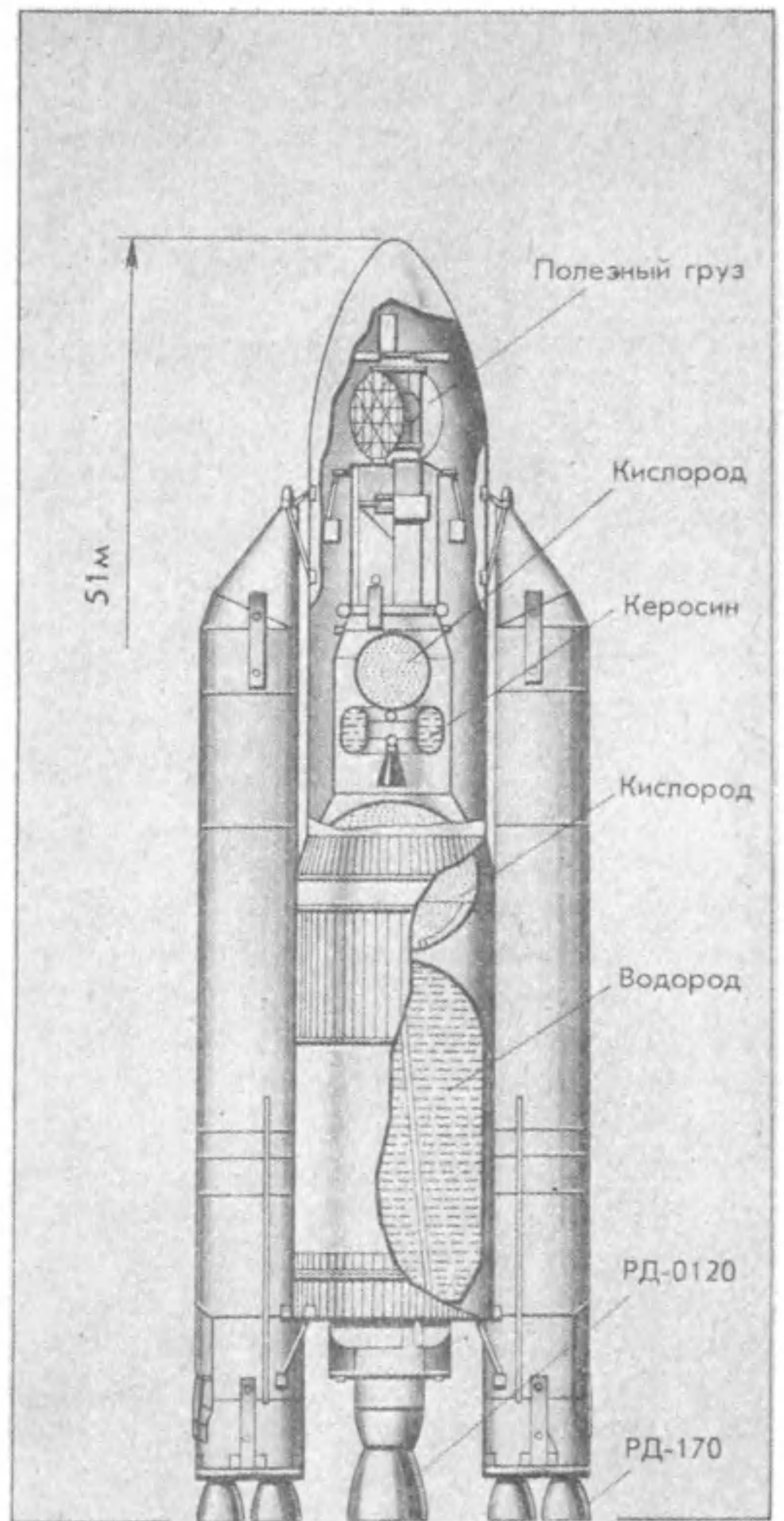
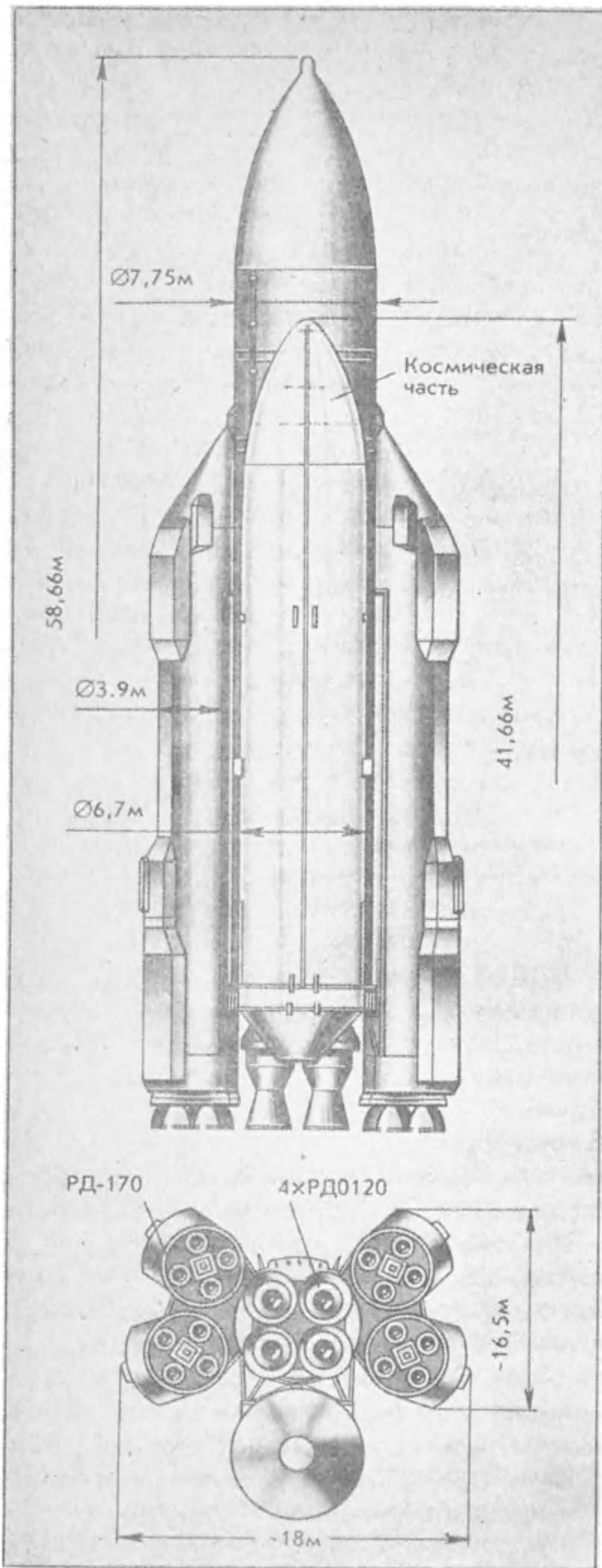
Ракета-носитель «Молния»

стно-ракетный двигатель РД-107, а на 2-й — четырехкамерный двигатель РД-108. На 3-й ступени стоит однокамерный двигатель РД-109 с четырьмя рулевыми соплами. Создаваемая двигателем тяга — 54,5 кН. (Двигатели разрабатывались в КБ главного конструктора С. А. Косберга (1903—1965) совместно со специалистами КБ С. П. Королева.)

РН «Союз», представляющая собой дальнейшее развитие концепции «семерки», имеет стартовую массу 310 т и общую длину 51,3 м. Первые две ступени аналогичны РН «Восток». Снабжена 3-я ступень четырехкамерным кислородно-керосиновым двигателем РД-0110 с четырьмя рулевыми соплами. Сила тяги двигателя — 298 кН. С помощью РН «Союз» выполняются все запуски космических кораблей «Союз» с космонавтами на борту, грузовых кораблей «Прогресс» и спутников различного назначения.

РН «Молния». Первый старт «Молнии» состоялся 4 февраля 1961 г., когда была опробована работа 4-й ступени (блок «Д»). На четвертой ступени установлен однокамерный двигатель 11Д33 конструкции НПО «Энергия» с тягой в пустоте 67 кН. 1-я, 2-я и 3-я ступени аналогичны РН «Союз». Использовалась «Молния» для доставки на орбиту КА «Луна-4» — «Луна-14», «Прогноз», «Молния», «Венера-1» — «Венера-8», «Марс-1», «Зонд-1», «Зонд-3».

РН «Энергия». Запуск «Энергии» в мае 1987 г. (Земля и Вселенная, 1989, № 2, с. 3; 1991, № 5, с. 4) вызвал огромный интерес у специалистов и широкой общественности. С созданием этой мощной РН открылась уникальная возможность исследования космического пространства. «Энергия» позволяет вывести на околоземную орбиту (высота $H = 200$ км, наклонение орбиты $i = 50,7^\circ$) полезный груз массой 95 т, многоразовый космический корабль, или крупные объекты различного назначения. Масса полезного груза (ПГ), выводимого на геостационарную орбиту, составляет 21 т («Энергия-С»), а разгоняемых по траектории полета к Луне — 36 т, к Венере — 30 т, к Марсу — 29 т. Ракета выполнена по схеме «пакета» с продольной компоновкой: четыре блока



РН «Энергия» (а) и «Энергия-М» (б)

1-й ступени расположены вокруг центрального блока 2-й ступени. 3-й ступенью могут служить специальные разгонные ракетные блоки со своей системой управления, несущие полезную нагрузку. Стартовая масса ракеты-носителя достигает 2400 т.

Каждый блок ступени снабжен четырехкамерным жидкостным ракетным двигателем (ЖРД) РД-170, работающим на жидком кислороде и углеводородном горючем. Тяга двигателя 1-й ступени составляет 7260 кН (740 тс) у Земли. Работает 2-я ступень на кислородно-водородном топливе и имеет четыре однокамерных ЖРД РД-0120 с тягой каждого 1969 кН (200 тс) в вакууме. Центральный блок (2-я ступень) отделяется после набора

Основные технические параметры ракет-носителей семейства «Протон»

Наименование	«Протон»	«Протон-К»	«Протон-КМ»
Количество ступеней	2	4	4
Разгонный блок	—	«Д»	
Стартовая масса, т	550	700	700
Длина, м	43,5	57,7	
Масса полезной нагрузки, т			
— на круговую орбиту (200 км)	12,2	21,0	22
— на ГСО	—	2,7	3—3,2
Год создания	1965	1967	1995
Стоимость пуска, млн долл.		50	
1 кг ПГ, долл/кг		2270	
Общее количество пусков	4	206 ⁺	

⁺ До 1.01.1993 г.

РН «Энергия-М» — дальнейшая модификация «Энергии», будет эксплуатироваться на основе существующего наземного стартового комплекса. В качестве 1-й ступени используются два блока РН «Энергия». В составе «Энергия-М» 3-й ступенью могут быть, в зависимости от задач, разгонный блок «ДМ», либо его модификация с увеличенным запасом топлива. Предполагается также применение кислородно-водородного буксира. «Энергия-М» сможет выводить на низкую околоземную орбиту полезную нагрузку массой до 35 т, а на геостационарную орбиту до 5,5 т. Стартовая масса РН «Энергия-М» — 1050 т.

РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ КБ «САЛЮТ»

Предприятие «Салют» возникло в 50-х годах из ОКБ-23, возглавляемого В. М. Мясищевым (1902—1978), в результате цепи преобразований. В 1959 г., когда ОКБ-23 стало филиалом КБ, руководимого В. М. Челомеем (1914—1981), ему была поручена разработка двух-



Ракета-носитель «Космос-1»

суборбитальной скорости и приводняется в заданном районе акватории Тихого океана. Доразгон до орбитальной скорости производится двигательной установкой полезного груза, иными словами она выполняет функции 3-й ступени.

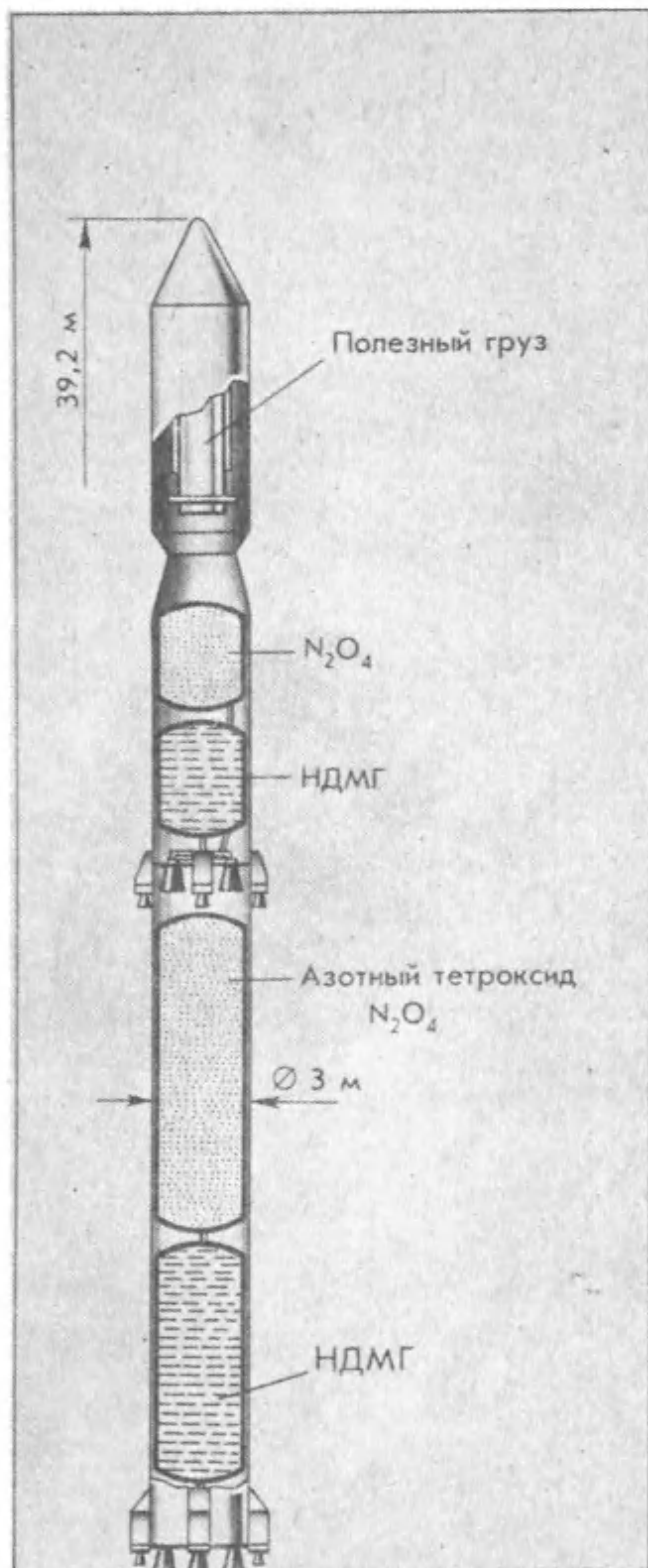
ступенчатой ракеты, впоследствии получившей название «Протон».

РН «Протон». В июне 1990 г. исполнилось 25 лет со дня первого старта двухступенчатого «Протона». Оригинальная компоновочная схема, надежно работающие ЖРД, позволили создать РН с высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками. За 25 лет своего существования «Протон» вывел на околоземные и другие орбиты космические станции и корабли «Салют», «Союз», «Венера», «Марс», «Космос», «Вега», «Фобос», «Квант».

«Протон» выполнен по схеме «тандем» с поперечным делением ступеней. Эксплуатируется ракета в двух-, трех- и четырехступенчатом вариантах. На всех ступенях установлены однокамерные ЖРД. Топливо 1-й, 2-й и 3-й ступеней — самовоспламеняющееся, двухкомпонентное. Окислитель — азотный тетроксид (N_2O_4), горючее — несимметричный диметилгидразин (высококипящее горючее для ЖРД). На первой ступени установлено шесть блоков с однокамерными ракетными двигателями РД-253 с тягой $150 \times 6 = 9000$ кН. На 2-й — четыре двигателя РД-0210. Отклонение двигателя в цапфах от нулевого положения позволяет осуществлять управление РН. На 3-й ступени установлен однокамерный двигатель РД-0213 и четырехкамерный рулевой двигатель РД-0214. В качестве 4-й ступени используется разгонный блок «Д». Двигатель 4-й ступени 11Д58 (РД-58М) многократного запуска в космических условиях. Горючее — керосин или синтин, окислитель — жидкий кислород. РН «Протон», эксплуатируемая с 1967 г., обеспечивает высокую надежность выведения. С ее помощью запущены орбитальные станции «Салют», «Мир», тяжелые космические модели, КА «Луна», «Марс», «Вега». Пуски «Протона» сейчас осуществляются с космодрома Байконур.

РАКЕТЫ-НОСИТЕЛИ КБ «ЮЖНОЕ»

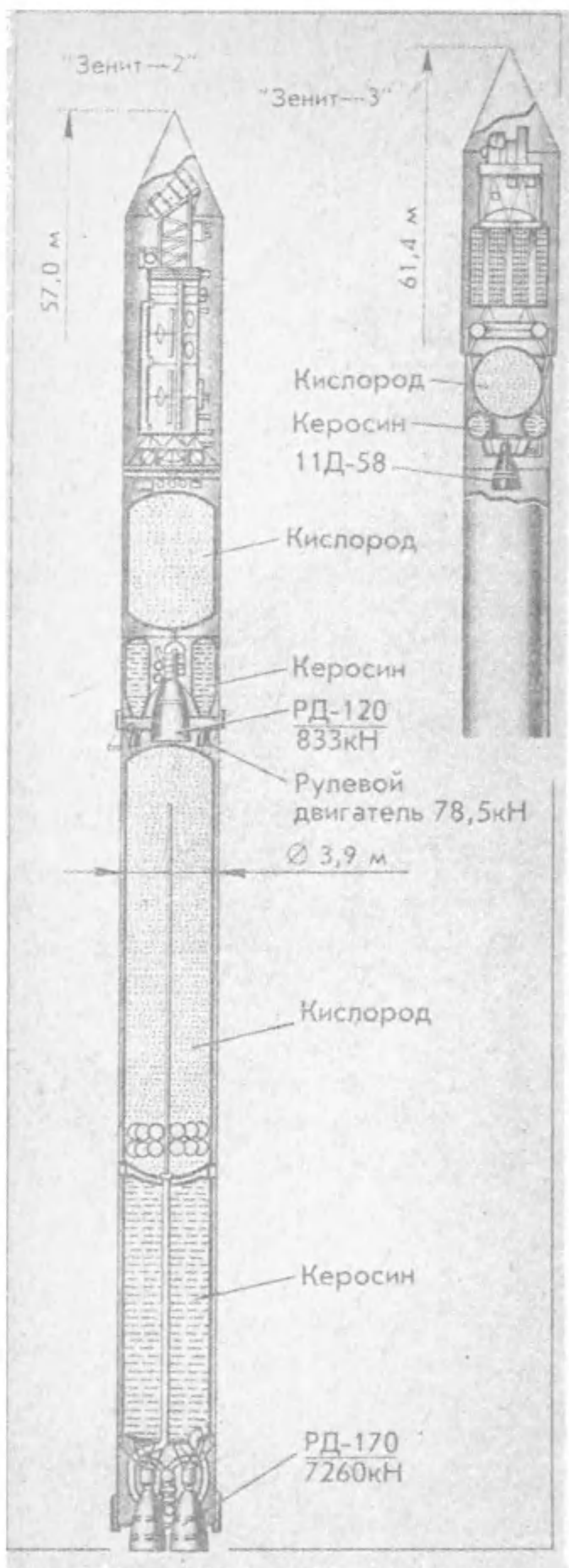
В июне 1951 г. правительство приняло решение об организации в г. Днепропетровске ракетостроитель-



Ракета «Циклон-2»

ного нового завода и о передаче ему серийного изготовления ракет «Р-1», а в дальнейшем и ракет «Р-2». В 1954 г. руководителем КБ стал М. К. Янгель (1911—1971 гг.).

РН «Космос». Прорыв в космос, осуществленный с помощью мощных ракет-носителей «Спутник», «Восток», «Молния» в 1957—1961 гг., дал богатейший материал для разработки долгосрочной программы космических исследований. Та ее часть, которая предусматривала исследования с борта



Ракета «Зенит»

спутники, несущие аппаратуру для решения узкого круга научных задач.

Предварительный анализ показал, что программу «Космос» можно реализовывать на базе ракеты, созданной М. К. Янгелем. Она конструировалась позже ракет С. П. Королева и сочетала в себе хорошую грузоподъемность и высокие летные характеристики, достигнутые в других носителях. Двигатель РД-214 для 1-й ступени ракеты был создан в конструкторском бюро В. П. Глушко. Он работает на высококипящем топливе: азотнокислотном окислителе (смесь оксидов азота с азотной кислотой) и углеводородном горючем типа керосина. Сила тяги двигателя на Земле — 635 кН. Для двигателя 2-й ступени РД-119 (тяга в пустоте — 105 кН) применяется жидкий кислород и высокоэффективное горючее — несимметричный диметилгидразин (НДМГ).

16 марта 1962 г. ракета-носитель «Космос» впервые вывела на околоземную орбиту спутник «Космос-1», по конструкции напоминавший первый спутник ПС-1. Но, несмотря на свою простоту, он открыл дорогу самому многочисленному в мире семейству разнообразных научно-исследовательских космических аппаратов, большая часть которых в течение многих лет запускалась с помощью этой ракеты. И когда семь лет спустя встал вопрос о носителе для спутников, создаваемых по программе «Интеркосмос», специалисты единодушно решили использовать и для этой программы надежную и экономичную ракету — «Космос-2».

РН «Космос-2» успешно дебютировала на «космической сцене» в октябре 1969 г., выведя на орбиту ИСЗ «Интеркосмос-1». Затем доставила на орбиту еще ряд спутников «Интеркосмос», а также советско-французские ИСЗ «Ореол», индийские спутники «Ариабата» и «Бхаскара». «Космос-2» создан на базе баллистической ракеты Р-14 (SS-5) конструкции М. К. Янгеля, к которой добавили 2-ю ступень. После серии пусков с космодрома Байконур в 1964—1968 гг. эксплуатацию РН полностью передали на космодром Плесецк. Стартовая масса «Космоса-2» 109 т, масса ПГ до 1350 кг. Общая

спутников на околоземной орбите, получила наименование «Космос». В процессе ее создания стало очевидным, что во многих случаях по этой программе целесообразно запускать сравнительно простые и легкие малые

Ракеты-носители «Космос», «Циклон», «Зенит»

Наименование	«Космос-1»	«Космос-2»	«Циклон-2»	«Циклон-3»	«Зенит-2»	«Зенит-3»
Стартовая масса, т	49	109	182	189	459	466
Общая длина, м	32	32	29,0 ⁺⁾	39,27	57	61,4
Диаметр, м	1,65	2,4	3	3	3,9	3,9
Масса ПГ, т:						
Н = 200 км, i = 90°	до 0,5	до 1,3	до 2,7	до 3,6	до 12	
Нп/На 700/40000 км						до 3,6
Нкр. = 35800 км, i = 0°						до 1
Первый старт	1962	1964	1969	1977	1976	?

⁺⁾ Без головного блока

Сравнительные характеристики некоторых российских и зарубежных ракет-носителей

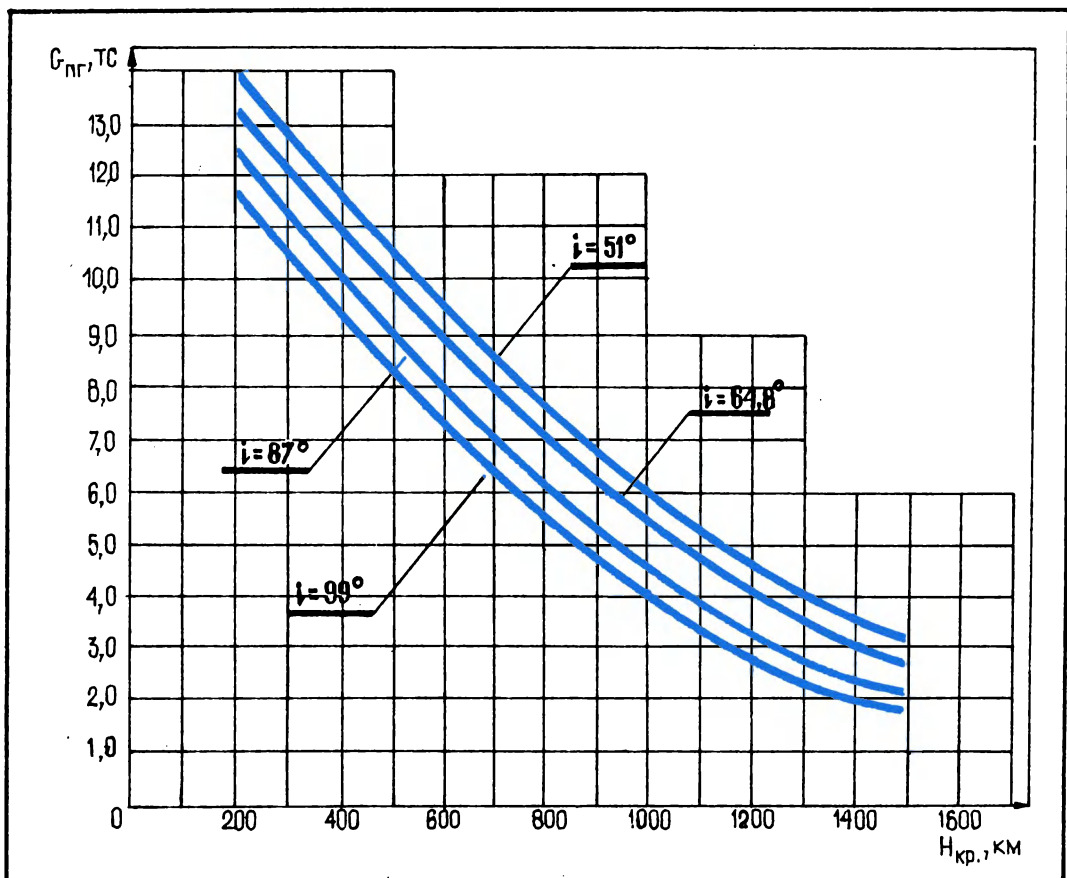
Наименование	«Ариан-44L»	«Ариан-5»	«Атлас-1»	«Дельта-6925»	«Титан-IV»	«Протон-КМ»	«Зенит-3»	«Спейсшаттл»
Первый старт	X 1989	1995	VII 1990	II 1989	VI 1989	1995	1995	IV 1981
Масса, т	470	710	164,3	218	860	700	466	2040
Полезный груз, т:								
Н = 200 км	8,3	20	5,5	3,99	17,7	22	12	29,5
ГСО			0,45	0,73	4,5	3,2	1	
Стоимость запуска:								
млн долл.	110—120	100—110	65—75	45—60	227	50	70	230
долл/кг	14440	5000	13630	15000	12200	2270	5800	8000

длина 32,4 м. Двигатель 1-й ступени РД-216, создаваемая им тяга (у Земли) — 1469 кН. Топливо самовоспламеняющееся (окислитель — смесь окислов азота с азотной кислотой, горючее — НДМГ). Двигатель 2-й ступени обеспечивает тягу в 157 кН. В настоящее время производство РН «Космос-2» ведется в Омском ПО «Полет».

РН «Циклон» создана на базе тяжелой МБР шахтного базирования (SS-9) конструкции М. К. Янгеля. В 1969 г. создан «Циклон-2», который использовался для запуска спутников военного назначения. Довыведение на ра-

бочую орбиту обеспечивалось бортовой двигательной установкой космического аппарата. Стартовая масса «Циклона-2» — 182 т. Масса полезного груза, выводимого на круговую орбиту высотой Н = 200 км, i = 46° до 3500 кг, Н = 200 км, i = 90° до 2700 кг. Тяга ЖРД 1-й ступени у Земли — 2862, в пустоте — 2974 кН; 2-й ступени в пустоте — 991 кН. В качестве окислителя используется азотный тетраоксид, горючего — НДМГ.

В 1977 г. для ракеты была разработана 3-я ступень с двигателем



двукратного включения. Созданный в результате носитель используется для запусков научно-исследовательских, метеорологических, геодезических, связных и разведывательных спутников на круговые орбиты высотой от 650 до 1500 км. Тяга двигателя 3-й ступени в пустоте 78 кН, удельный импульс тяги — 3140 Н·с/кг. Дополнительные характеристики приведены в табл. 2.

РН «Зенит» может эксплуатироваться в двухступенчатом («Зенит-2») и трехступенчатом («Зенит-3») вариантах. «Зенит-2» разработан в КБ «Южное» в 1976—1985 гг. Нетоксичные компоненты топлива гарантируют сохранность экологической обстановки на стартовом комплексе и в районе падения ступеней. Запуски «Зенита-2» производятся с космодрома Байконур. Первая ступень этой РН используется в качестве боковых блоков на носителе «Энергия». На ней установлен один четырехкамер-

График иллюстрирует энергетические возможности при выведении КА ракетой «Зенит-2» на круговые орбиты с территории Байконура

ный двигатель РД-170 (развиваемая двигателем тяга 7260 кН), а на 2-й ступени два: маршевый РД-120 (его тяга в пустоте 912 кН) и рулевой с поворотными соплами. При запуске из экваториального района «Зенита-2» может вывести на орбиту высотой 200 км (с наклонением 12°) полезный груз массой 15,7 т. Соответственно, с территории России эта величина составляет 13,8 т при $i = 51^\circ$ и 12 т при $i = 90^\circ$.

В трехступенчатом варианте 3-й ступенью («Зенит-3») служит блок «Д»

Пуски отечественных РН с января 1970 до мая 1989 г.

Типы РН	Всего пусков	Успешные	Неудачные	Надежность, %
«Протон»	132	122	10	92,4
«Союз»	578	566	12	97,9
«Восток»	92	91	1	98,9
«Молния»	193	183	10	94,8
«Космос»	333	319	14	95,8
«Циклон»	75	73	2	97,3
«Зенит»	21	21	0	100
«Энергия»	2	2	0	100
Всего	1426	1377	49	96,6

(4-я ступень носителя «Протон-К»). Масса ПГ, выводимого на геостационарную орбиту носителем «Зенит-3» с территории Байконура, достигает примерно одной тонны. Из районов, расположенных в приэкваториальной зоне, масса ПГ соответственно увеличивается до 2 т на ГСО, 4,5 т на переходную орбиту и 3,0 т на отлетные траектории.

Интересно отметить, что предстартовая подготовка «Зенита-2» занимает немногим более 20 ч. Для сравнения: предстартовая подготовка РН «Ариан-4» — более 200 ч. На Втором евро-

пейском симпозиуме по космическим транспортным системам были сообщены данные о пусках отечественных РН с января 1970 г. до мая 1989 г. В СССР за указанный период осуществлено 1426 пусков восьми типов РН, из которых 1377 были успешными, а средняя надежность составила 96,9%. Наиболее часто использовались РН «Союз» (578 пусков), «Космос» (333 пуска), «Молния» (193 пуска), «Протон» (132 пуска).

С. П. УМАНСКИЙ

Информация

Можно ли наблюдать одиночные нейтронные звезды?

Статья под таким названием вышла в этом году в *Astrophysical Journal*, одном из самых престижных астрономических журналов мира. Этот вопрос сейчас действительно волнует многих ученых. По различным оценкам в нашей Галактике имеется около миллиарда старых изолированных нейтронных звезд, однако в настоящее время наблюдается менее тысячи нейтронных звезд: около 600 радиопульсаров плюс несколько десятков рентгеновских источников в двойных системах. Таким образом, из-за относительно малой ста-

тистики изучение нейтронных звезд нашей Галактики затруднено.

В последнее время сразу несколько авторов предложили наблюдать изолированные нейтронные звезды в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах. Излучение квантов рентгеновского диапазона возможно в результате аккреции окружающего вещества на нейтронную звезду, например, вещества молекулярного облака, в котором находится нейтронная звезда. Относительно светимостей известных сейчас галактических рентгеновских источников светимость такого источника будет невелика из-за малого темпа аккреции из разреженной межзвездной среды, а также из-за поглощения излучения плотной средой молекулярного облака. Однако, по

оценкам теоретиков, такой спутник как «ROSAT», работающий в жестком ультрафиолетовом и мягком рентгеновском диапазонах, может «увидеть» до 10 тыс. ближайших объектов (на расстоянии до 800 пк для нейтронных звезд в молекулярных облаках и до 200 пк для нейтронных звезд в разреженной межзвездной среде).

Наблюдение подобных объектов позволяет более чем в десять раз увеличить статистику изолированных нейтронных звезд и, следовательно, лучше изучить свойства такой важной и многочисленной составляющей Галактики, как нейтронные звезды.

По материалам зарубежных журналов

Вселенная I РЦ

Э. В. ВЕЙЦМАН
(Москва)

В течение долгого времени межпространственное устройство стремительно двигалось по пятимерному суперпространству к относительно небольшой вселенной, значащейся в каталогах под шифром I РЦ. Экипаж состоял только из двух космонавтов. Командира звали Эрго, второй пилот носил имя Кассий.

Перед космолетчиками стояла задача — изучить по возможности полно пространственно-временные свойства вселенной I РЦ. Сейчас до ближайших ее окрестностей оставалось совсем ничего, и исследователи решили устроить небольшое совещание. Оно началось бранью Кассия в адрес защитного поля межпространственного корабля:

— Проклятое поле! Черт его дери! — Кассий ткнул рукою в сторону приборной доски. — Во время моей последней вахты потенциал несколько раз понижался до опасного уровня.

Эрг в ответ пожал сначала плечами, потом не спеша процедил:

— А чего еще ждать от защитного устройства фирмы «Тиберий и К^о»...

— Разумеется, командир! — Кассия так и распирало от негодования. — Разумеется! Ничего хорошего ждать не следует. Но нам-то не легче от мысли, что мы знаем... что мы знаем, какую пакость может выкинуть этот выкидыш Тиберия и К^о! Стоит трехмерности нашего устройства нарушиться, и от

нас... и от нас... не знаю, что уж от нас тогда останется. Вы, надеюсь, не забыли про судьбу экспедиции Клавдия?

— Кассий! Хватит скулить! Займемся делом.

— Займемся.

— Итак, наша цель? — Эрг уже выглядел упругим, энергичным. — Наша основная цель — исследовать, по возможности полно, пространственно-временные свойства вселенной I РЦ. Кое-что выяснить будет совсем нетрудно в ходе внешних исследований. Но что-то, например, искривленность пространства—времени, можно будет установить исключительно при исследованиях внутреннего типа. Программа их предусматривает проникновение во вселенную I РЦ самих наблюдателей, нас то есть. Что мы знаем о вселенной I РЦ на данный момент времени? Вселенная относится к расширяющемуся типу. Класс ее материи нам пока неизвестен. Но с минуты на минуту должен вернуться автопилот-разведчик. Он...

— Автопилот-разведчик две секунды назад пришвартовался к борту межпространственного устройства, — доложил робот-информатор.

Эрг тут же перевел на пульте управления один из многочисленных рычажков в крайнее левое положение и спросил, едва над микрофоном загорелась красная лампочка:

— Сведения о классе материи изучаемой вселенной получены?

— Получены.

— Сообщите.

— Материя электрон-протонного класса.

— Дьявольщина! — выругался Кассий. — Да ведь мы не сумеем проникнуть в эту проклятую I PC!

— Проникновение совершенно исключено. Наша собственная материя полностью несовместима ни с электрон-протонным, ни с позитрон-антипротонным веществом.

— Что ж теперь? Возвращаться? А?...

— Похоже. Но сначала выясним, какой темп времени в этой I PC. Вызывается робот-информатор, — сказал Эрг.

— Робот-информатор готов к даче информации.

— Какой в среднем темп времени в изучаемой вселенной?

Последовал ответ:

— Учитывая скорость расширения I PC, можно с вероятностью, достаточно близкой к единице, считать, что средняя скорость процессов, протекающих в изучаемой вселенной, относится к скорости процессов внутри межпространственного устройства, как миллион к единице.

Кассий выразительно свистнул; Эрг между тем принял что-то лихорадочно обдумывать, а чтобы мыслительный процесс протекал успешнее, начал скороговоркой говорить:

— Импульсивная вселенная, весьма импульсивная... Стало быть, гипотеза Луция полностью подтверждена. Она предполагает высокие темпы течения процессов у миров с электронно-протонной материей. Мы просуществуем один день, а вселенная в среднем миллион. Мы просуществуем год, а она в среднем миллион лет... Пожалуй, стоит попробовать, стоит попробовать...

— Что стоит попробовать, командир?

— Разобраться в этой I PC, особенно в ее кривизне.

— Но как? Наши-то персоны никоим образом не в состоянии проникнуть внутрь вселенной.

— Ответы на все вопросы дадут ее обитатели.

— Обитатели?! Во вселенных с материей электронно-протонного типа вероятность самозарождения жизни фактически равна нулю.

— Самозарождения, Кассий. Зато какая эта I PC импульсивная, — Эрг ухмыльнулся и лукаво посмотрел на товарища, который никак не мог взять в толк, что же собирается предпринять командир.

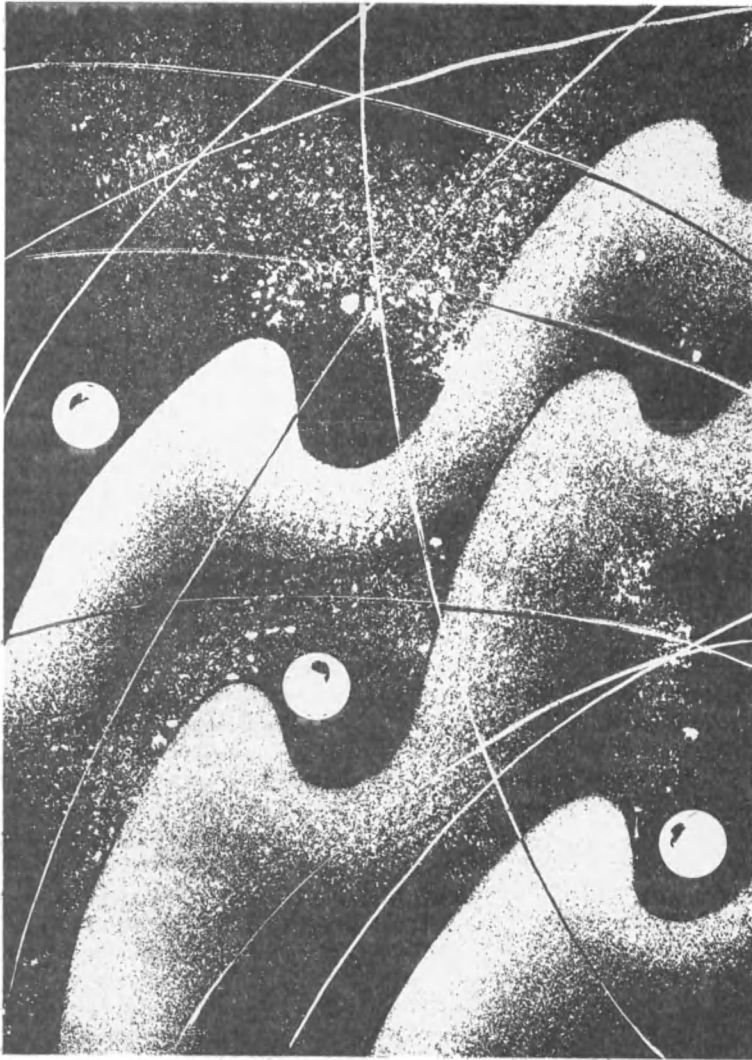
Они проработали много часов, почти без отдыха, урывками принимая пищу. Наконец все было готово. Оставалось только выстрелить гипершаровой волной в сторону расширяющегося трехмерного мира. Произойдет выстрел, и пятимерная волна, вернее целое семейство волн, каждая из которых обладает своей собственной частотой, устремится к цели. При встрече с нею пятимерная волна окажется как бы пронзенной трехмерной вселенной. Трудно, конечно, представить себе подобную картину, но в первом приближении можно. Нечто похожее происходит, когда пульсирующий шар пересекает длинную, очень тонкую нить, затем движется вдоль нее и передает ей в продольном направлении часть своих колебаний.

Гипершаровые волны помчатся вдоль всей вселенной. Частоты их колебаний подобраны определенным образом; при прохождении волнами отдельных участков вселенной вероятность зарождения там жизни должна резко возрастать. Волны фактически будут стимулировать ее возникновение. С вероятностью, близкой к единице, ожидалось, что хотя бы в одной звездной системе I PC возникнет живая материя (как любил шутить Эрг) «оплодотворения бесчувственной трехмерности гипершаровым пятимерным семенем...»

— Ну что, стреляем? — Кассий посмотрел на Эрга.

— Давай.

Они трижды выстрелили гипершаровыми волнами в направлении объекта изучения, и трижды межпространственное устройство вследствие сильнейшей отдачи отбрасывалось прочь от расширяющейся вселенной. Одновременно исследователи запусти-



ли в суперпространство несколько миллиардов микроавтоматов-зондов. Они устремились к изучаемому объекту и упали на его поверхность, как листья падают на поверхность воды. Затем зонды стали равномерно распределяться по границе I РЦ с гиперпространством. Каждые три автомата образовывали равносторонний треугольник, и расширяющаяся вселенная спустя некоторое время была как бы поймана в сеть; в узлах ее находились исследовательские устройства, а нитями сети, вернее ее невидимыми нитями, служили направленные сигналы, которыми каждый ав-

томат обменивался со своими шестью ближайшими соседями. Зонды явились своего рода стетоскопами. Расположенные на расширяющейся трещащей «грудной клетке» I РЦ, они стали прослушивать ее «пульсы», ее «дыхания». Они своевременно обнаружат во вселенной место возникновения жизни и немедленно сообщат об этом на межпространственное устройство, которое до получения ожидаемой информации дрейфует в суперпространстве вблизи изучаемого объекта...

— Отстрелялись! — проворчал Касий спустя некоторое время после третьего выстрела. «Отдача» была

очень сильной, и у исследователей долго еще путались мысли, а тело казалось каким-то не своим.

— М... м,— ответил Эрг. Кажется, он перенес «отдачу» много хуже товарища.

— Язык не ворочается?

— По... о... охо... же...

— Ладно, приходи в себя. А я тем временем запускаю сортировочный компьютер.

— Ра... ана... введь...

— Лучше пораньше; все-таки масштабы времени относятся друг к другу, как миллион к одному. У нас тут секунда, у них — миллион секунд. У нас год, там миллион лет.

— Запускай...

Катаклизмы существуют всюду, они возникают на всех уровнях существования материи. Электрон сталкивается с ядром атома — на уровне микромира это катаклизм, да еще какой. Приливные силы планеты-гиганта разрывают на части более мелкую планету, подошедшую слишком близко к своему массивному соседу. Это уже катаклизм на уровне планет. Где-то во вселенной сталкиваются галактики. Приходится плохо их звездам, их планетам. Если в галактиках имеется жизнь, плохо приходится и ей. Но возникают катаклизмы и в суперпространстве. Многомерные вихри суперсил, неожиданно возникнувшие вследствие тех или иных причин, способны по-новому искривить его, изменить в нем ход времени, столкнуть между собой целые вселенные. Именно такой сверхкатаклизм неожиданно случился в суперпространстве, захватив район, где находилась сравнительно молодая, расширяющаяся вселенная I РЦ. Супервселенский катаклизм чуть было не столкнул I РЦ с другой вселенной примерно того же типа. Оба трехмерных мира стремительно перемещались в суперпространстве один относительно другого, едва не задевая друг друга пульсирующими периферийными областями, которые взаимодействовали между собою и от этого кое-где приобретали четырехмерное и даже пятимерное строение. Межпространственное устройство Эрга и

Кассия оказалось зажатым двумя вновь образовавшимися пятимерностями. Оно напоминало теперь электрон, движущийся между двумя отрицательно заряженными, сильно искривленными поверхностями — подлетел слишком близко к одной из них, и тебя немедленно отбрасывает куда-то прочь по направлению к другой поверхности, куда-то на линию равнодействия сил. Иногда вселенные сближались так сильно, что тела Эрга и Кассия начинали деформироваться и исследователи теряли сознание. Управление тогда переходило к навигационным автоматам. Они продолжали работу людей и старались переместить межпространственное устройство в области суперпространства, где трехмерности находились относительно далеко друг от друга. Там силы отталкивания уменьшались, а исследователи приходили в себя. Автоматы снова и снова направляли устройство в узкие проходы между мирами. Двигаясь по этим пятимерным межвселенским фиордам, можно было рассчитывать на выход в открытое суперпространство, но проходы становились все уже по мере движения по ним, силы отталкивания неумолимо возрастали, и оба исследователя в который уже раз лишались чувств. Даже в состоянии глубокого шока они ощущали, как их сердца начинают в груди сокращаться с трудом, захлебываться, как вообще начинают деформироваться все ткани их тел, их чувства, их ужас, их бред. Был потерян счет времени... Эрг и Кассий не представляли, сколько дней, недель, месяцев они металась в западне, которая между тем становилась все меньше и меньше и из которой так и не находился выход на волю. Однажды, очнувшись после очередного «сплющивания», Эрг и Кассий услышали, как робот-информатор доложил:

— Цивилизация в изучаемой вселенной достигла относительно высокого уровня. Сортировочный компьютер приступил к основной своей работе!

— Начал копаться в разлагающихся душах покойничков,— проворчал Кассий.

— Боюсь, в скором времени ему

придется копаться в наших разлагающихся душах,— ответил Эрг в тон Кассию.— Еще парочка подобных нагрузок, и нам крышка.

— А вся накопленная нашим мозгом информация в виде пятимерной шаровой волны излучится в суперпространство.

Эрг уточнил:

— Будет излучаться. По мере разрушения умерших клеток нашего мозга.

— Ладно, будет излучаться— согласился Кассий.

В это время робот-информатор объявил:

— Выход в свободное суперпространство полностью перекрыт. Объем замкнутого суперпространства, в котором мы в данный момент времени находимся, непрерывно сокращается за счет встречного движения миров. Если в ближайшие двое-трое суток встречное движение не сменится касательным, экипаж погибнет.

— О-ох! — простонал Кассий, и тут же робот-информатор сделал новое сообщение:

— Разумные существа в изучаемой вселенной сформулировали понятие кривизны пространства и дали определение тензору кривизны.

— Часов через десять-пятнадцать по нашему времени они вычислят кривизну своей вселенной,— резюмировал Эрг последнее сообщение робота.

— Зато кривизна наших двумерных останков через эти десять-пятнадцать часиков будет наверняка равна нулю,— тут же отозвался Кассий.

— Не исключено.

— Как же ты намерен убить эти десять часов, эти милейшие часы накануне твоего собственного убийства?

Эрг молчал, и тогда Кассий с каким-то остервенением в голосе заявил:

— А я вот знаю, как буду приканчивать эти секундочки, минутки и часики! Прикажу компьютеру читать мне самые выдающиеся стихотворения самых-самых выдающихся поэтов, которые только родились среди обитателей I РЦ... Седьмой робот! Задание третьему блоку сортировочного компьютера. С вероятностью 85—90% оценить весь поэтический материал, за-

регистрованный в ходе массового улавливания выделяющейся в суперпространство информации. Робот номер десять! Читать вслух самые выдающиеся творения. На языке подлинника. Робот двадцать один! Осуществлять синхронную передачу в мой мозг смысла читаемого вслух. Когда мы оба околеем, приказываю исполнить самые выдающиеся траурные мелодии, созданные композиторами изучаемой цивилизации. Приступайте к работе.

Вскоре роботы приступили к выполнению несколько необычного задания Кассия. Чтение стихов прерывалось лишь экстренными сообщениями робота-информатора относительно возрастания отталкивающих сил. Эрг на эти сообщения никак не реагировал, зато Кассий весьма охотно комментировал их до того момента, пока был в состоянии ворочать языком. Последний комментарий второго пилота представлял собою странный набор звуков, означающий, что у любителя поэзии язык уже почти «встал». Вскоре Кассий совершенно замолк; робот номер семь продолжал между тем монотонно читать стихи, а робот двадцать один исправно осуществлял синхронную передачу смысла. Декламация поэзии, как и раньше, прерывалась только экстренными сообщениями робота-информатора. Траурные мелодии не раздавались...

Они очнулись почти одновременно. Им было легко, на душе спокойно. Робот по-прежнему декламировал стихи...

— Эрг, мы, кажется, живы! — Кассий приподнялся на ложе и посмотрел в сторону товарища.

— Куда важнее, что мы, судя по всему, находимся в открытом гиперпространстве... Робот семь, прекратить декламацию! — приказал Эрг, затем с его стороны последовало новое распоряжение.— Робот-информатор, доложите обстановку!

Автомат немедленно выполнил приказ:

— Межпространственное устройство в данный момент времени дрейфует в свободном суперпространстве в не-

посредственной близости от изученной вселенной I PC.

— Изученной? — удивился Кассий.

— Программа экспедиции выполнена, — доложил робот. — Несколько часов назад получены сведения о средней кривизне изучаемого объекта.

— Каким образом удалось вырваться в свободное гиперпространство? — спросил Эрг.

— Спустя несколько секунд после вашей клинической смерти, когда, согласно полученному распоряжению, мы готовились исполнить самые выдающиеся траурные мелодии, миры стали стремительно расходиться...

— Достаточно! — прервал Эрг ро-

бота. — Остальное ясно. Ну, Кассий, чем мы ознаменуем наше спасение?

— Я знаю чем, — Кассий широко ухмыльнулся. — Седьмой робот! Приказываю исполнить в честь нашего воскрешения все отобранные траурные мелодии.

Полились торжественные и скорбные звуки...

Когда «отпевание» закончилось, информационному роботу был задан еще один вопрос:

— Кто авторы музыки?

Ответ гласил:

— Вагнер, Григ, Чайковский, Бетховен, Шопен...

Информация

Вулкан Ундзен на острове Кюсю

Все лето 1993 г. продолжалась бурная активность вулкана Ундзен на о. Кюсю в Японии (32,75° с. ш., 130,30° в. д.). Находящийся в его кратере купол неожиданно стал расти и к концу июля уже достигал 600 м в длину и 500 м в ширину. Временами на его склонах возникали прорывы и из расщелины вытекали потоки лавы. В деревушке, расположенной на склонах горы, начались пожары, погиб один человек.

В середине и конце июня здесь прошли длительные ливни. Они породили мощные потоки, несущие с собою крупные обломки изверженных пород;

реки Накао и Мидзунаси вышли из берегов. Пришлось объявить эвакуацию 9 тыс. жителей, населяющих окрестные поселки. Под ударами каменных глыб обрушился большой бетонный мост через р. Мидзунаси, перекрыты дороги, повреждено 1326 зданий.

23 июня вулкан выбросил обильный поток лавы, смешанный с каменными блоками. Он прорвался сквозь ущелье на р. Накао и обрушился на район Сенбонги города Симабара, разрушив много домов и уничтожив там все зеленые насаждения. Так как эти кварталы эвакуированы еще с 1991 г., когда по-

гибло 43 человека, то на этот раз жертвы были невелики. Из трех людей, пришедших в запретную зону, погиб один.

К концу июня из купола потоками лавы вынесено около $3,5 \cdot 10^6$ куб. м. породы; на их месте по его бокам остались подковообразные кратеры обрушения. За месяц в пределах лавового купола зарегистрировано 506 мелких землетрясений.

Smithsonian Institution of the
Global
Volcanism Network, 1993, 6,
6—7

Озеро предсказывает извержение вулкана

В июне 1993 г. ученые Вулканическо - сейсмологической обсерватории Коста-Рики (Эредия, Коста-Рика), наблюдая за продолжавшейся активностью вулкана Поас, расположенного в пункте с координатами 10,19° с. ш., 84,23° з. д., обнаружили, что уровень одного из двух озер, расположенных в кратере, за месяц упал на 1,5 м.

Над озером поднялся столб газов высотой полкилометра. В центре

озера временами вздымались огромные пузыри. Температура воды достигала 65° С. Цвет ее менялся от изумрудно-зеленого до бирюзового.

Сейсмическая станция, находящаяся в 2 км от кратера, за месяц зарегистрировала 3844 низкочастотных подземных толчка (частота менее 2,5 Гц); суточный максимум отмечался 30 июня, когда их произошло 212.

Вулкан Поас, находящийся в 35 км от столицы — Сан-Хосе, своей «неуравновешенностью» известен с давних пор. Покрытая густой растительностью гора в вер-

хней своей части «украшена» многочисленными свидетельствами прошлых извержений. С 1828 г. их здесь произошло 34; почти все они охватывали то же самое кратерное озеро. В 1910 г. над его поверхностью внезапно вздыбился гейзер высотой более 4 км! Интересно, что второе (более южное) озеро в основном пребывает в полном спокойствии.

Smithsonian Institution Bulletin of the Global Volcanism Network, 1993, 6, 3

Только ли астероид виновен?

Известна гипотеза, связывающая катастрофическое вымирание флоры и фауны (в том числе динозавров), случившееся в конце мелового периода, т. е. около 65 млн лет назад, со столкновением Земли с астероидом. Именно оно привело к выбросу в атмосферу гигантской массы пыли, затмившей небо и вызвавшей по всей планете длительную «зиму». Прекратившийся фотосинтез погубил растительность, за чем последовала катастрофа почти для всего живого на Земле.

Однако последние палинологические исследования (изучение ископаемой пылицы растений) научного сотрудника Денверского музея естественной истории (штат Колорадо, США) Керка Джонсона заставляют усомниться в том, что в конце мелового периода всю Землю охватили грандиозные климатические изменения. Палинологи считают, что в Се-

верной Дакоте тогда вымерло не более 30% видов растений. Более того, сотрудник Геологического управления США в Денвере Дуглас Николс пришел к выводу, что палинологические данные полностью зачеркивают гипотезу крупных климатологических перемен в меловом периоде. Он указывает, что даже пальмы и панданусы, отличающиеся весьма малой морозоустойчивостью, пережили время перехода от мела к третичному периоду в расположенной далеко на Севере провинции Саскачеван (Западная Канада).

Научный сотрудник Канадского геологического управления в Калгари (провинция Альберта) Артур Суит утверждает, что гибель многих видов флоры началась еще до конца мелового периода. Он провел анализ ископаемой растительной пылицы, находимой в Канаде и в штате Монтана (США). При этом выяснилось, что сокращение разнообразия цветковых видов представляло собой растянутый во времени длительный процесс.

Загадочно географическое распределение жертв климатической катастрофы. Если в Северной Америке интенсивность вымирания флоры все-таки достаточно высока, то в Новой Зеландии исчезло не более 1-2% всех размножающихся пыльной видов.

Возможно, причина этого в том, что столкновение Земли с астероидом произошло в начале сезона вегетации в Северном полушарии. Растениям Юга было легче перенести длившийся месяцами период «затемнения», ведь они в это время вступали в период «сна».

Так или иначе, последние исследования свидетельствуют о том, что событие, погубившее значительную часть земной флоры и фауны, должно было быть значительно более сложным, чем просто падение небесного тела, вызвавшее глобальную климатическую катастрофу.

New Scientist. 1993, 1887, 14

Заведующая редакцией Г. В. Матророва, Зав. отделом астрономии Э. А. Стрельцова, Зав. отделом наук о Земле В. А. Маркин, Зав. отделом космонавтики А. Ю. Остапенко, Художественный редактор М. С. Вьюшина, Литературный редактор Е. А. Никитина, Младший редактор Л. В. Рябцева

Корректоры: В. А. Ермолаева, Л. М. Федорова

Номер оформили: М. И. Россинская, Ю. А. Тюришева, Ю. В. Тимофеев

Сдано в набор 10.01.94 Подписано в печать 16.02.94 Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆.

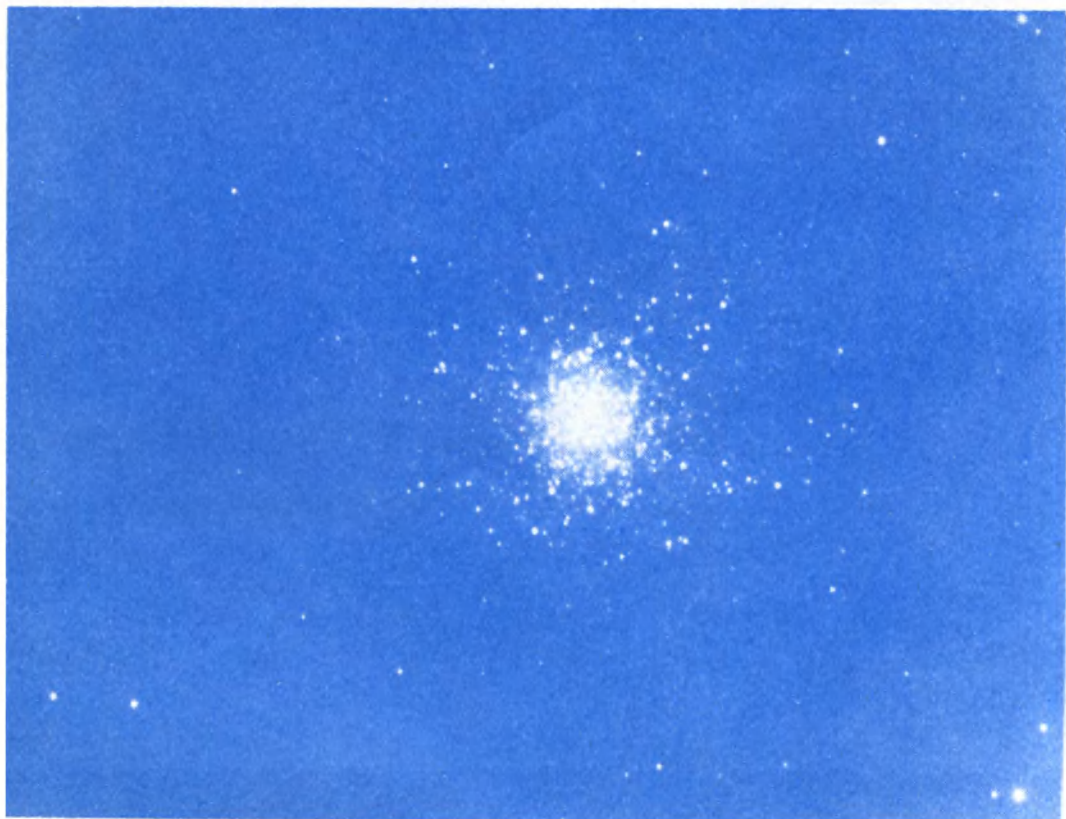
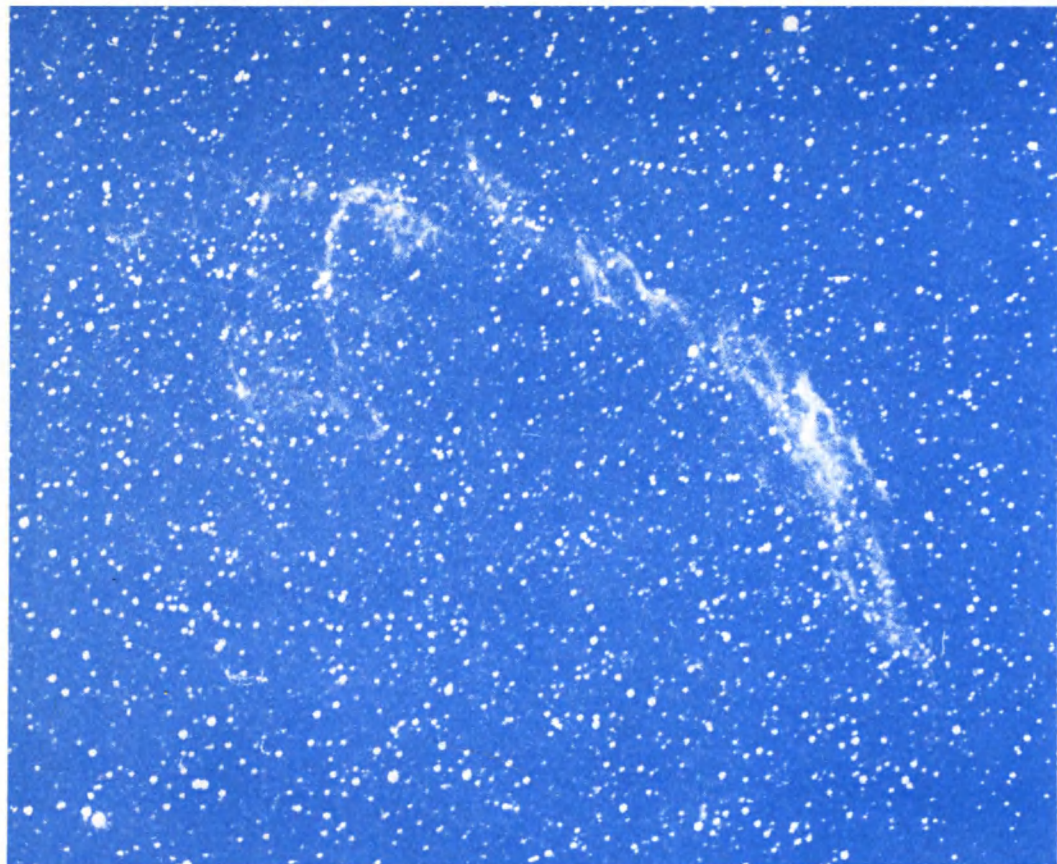
Печать офсетная Уч.-изд. л. 10,5 Усл. печ. л. 9,1 Усл.кр.-отт. 80 тыс. Бум. л. 3,5

Тираж 7509 экз. Заказ 768

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

Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Адрес типографии: 121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6





«Наука»
Цена 150 р.
Индекс 70336