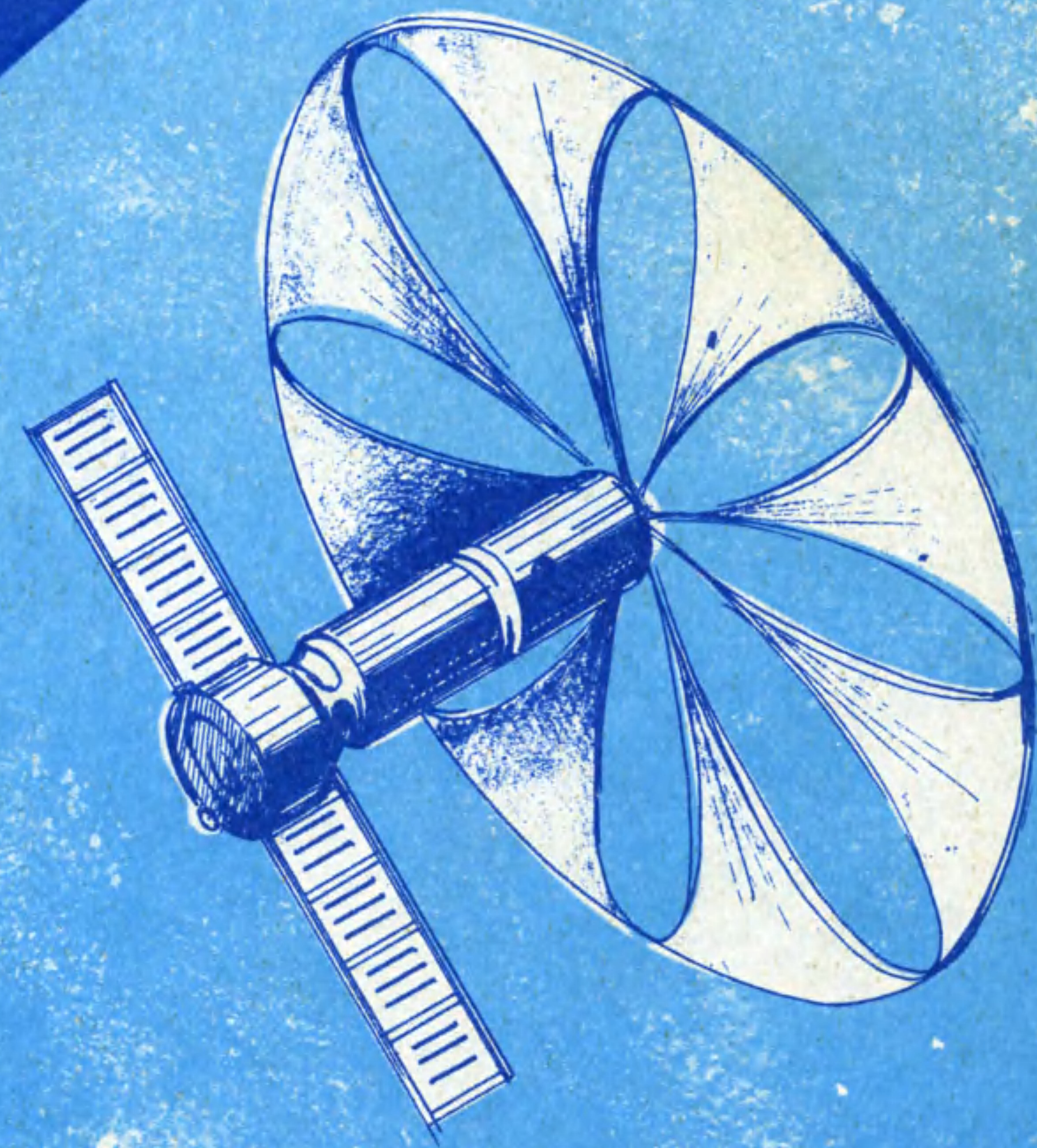


ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 1/94

ISSN 0044-3948

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА





Научно-популярный журнал
Российской Академии наук и
Астрономо-геодезического
общества
Издается с января 1965 года
Выходит 6 раз в год
Издательство «Наука», Москва



В номере:

- 3 ШОЛОМИЦКИЙ Г. Б. Инфракрасное небо и космические исследования
13 СЫРОМЯТНИКОВ В. С., РЯБКО Е. Н. «Знамя» над Землей
24 СОРОХТИН О. Г. Тектоника литосферных плит и полезные ископаемые
32 СУРДИН В. Г. Далеко ли до центра Галактики?
41 ШАБАРОВ С. Н. Движения земной коры и уровень Балтийского моря

ЭКОЛОГИЯ

- 46 ОВЧИННИКОВ И. М. Динамика вод и проблемы экологии Черного моря

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 55 СИДОРОВ М. А. Нанотехнология: и чудо, и реальность
59 МАЩЕНКО С. Я. Летняя Ватиканская школа

ИЗ ИСТОРИИ НАУКИ

- 63 ЛИШЕВСКИЙ В. П. Кеплер и его законы движения планет

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 70 КАЛИНЕНКОВ Н. Д. Лунно-планетные часы

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 75 ЦИЦИН Ф. А. Черные дыры и космогония

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 83 ЧУРЮМОВ К. И. Еще раз о столкновении кометы с Юпитером
86 АРХИПОВ А. В. Движущиеся «объекты» на Луне
92 ЩИВЬЕВ В. И. Интересная долгопериодическая переменная
95 ОСТАПЕНКО А. Ю. Звездный ларец: январь—февраль

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 105 ТУМАНОВ В. Н. Окуляр-микроскоп для визуальных наблюдений

ПРОТИВ АНТИНАУЧНЫХ СЕНСАЦИЙ

- 107 ЛАВРУХИН А. В. Световые эффекты и «НЛО»



© «Наука»
«Земля и Вселенная»,
1994 г.

Новости науки и другая информация: Новые книги [23, 82]; Кратер на дне моря [45]; Мониторинг качества воды Байкала [54]; Прогноз сейсмической «погоды»? [58]; «Иллюстрированная астрономия» [62]; Звезда умирает на глазах? [69]; Откуда берутся кометы [85]; Отлито самое большое зеркало в мире! [91]; Снова Тунгусский метеорит? [102]; Солнце в августе—сентябре 1993 г. [103]; Солнце создает озонную дыру [104]; Дрейф «озонной дыры» [104]; Новое испытание для ОТО [106]; Будет ли реклама в космосе? [111]

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:

- 3 SHOLOMITSKIY G. B. The infrared sky and space re-
searches
13 SYROMYATNIKOV V. S., RYABKO E. N. The «Znamya»
over the Earth
24 SOROKHTIN O. G. Tectonics of lithospheric plates and the
minerals
32 SURDIN V. G. How far away is the center of our
Galaxy?
41 SHABAROV S. N. The movements of terrestrial crust and
the level of the Baltic Sea

ECOLOGY

- 46 OVCHINNIKOV I. M. Dynamics of waters and the
problems of ecology of the Black Sea

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 55 SIDOROV M. A. Nanotechnology: either a miracle, or
the reality
59 MASHCHENKO S. Ya. The summer Vatican School

ON THE HISTORY OF SCIENCE

- 63 LISHEVSKII V. P. Kepler and his laws of planetary motion

ASTRONOMICAL EDUCATION

- 70 KALINENKOV N. D. Lunar-planetary Watch

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 75 TSITSIN F. A. The black holes and the cosmogony

AMATEUR ASTRONOMY

- 83 CHURYUMOV K. I. Once more about the collision of a
comet with Jupiter
86 ARKHIPOV A. V. Moving «objects» on the Moon
92 SHIVYOV V. I. An interesting longperiodical variable star
95 OSTAPENKO A. Yu. The stellar box: January-February

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 105 TUMANOV V. N. An ocular-microscope for visual
observations

AGAINST THE ANTI-SCIENTIFIC SENSATIONS

- 107 LAVRUKHIN A. V. Light effects and UFO

На 1-ой стр. обложки: Космический парус-отражатель, развернутый в ходе эксперимента «Знамя» на борту транспортного космического корабля «Прогресс М-14» (к ст. В. С. Сыромятникова и Е. Н. Рябко)

На 2-ой стр. обложки: Вид на летнюю резиденцию Папы и Ватиканскую обсерваторию (к ст. С. Я. Машченко)

На 3-ей стр. обложки: Участники первого российского астрономического фестиваля «Астрофеста», проходившего в августе 1993 г. на Кавказе. Вверху: наблюдатели со своими инструментами. Внизу: московские любители астрономии со своими самодельными телескопами, слева — А. Остапенко с 35-сантиметровым рефлектором на монтировке Добсона, справа — П. Сорокин с 16-сантиметровым «Ньютоном» на монтировке Бюстиана-Мейнелла

Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В. К. АБАЛАКИН

зам. главного редактора академик В. М. КОТЛЯКОВ

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

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

Инфракрасное небо и космические исследования

Г. Б. ШОЛОМИЦКИЙ,
кандидат физико-математических наук
Институт космических исследований РАН

Инфракрасное излучение было открыто Джоном Гершелем, сыном знаменитого В. Гершеля, более полутора столетий назад. Однако из-за непрозрачности атмосферы, а точнее, содержащихся в ней водяного пара и углекислого газа, развитие астрономических исследований в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах происходило чрезвычайно медленно. В 1961 г. Ф. Лоу в США изобрёл



проводниковый болометр, после чего появилась возможность для проведения наблюдений в имеющихся, к счастью, узких «окнах прозрачности» атмосферы, расположив телескопы высоко в горах или на борту самолета. Но лишь после того, как телескопы, наконец, были вынесены за пределы атмосферы Земли, появилась инфракрасная (ИК) и субмиллиметровая (СММ) астрономия.

История ИК- и СММ-астрономии — летопись непрерывной борьбы ученых с атмосферой и попыток наблюдателей установить свои инструменты как можно выше над Землей. С середины нашего столетия стали размещать телескопы на высоких горах, на самолетах, аэростатах и высотных ракетах. Это позволило су-

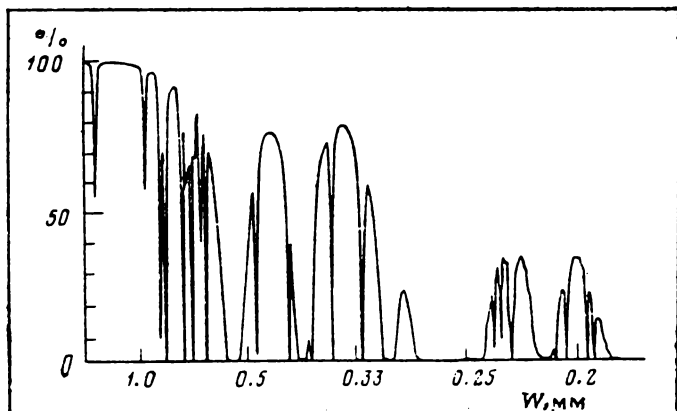
щественно уменьшить влияние атмосферного поглощения, поскольку содержание молекул воды в ней уменьшается в 2,71 раза с возрастанием высоты на 1,5 км. В результате ИК-телескопы появились на самых высоких и удобных для таких наблюдений высокогорных обсерваториях: Мауна Кеа на потухшем вулкане

одного из Гавайских островов, США (высота 4200 м), Шорбулак Памирской астрономической экспедиции Академии наук РФ, Таджикистан (высота 4350 м). Но окончательно удалось устранить влияние атмосферы, вынеся телескопы в космос. Это, кстати, позволило достичь невиданного ранее дополнительного роста чувствительности

приемников. Дело в том, что их собственный шум в ИК-диапазоне (с понижением температуры болометров — и в СММ-диапазоне) мал по сравнению с фотонным шумом, который резко снижается при охлаждении оптики телескопов в вакууме. Более того, понижая температуру, можно снизить порог чувствительности телескопа значительно сильнее, чем увеличивая диаметр.

И все же космические эксперименты привлекают внимание не только этим «двойным» повышением чувствительности. Протяженные объекты и области, являющиеся источниками космического ИК-излучения: невозможно изучать наземными и стратосферными телескопами эмиссии и неравномерности поглощения атмосферы. Возвращаясь к диаметру телескопа, напомним, что при измерениях яркости фона его увеличение ничего не дает.

Первые космические эксперименты с криогенным охлаждением ИК-приемников проводились в ходе исследования земной атмосферы в Физическом институте им. П. Н. Лебедева с борта спутников «Космос» и орбитальных станций «Салют-4» и «Салют-6». За рубежом криогенные, т. е. охлаждаемые сжиженным газом, телескопы, созданные на основе опыта астрономических наблюдений в горах, на самолетах и аэростатах, «полетели» сначала на высотных ракетах. Хотя такие исследования отличались коротким временем работы и имели другие неудобства, они были довольно просты, поскольку в них легко решалась проблема удержания жид-



кого гелия, обычно охлаждающего телескопы. Дело в том, что в невесомости он способен вытекать из криостата, в который заключен инструмент, во всех направлениях, а на ракете, благодаря ее вращению вокруг вертикальной оси, он удерживается центробежной силой в нижней части сосуда, т. е. вдали от горловины.

УСТРОЙСТВО И РАБОТА ПЕРВОГО ОРБИТАЛЬНОГО ИК-СПУТНИКА

Настоящий же расцвет ИК-астрономии начался с запуском спутника IRAS (Infrared Astronomical Satellite), разработанного учеными США, Голландии и Англии (Земля и Вселенная, 1983, № 5, с. 29.— Ред.). 26 января 1983 г. американская ракета-носитель «Дельта» доставила его на солнечносинхронную околоземную орбиту с периодом 1 ч 43 мин.

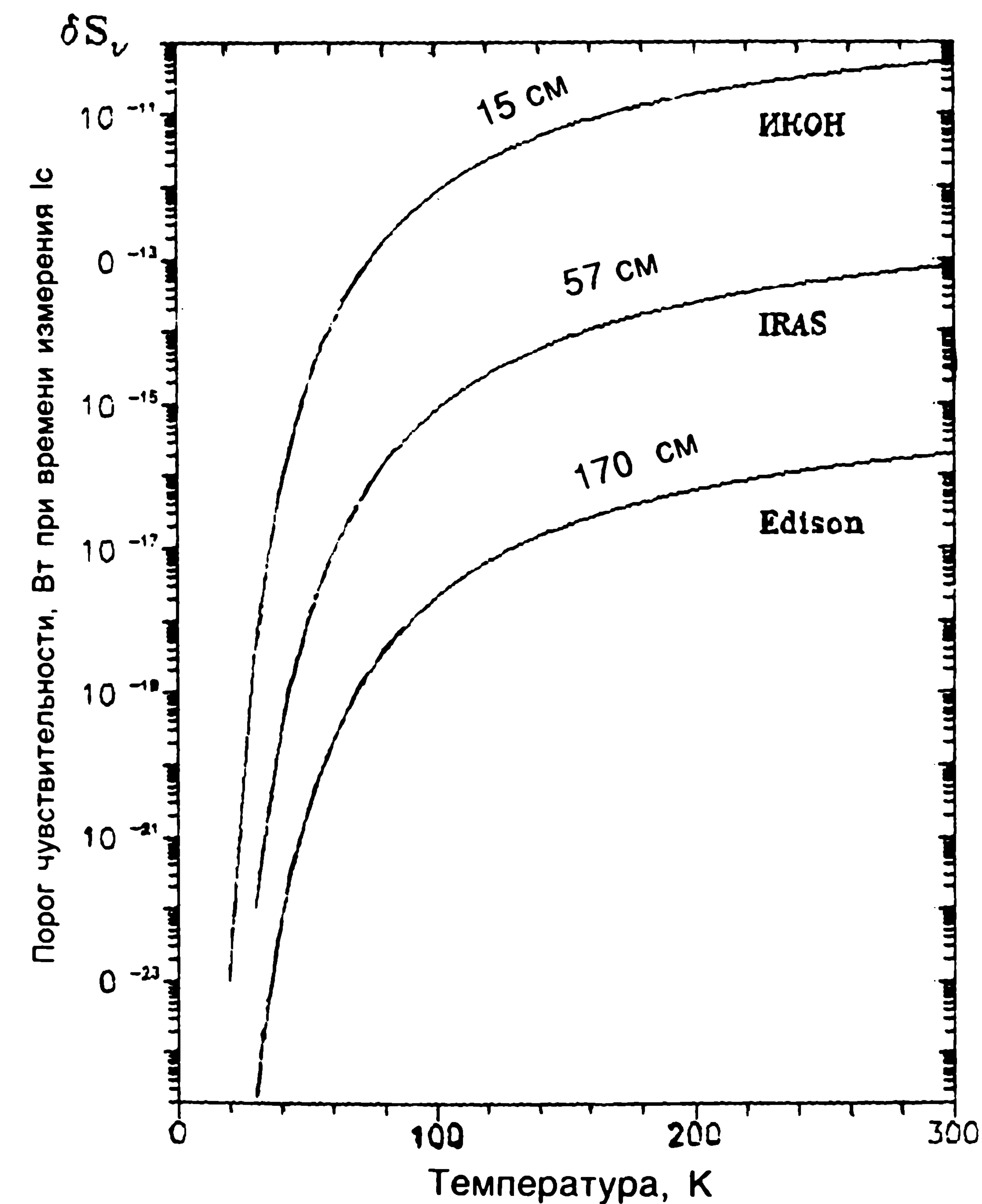
Спутник должен был произвести обзор неба на нескольких «экзотических» длинах волн, и ИК-телескоп, установленный

Пример спектра пропускания земной атмосферы (субмиллиметровая область). По вертикали отложено пропускание (в %), по горизонтали — длина волны (в мм)

на его борту, отличался множеством новых, необычных решений и имел уникальные характеристики. В отличие от крупных стеклянных или кварцевых инструментов, работающих в видимом диапазоне, его оптика была изготовлена фирмой «Перкин Элмер» (США) из бериллия, чтобы уменьшить его массу, свести к минимуму температурные деформации при ее охлаждении до криогенных температур и исключить возможность растрескивания. В результате масса объектива телескопа с облегченной конструкцией главного зеркала (его диаметр — 60 см, входной зрачок 57 см) была всего лишь 72 кг. Для сравнения можно сказать, что масса оптической части аналогичного по диаметру оптического телескопа «Цейсс-600» — более 200 кг. Наблюдения показали, что

дифракционное качество объектива достигалось на волнах 25, 60 и 100 мкм, где ширина кружка рассеяния равнялась 25'', 60'' и 100'' соответственно (в коротковолновом канале — 12 мкм — около 80% света концентрировалось в кружке 25'' вместо планируемых десяти). Излучение боковых источников — Солнца, Луны, Юпитера — ослаблялось блендой телескопа, тщательно зачерненной специальным поглощающим покрытием. Для контроля аппаратуры в полете и проверки ее перед запуском на Земле во вторичном зеркале сделали центральное отверстие, за которым располагались калибровочные излучатели. Кроме того, рядом с обзорными детекторами находился спектрометр низкого разрешения и модуляционный фотометр.

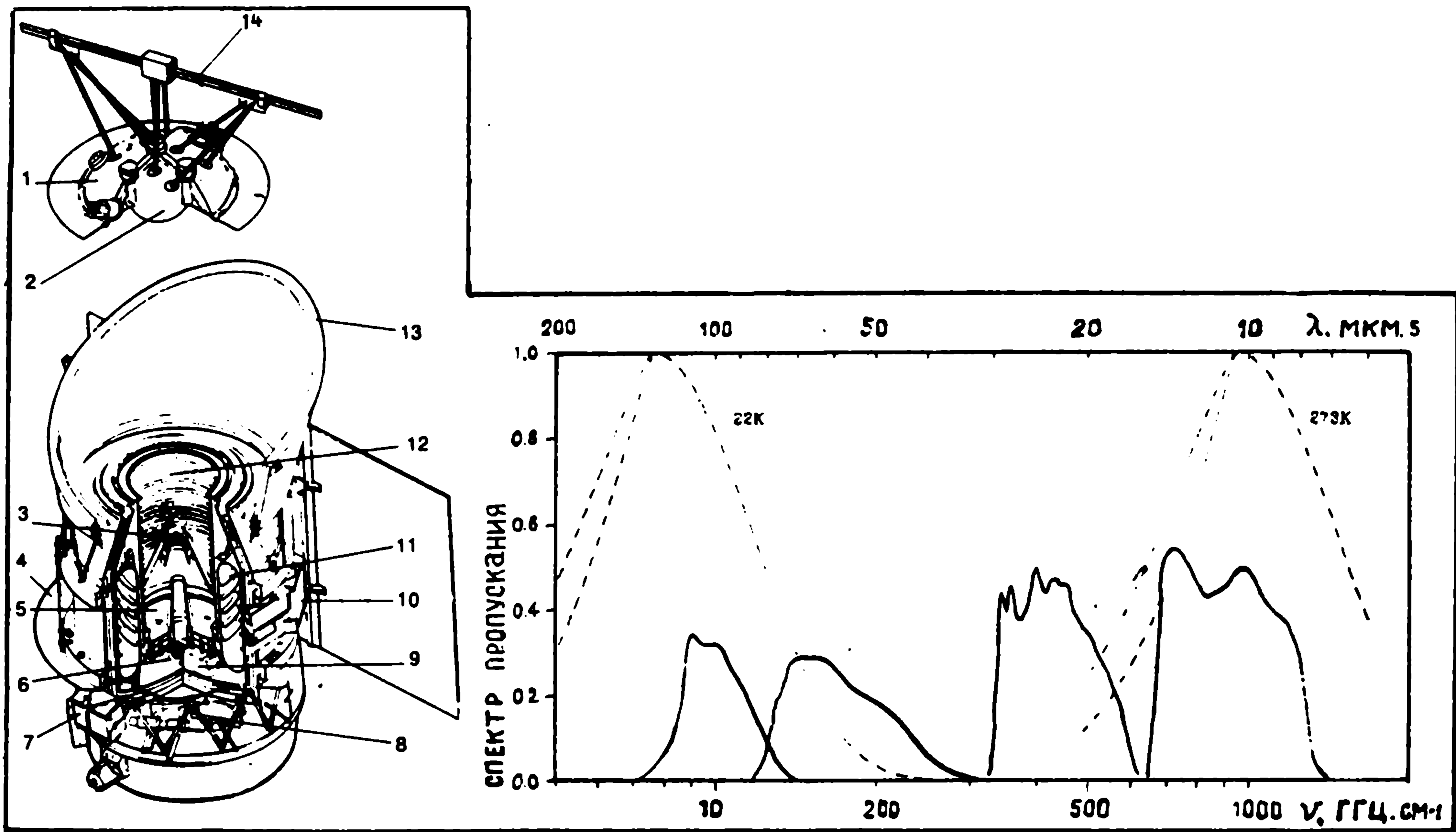
Благодаря тому, что была применена широкоугольная схема Ричи—Кретьена и поле зрения телескопа достигало 1°, в фокальной плоскости удалось разместить более 60 ИК-детекторов из легированного кремния и германия и восемь оптических фотоприемников для регистрации звезд, а также необходимые светофильтры и предварительные усилители. Приемники установили так, чтобы при орбитальном движении звездные изображения пересекали их в поперечном направлении. Каждый из них, что тоже специфично, для длинноволновых инструментов, был установлен в полости с золочеными отражающими стенками. Каждая из спектральных полос, в которых должен был наблюдать IRAS, «вырезалась» многослойными



интерференционными фильтрами, а в диапазонах 60 и 100 мкм еще и дополнительными поглощающими кристаллическими материалами и рассеивающими порошковыми фильтрами, ослаблявшими коротковолновую часть спектра. Эти полосы выбирались так, чтобы регистрировать определенные источники ИК-излучения, например, атмосферы холодных звезд или сильно нагретой околозвездной пыли (2000 К), планет и межпланетной пыли (273 К) и холодного межзвездного вещества. Забегая вперед, можно сказать, что в последней группе, как впоследствии поможет выяснить IRAS, COBE.

График показывает относительную чувствительность нескольких ИК-телескопов в зависимости от температуры и диаметра главного зеркала. Обратите внимание, что с охлаждением телескопа его чувствительность повышается значительно быстрее, чем с увеличением диаметра

оказалось излучение многочисленных галактик, в которых основная масса межзвездной пыли находится при еще более низкой температуре, например, 22 К в Млечном Пути, но это уже результат другого спутника —



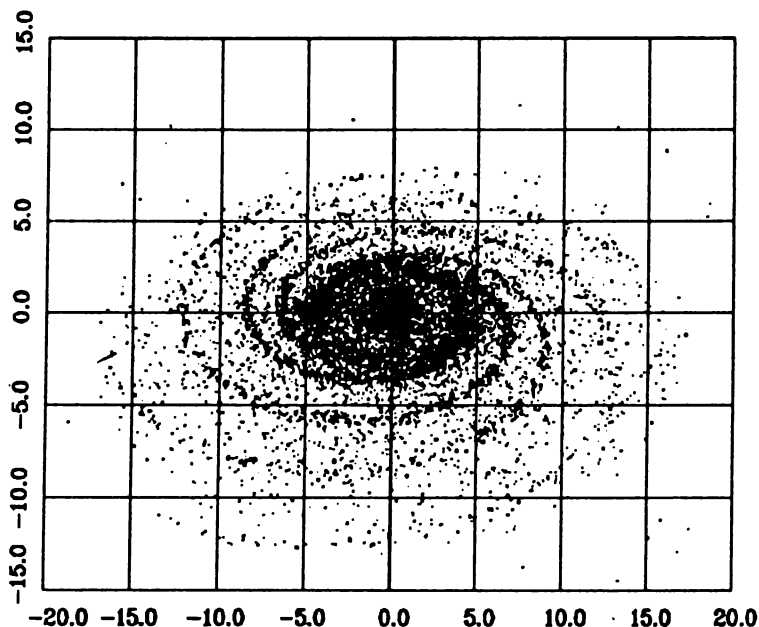
Весь телескоп был заключен в криостате, внутри тороидального бака с жидким гелием (масса которого при пуске составляла 73 кг) и был охлажден еще на Земле до температуры 2—5 К. На детекторах при их включении температура стабилизировалась на уровне 2,6 К. Сам сжиженный газ находился в состоянии непрерывного кипения в сверхтекучем состоянии, когда он обладает повышенной теплотой испарения. Длительность хранения гелия ограничена испарявшими его теплопритоками от наружного кожуха криостата по подвескам, выполненным из низкопроводящего стеклопластика, и тепловым излучением металлических поверхностей. Последнее было максимально снижено промежуточными радиационными экранами и многослойной теплоизоляцией. Дополнительное уменьшение испарения и продление жизни и продук-

тивной работы спутника до 300 сут получили за счет снижения температуры наружного кожуха до 195 К, экранируя весь криостат солнечной батареей. Использование этого фактора (постоянная тень с одной стороны криостата) и, главное, защита самого телескопа от солнечного излучения стали возможны благодаря выбору для спутника солнечно-синхронной орбиты. Дело в том, что мощных помех, создаваемых Землей, можно избежать, лишь сориентировав ось телескопа в противоположную от нее сторону, что на обычных околоземных орбитах затруднительно из-за прямой засветки Солцем на некоторых витках и нестабильности теплового режима приборов в остальное время. Годичное движение Земли вокруг Солнца приводит к его видимому смещению среди звезд на 1° в сутки, и его можно компенсировать

Внешний вид и устройство орбитального ИК-телескопа IRAS. Цифрами обозначены: 1 — сбрасываемая крышка, 2 — бак со сверхкритическим гелием, 3 — вторичное зеркало, 4 — экран, защищающий от земного излучения, 5 — главное зеркало, 6 — комплект фокальных фотоприемников, 7 — датчик горизонта, 8 — заправочные отверстия, 9 — аппаратура дополнительного голландского эксперимента, 10 — блоки электроники, 11 — бак со сверхтекучим гелием, 12 — оптическая бленда, 13 — противосолнечный экран, 14 — система для безмоментного сброса паров гелия. На врезке — полосы пропускания четырех обзорных каналов (сплошные линии) и расчетные спектры излучения черных тел с $T = 273\text{ К}$ и 22 К (характерная температура излучения галактической пыли)

прецессионным поворотом орбиты ИСЗ, используя несферичность Земли. Компенсации достигают, запуская космический аппарат на круговую орбиту с наклоном к экватору 99° («обратное» вращение) и высотой 900

Схема показывает вид нашей Галактики в ИК-лучах из Большого Магелланова Облака. На небе БМО четко различимая спираль Млечного Пути занимает площадь размером $20^\circ \times 35^\circ$ (цифры по осям соответствуют градусам на небесной сфере БМО). Изображение построено после обработки данных IRAS



км. Такой запуск несколько сложнее, чем при выведении на обычную «прямую» орбиту, но достижимый в результате тепловой режим криогенного телескопа и качество получаемой информации гораздо важнее, и это однозначно и решило вопрос¹. Но чтобы дважды или трижды осмотреть большую часть неба и получить при этом надежность каталога 99,8%, пришлось создать дополнительную защиту от Солнца, чтобы можно было время от времени отводить телескоп от местного зенита (например, когда там находилась Луна) и повторно наблюдать наи-

более интересные объекты в почти неисследованном участке спектра 50—100 мкм. Для этого разработчики установили перед апертурой телескопа полуконический экран, защищавший от рассеяния света на элементах конструкции (уменьшить излучение самого экрана удалось, радиационно охладив его до 95 К). Внутри противосолнечного экрана находилась автономно охлаждавшаяся герметичная крышка, которая через неделю после запуска спутника была сброшена, после чего и начались почти непрерывные наблюдения². Чтобы обеспечить высокое качество

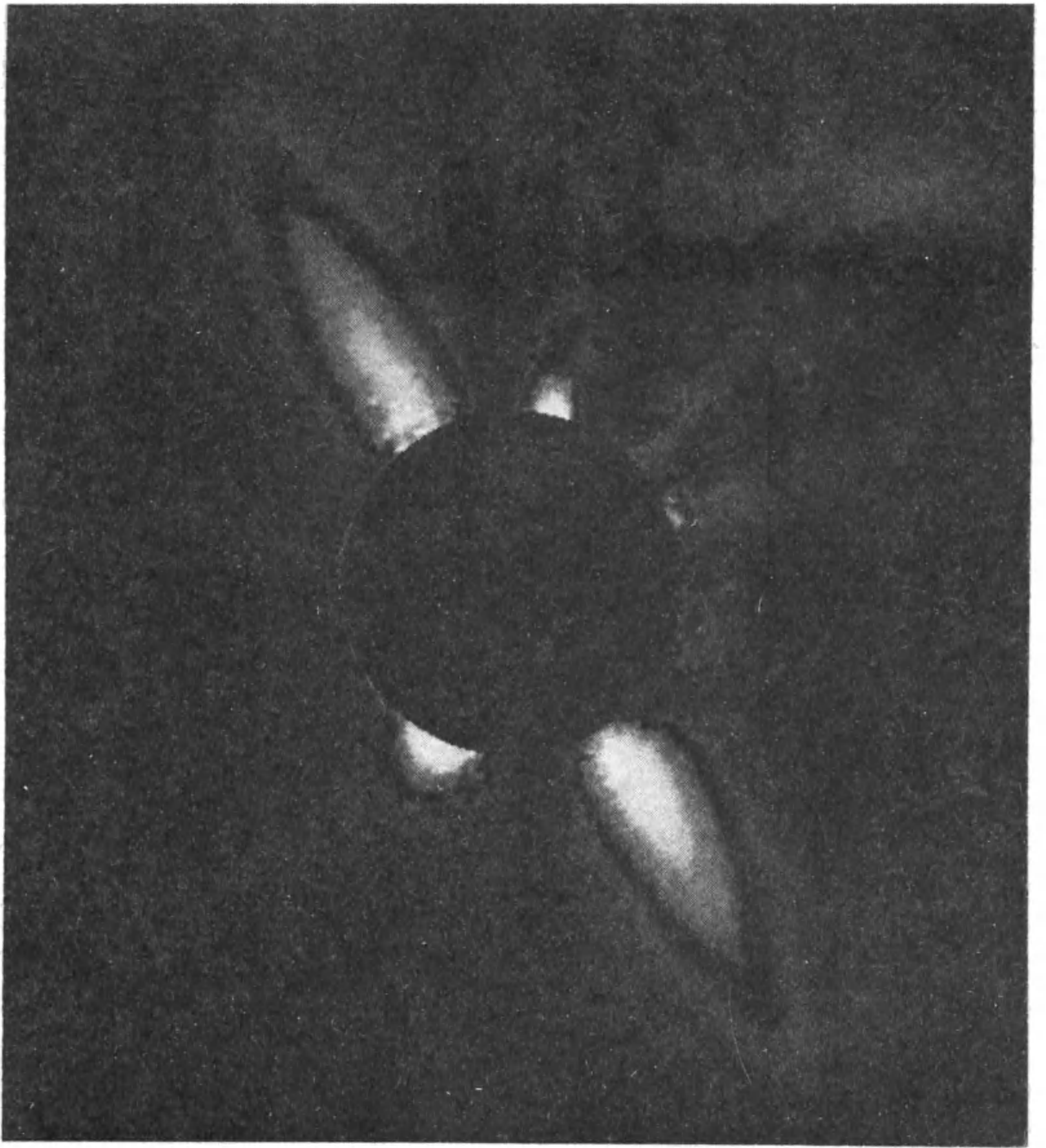
эксперимента, потребовались и другие специфические меры.

IRAS — ТРИУМФ ИК-АСТРОНОМИИ

Телескоп, снабженный служебными системами электропитания, ориентации, телеметрии и управления, передавал информацию каждые 10—14 ч на пункт приема и управления, специально построенный в Англии. Итогом девятимесячной работы стал каталог, содержащий почти 250 тысяч источников ИК-излучения и карты распределения теплового фона с угловым разрешением до $1,5'$. Самые яркие составляющие фона, как оказалось, принадлежат межпланетной и межзвездной пыли, распре-

¹ Готовящийся к запуску в Японии в 1994 г. криогенный телескоп IRTS («Инфракрасный телескоп в космосе») будет «избегать» Солнца по другой схеме — путем синхронизации вращения вокруг своей оси, направленной к Солнцу, с периодом орбиты.

² Наблюдения ненадолго прерывались только над Южной Атлантической аномалией и над станцией приема и управления, когда были слишком велики помехи от заряженных частиц или от передатчика, «сбрасывавшего» информацию на Землю.



деленной преимущественно вдоль плоскости эклиптики и Млечного Пути и раньше наблюдавшейся «урывками» с высотных ракет. IRAS помог ученым построить модели распределения пыли (в общем совпадающие с традиционными картами) по ее эмиссии и по рассеянному ей солнечному (зодиакальному) свету. Точно так же было изучено и распределение высокоширотной галактической пыли — по переизлучению общего света звезд. На картах инфракрасного фона неба обнаружили интересные отличия. Парал-

Среди многочисленных открытий, сделанных с борта спутника IRAS,— протопланетные системы, представляющие собой газопылевые диски вокруг звезд, по спектральному классу близких к Солнцу. Наведя наземный телескоп на одну из таких звезд в Живописца и получив это электронное изображение, ученые впервые смогли увидеть их в видимых лучах

лельно плоскости эклиптики были обнаружены вытянутые «вторичные» полосы, которые предположительно могут принадлежать остаткам столкнувшихся астероидов за орбитой Марса.

Высокая чувствительность приборов IRAS к излучению космического твердого вещества подтвердилась и открытием сотен новых астероидов и ряда комет, а также кометных следов, представляющих собой остатки потерянного кометами вещества. Интересно, что в процессе поиска протяженных образований при обработке данных были найдены также светящиеся следы за искусственными околоземными объектами.

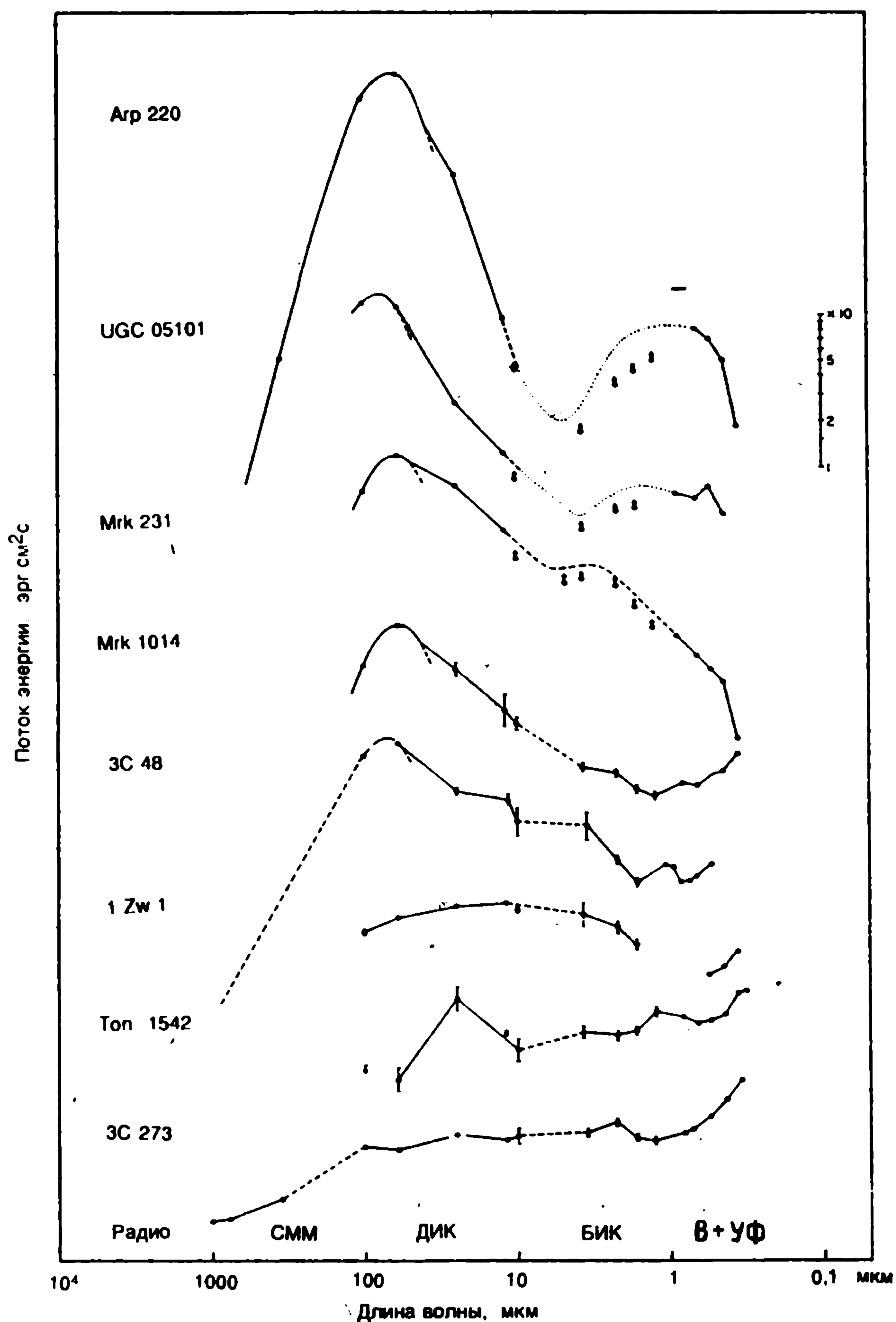
Вне Солнечной системы IRAS нашел две новые протяженные составляющие ИК-излучения. В коротковолновом диапазоне (12 мкм) спутник регулярно регистрировал избыток, оказавшийся излучением мельчайших пылинок и органических молекул (полиароматических углеводородов, ПАУ) в плоскости Млечного Пути. ИК-полосы этих веществ, наблюдаемые на наземных телескопах в спектральном интервале 3—12 мкм, лучше всего отождествляются с продуктами сгорания бензина (автомобильная сажа!). Еще предстоит выяснить, являются ли источниками ПАУ верхние атмосферы звезд или межзвездные молекулярно-пылевые облака. На другом участке своего рабочего диапазона, на длине волны 100 мкм, IRAS обнаружил локальные избытки излучения от холодных и протяженных

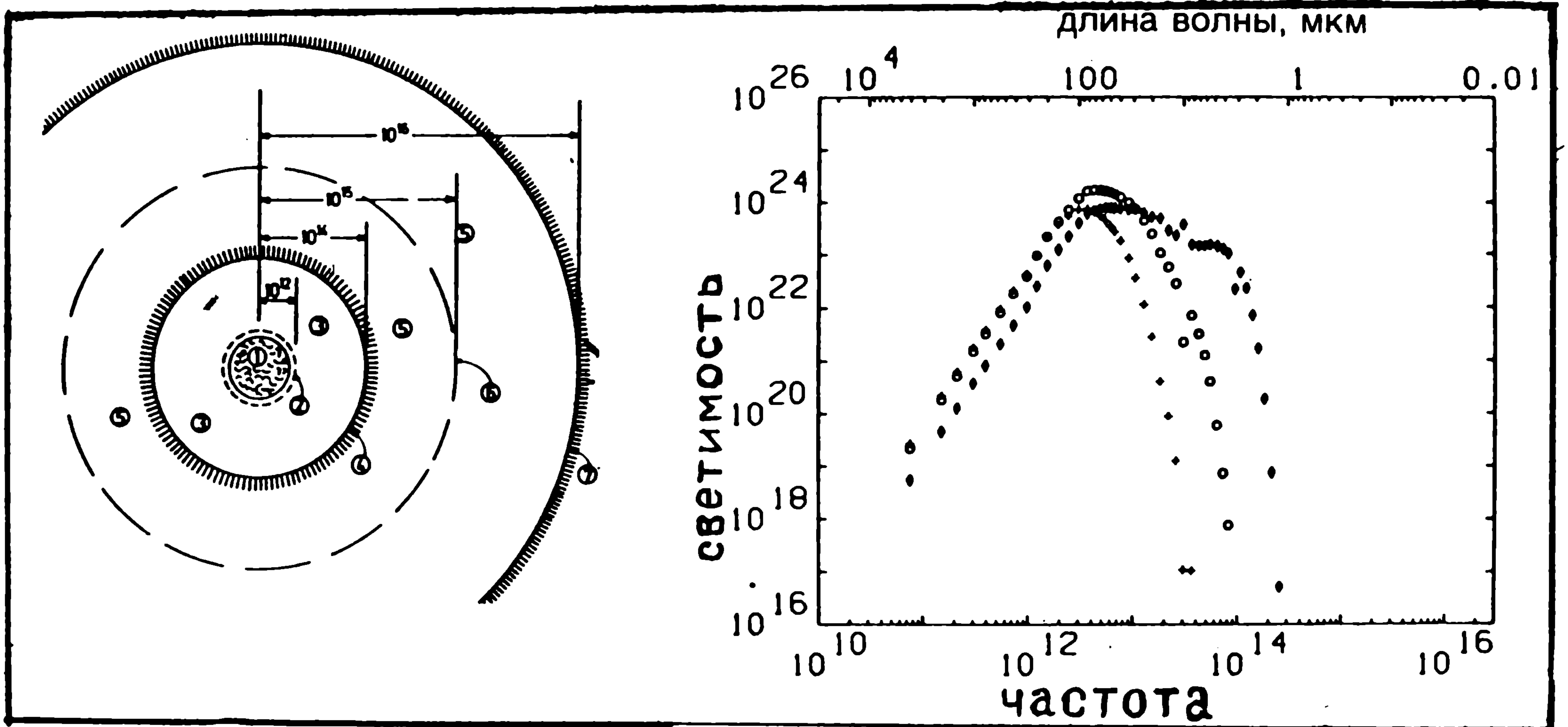
высокоширотных газопылевых облаков, названных циррусами.

Составление каталога зарегистрированных спутником астрономических объектов стало возможным после трудоемкой процедуры их выделения на фоне мешающих околоземных сигналов и космических лучей. Далекие источники излучения опознавались по повторяемости их сигналов — импульсов определенной длительности — на соседних фотоприемниках (через несколько секунд), на соседних витках (через несколько часов) и в различных положениях плоскости орбиты относительно

Энергетические спектры некоторых ИК-галактик ультравысокой светимости и квазаров. Исчезновение избытка ИК-излучения (понижение кривой в левой части спектра) связано с возрастом объекта (чем ниже объект на графике, тем он старше) и объясняется «выметанием» из него пыли жестким излучением и потоками частиц

Солнца (через несколько недель). Отсутствие каких-либо из этих повторений служило основанием для исключения сигнала как результата воздействия заряженных частиц космических лучей,





Строение и размеры (в см) сжимающегося протозвездного облака после формирования его центрального ядра (слева) и предвычисленные ИК-спектры (разные модели) его излучения (начальная масса $10 M_{\odot}$)

генерирующих импульсы лишь в одном из фотоприемников, либо околоземных объектов и обломков, видимых только на соседних фотоприемниках. Опыты по опознаванию объектов Солнечной системы производилось по смещению среди звезд за несколько недель.

Основная часть информации в полученном в результате наблюдений банке данных относится к звездам самых разнообразных спектров — от «падающих» с длиной волны у нормальных звезд до «растущих» у окруженных массивными пылевыми оболочками.

Сюрприз преподнесла одна из близких и, казалось бы, хорошо изученных звезд — α Лиры,

Вега. У этой горячей звезды спектрального класса A0, многие годы из-за простоты спектра служившей стандартом, неожиданно был обнаружен ИК-избыток над продолжением спектра самой звезды, который по аналогии с другими, более далекими звездами, был объяснен присутствием вблизи Веги твердого вещества. Угловой размер облака этих частиц был оценен в $20''$, а цветовая температура излучения указывает на радиус их орбит около 80 а.е. При возрасте звезды 300 млн лет, определенном для главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга—Рессела, отсутствуют мелкие пылинки, и должны преобладать крупные тела размером более 1 мм.

Важное достижение команды IRAS в понимании эволюции активных галактик и квазаров — открытие инфракрасных галактик или так называемых галактик ультравысокой светимости. По-видимо-

му, столкновения обычных галактик или, как стало модно говорить, «каннибализм» самых массивных из них приводит к поддержанию вспышки звездообразования по всему объему межзвездного вещества и активности ядра (аккрецией вещества на центральное тело). Эти объекты фактически — скрытые инфракрасные квазары, которые становятся оптически видимыми после выдувания пыли под воздействием жесткого излучения и звездного ветра. При этом основная часть излучения перемещается из ИК-диапазона через видимый и ультрафиолетовый в область высоких энергий. Недавно в архиве данных IRAS обнаружен объект с красным смещением $Z = 2,29$ и с рекордно высокой светимостью — около ста тысяч миллиардов Солнц. Это, по-видимому, протогалактика, обладающая большим количеством газа и очень яркой смещенной линией H_{α} . Знаменитая линия наблюдается у нее

вместо своего обычного места (на длине волны $\lambda_0 = 656 \text{ нм}$) на $\lambda = \lambda_0 (1 + Z) = 2,16 \text{ мкм}$.

Если IRAS, обладавший низким угловым разрешением, сыграл роль «навигатора» для крупных наземных телескопов, то будущие космические проекты нацелены на объединение высокой чувствительности и разрешения.

COBE, ISO И ДРУГИЕ

Следующим за IRAS стал спутник COBE, получивший прекрасные результаты, от обработки которых сейчас ожидают очень многого (Земля и Вселенная, 1993, № 2, с. 18). На COBE для охлаждения приборов использовали такой же, как на IRAS, гелиевый криостат, и запущен он был в 1989 г. на аналогичную орбиту. Угловое разрешение телескопов COBE значительно ниже, чем у его предшественника, поэтому импульсные сигналы от внешних источников излучения были недостаточно короткими для их надежной регистрации на фоне температурных дрейфов, изменяющихся вне боковых засветок Солнцем, Землей и другими тепловыми помехами. Поэтому COBE придали постоянное вращение вокруг своей оси (с периодом около 50 с), направленной в местный зенит, и каждому внешнему источнику или неоднородности фона на выходе приемников соответствовал легко отличимый периодический сигнал.

Хотя жидкий гелий, охлаждавший ИК- и СММ-приборы COBE, кончился примерно через 10 месяцев полета, медленный рост температуры в кри-

остате, в котором, как и у IRASa, находились телескопы, позволил вести измерения в высоковольтных каналах еще более года.

Одной из научных задач, стоящих перед коллективом COBE, было оценить возможный вклад, внесенный «ранними» галактиками в эпоху их образования, в общий фон неба. Этот вклад может проявиться, вообще говоря, в двух областях спектра — в ближней инфракрасной (1—5 мкм), куда из-за общего расширения Вселенной смещается (за счет красного смещения) УФ-излучение ранних звезд, и в субмиллиметровой (100—1000 мкм), куда аналогичным образом должны сместиться ИК-избытки от пыли, нагретой ультрафиолетовым излучением звезд. Поскольку речь идет об изотропном внегалактическом излучении, наблюдавшемся ранее с высотных ракет в области максимума спектральной яркости группой профессора Т. Мацумото (Нагойский университет, Япония), еще требуется тщательное исключение более близких составляющих фона — эклиптической и галактической. Данные COBE вполне способны подтвердить или опровергнуть открытие японских ученых (1988 г.) и по результатам изучения спектров (минимальная длина волны 1,25 мкм короче в 10 раз по сравнению с IRAS), и по выделению зодиакального света при помощи проведенных поляризационных

³ С радиометров миллиметрового диапазона, не требующих криогенного охлаждения, продолжает поступать информация.

измерений (каналы 1,25; 2,2 и 3,5 мкм). Что касается СММ-избытков, то никаких отклонений, кроме принадлежащего пыли нашей Галактики, от равновесного спектра с температурой 2,73 К COBE не обнаружил. Возможно, ясность в этот вопрос внесут сами японцы, которые собираются запустить в 1994 г. небольшой охлаждаемый телескоп с диаметром объектива 15 см, с угловым разрешением впятеро лучшим, чем у COBE, и это поможет уменьшить «вклад звезд» в общий фон. Запас жидкого гелия и экваториальная орбита ограничивают время функционирования спутника одним месяцем (на высотной ракете наблюдения продолжают обычно пять минут).

Европейское космическое агентство готовит к запуску на орбиту, тоже в 1994 г., целую ИК-обсерваторию ISO, в составе которой имеется аналогичный IRAS телескоп с четырьмя значительно более мощными фокальными приборами, которые будут получать спектры и изображения в диапазоне длин волн от 1 до 200 мкм в течение 1,5 лет. ISO планируется вывести ракетой-носителем Ариан-IV на эллиптическую орбиту с периодом 12 ч, и тепловая защита телескопа обеспечивается его ориентацией по программе. О степени насыщенности программы свидетельствует то, что некоторые приборы обсерватории, например ИЗОФОТ, будут регистрировать внешние излучения даже в периоды

перенаведения телескопа между экспозициями.

Еще более мощная ИК-обсерватория, названная SIRTf, готовится к запуску в США. Это космический ИК-телескоп-лаборатория с диаметром главного зеркала 85 см, с широким набором фокальных приборов и точностью системы астроориентации и стабилизации лучше 0,1". Запуск этого охлаждаемого инструмента на круговую орбиту высотой 100 тыс. км и запас гелия должны обеспечить его функционирование в течение 5 лет.

Проекты более крупных телескопов с диаметром 4—10 м, разрабатываемые для СММ-диапазона, предусматривают умеренное радиационное охлаждение зеркал вблизи Земли. Но недавно на конкурс Европейского космического агентства большой группой ученых Европы, США, России и Японии представлен проект ИК-телескопа диаметром 1,7 м, который по замыслу инициативной группы должен радиационно, без применения криоагентов охладиться до температуры около 20 К. Для этого телескоп придется запускать на орбиту спутника Солнца в одну из точек Лагранжа, где он будет постоянно экранирован от тепловой засветки Солнца, Земли и Луны. Охлаждение фотоприемников до более низких температур предоставляется газохолодильным машинам замкнутого цикла, которые проходят испытания на ИСЗ и в Резерфордской лабо-

ратории (Англия) и способны обеспечить его работу в течение 10 лет.

На примере ИК-астрономии хорошо прослеживается прогресс космических методов исследований. Если в спутниках COBE и IRAS стабильный тепловой режим обеспечивается большим наклоном и солнечно-синхронной прецессией низкой орбиты, а в японском IRTS — синхронизацией собственного вращения с орбитальным периодом, то в SIRTf и в «Эдисоне» это будет достигнуто запуском на высокие орбиты вокруг Земли и даже вокруг Солнца. В нашей стране удобен для установки ИК-телескопов высокоэллиптический спутник «Прогноз», благодаря солнечной ориентации имеющий постоянную тень зону и длительное время находящийся в апогейной зоне вдали от Земли.

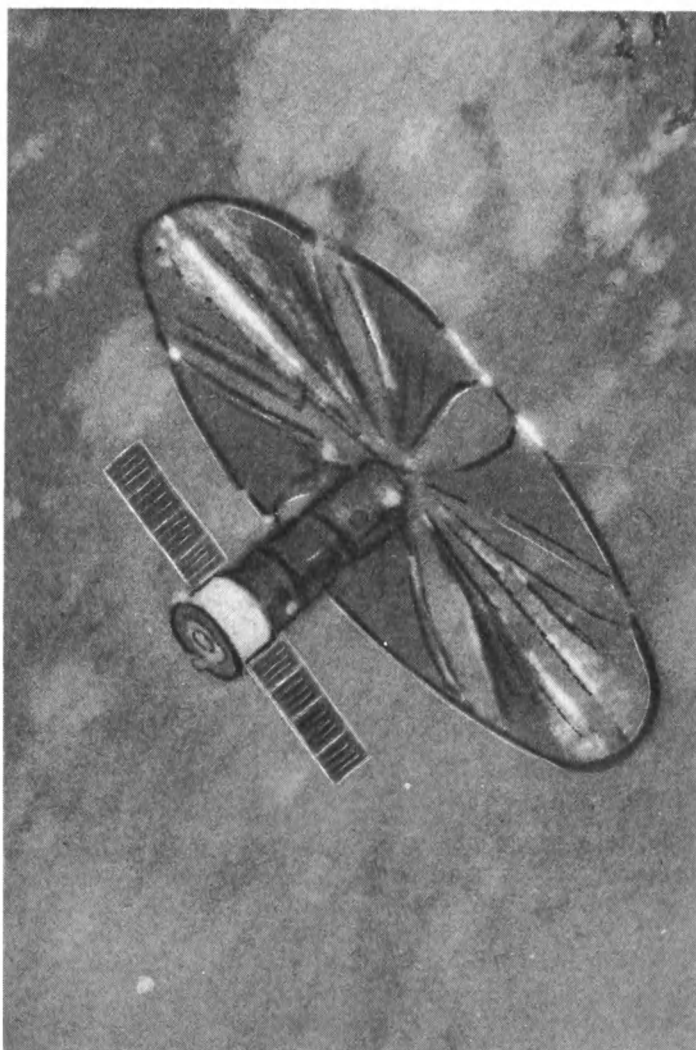
О возможностях проекта «Эдисон» говорит то, что его аппаратура, возможно, сможет зарегистрировать планеты около других звезд и даже признаки присутствия на них жизни. Не менее высокие характеристики внеатмосферных телескопов нужны и для исследований переменной квазаров, ведь именно в ИК-диапазоне существуют наибольшие шансы увидеть эволюцию квазаров по световым эхо, оставшимся вокруг них в процессе эволюции от протогалактик или ИК-галактик ультравысокой светимости. Такие гало, возникающие

вследствие рассеяния на электронах межгалактического газа, будут выглядеть значительно ярче при смещении спектров ИК-галактик в сторону длинных волн. Разработанная методика их обнаружения, возможно, позволит проверить наши представления о взаимодействии с окружающим газом и долговременной эволюции сверхмассивных черных дыр.

Разрабатывается и небольшой отечественный проект ИК обзора неба ИКОН с телескопом диаметром 15 см для уточнения модели нашей Галактики и распределения в ней органических молекул ПАУ (широкоугольный 4-зеркальный металлообъектив «Асфар-22», изготовленный в ВНЦ ГОИ им. С. И. Вавилова, показал в неохлажденном состоянии качество изображения, не уступающее телескопу IRAS). Благодаря большому полю зрения, около 5°, телескоп сможет многократно регистрировать все астрономические, в том числе и переменные, объекты, практически неизученные в ИК-диапазоне, а время жизни телескопа (при периодическом отогреве вблизи перигея) может быть сделано, по «идеологии» «Эдисона», очень большим. Получение последующих ИК-каталогов (вслед за спутником IRAS) и их сравнение выявят вспышки протозвезд и сверхновых звезд в нашей Галактике, скрытых пылевым поглощением.

«Знамя» над Землей

В. С. СЫРОМЯТНИКОВ,
доктор технических наук
Е. Н. РЯБКО
НПО «Энергия», консорциум «Космическая регата»



В НАЧАЛЕ НОВОЙ ЭРЫ

Вся жизнь на нашей планете неразрывно связана с космосом и целиком зависит от влияния Солнца, Луны, космических лучей и множества других явлений. Воздействовать на них человечество пока не в силах, но оно уже пытается поставить их на службу себе, хотя познание космоса и проникновение в его неограниченные пределы только-только начинаются. Теперь, наконец, для человека настала пора выйти в истинно трехмерное космическое пространство, что, как предсказывал К. Э. Циолковский, будет иметь немаловажное практическое значение, поскольку земных ресурсов стало явно недостаточно для обеспечения безграничного распространения жизни.

Уже появились новые области производства, связанные с космической промышленностью, многие технологии, разработанные при создании ор-

битального комплекса многоразовой транспортной системы «Спейс Шаттл», внедряются в земные производства. Эти технологии, да и сам космос, уже становятся одним из самых ценных ресурсов современной цивилизации. Поэтому на первый план выдвигаются следующие направления работы и исследований:

— создание орбитальных международных комплексов;

— доставка и возврат грузов по межорбитальным трассам;

— организация производства на околоземных орбитах;

— освоение Луны;

— космическое освещение и создание других энергетических систем.

Решением этих задач уже многие годы занимаются ученые и инженеры передовых стран мира, однако практическое применение разработок происходит слишком медленно, несмотря на то, что в отрасль вносятся огромные капиталовложения как государственные, так и частные. В их числе «энергетическое» направление и освещение из космоса — одно из главных.

ПАРУСА И ОТРАЖАТЕЛИ

Мечта о рукотворном ночном светиле зародилась еще в 20—30-е годы. Наш соотечественник Ф. А. Цандер, известный своими многочисленными трудами в области космонавтики, предложил выводить на орбиту космические зеркала (отра-

жатели), передающие световую энергию Солнца на поверхность Земли для непосредственного использования. Однако в силу многих причин тогда идея не привлекла особого внимания ученых и инженеров, лишь отдельные энтузиасты продолжали работать в этом направлении. Среди них были немецкий профессор Г. Оберт и его ученик К. Эрике, внесшие огромный вклад в теоретические основы будущих космических систем. Затем идея оказалась на многие годы забытой...

Лишь в настоящее время появились технические возможности реализации этих когда-то фантастических идей; нынешний уровень развития ракетно-космической техники уже позволяет выводить на орбиту полезные грузы в несколько десятков тонн и разворачивать там по-настоящему крупногабаритные конструкции.

Дополнительным импульсом развития работ по созданию таких сооружений площадью в несколько гектаров послужил конкурс, объявленный в 1989 г. юбилейной комиссией Конгресса США. В рамках конкурса, названного «Колумб-500», организаторы призвали к созданию солнечных парусных кораблей для проведения космической регаты и приуроченной к 500-летию открытия Америки.

Россия также включилась в подготовку этого уникального мероприятия. Среди всего разнообразия представленных на

конкурс проектов особой оригинальностью конструкторского решения, минимальной массой и простотой управления отличалась концепция, предложенная российским участником — консорциумом «Космическая регата», созданным ведущими предприятиями космической отрасли России во главе с НПО «Энергия». В его задачи входят организация и финансирование работ по таким направлениям:

— солнечный парусный корабль;

— система космического освещения;

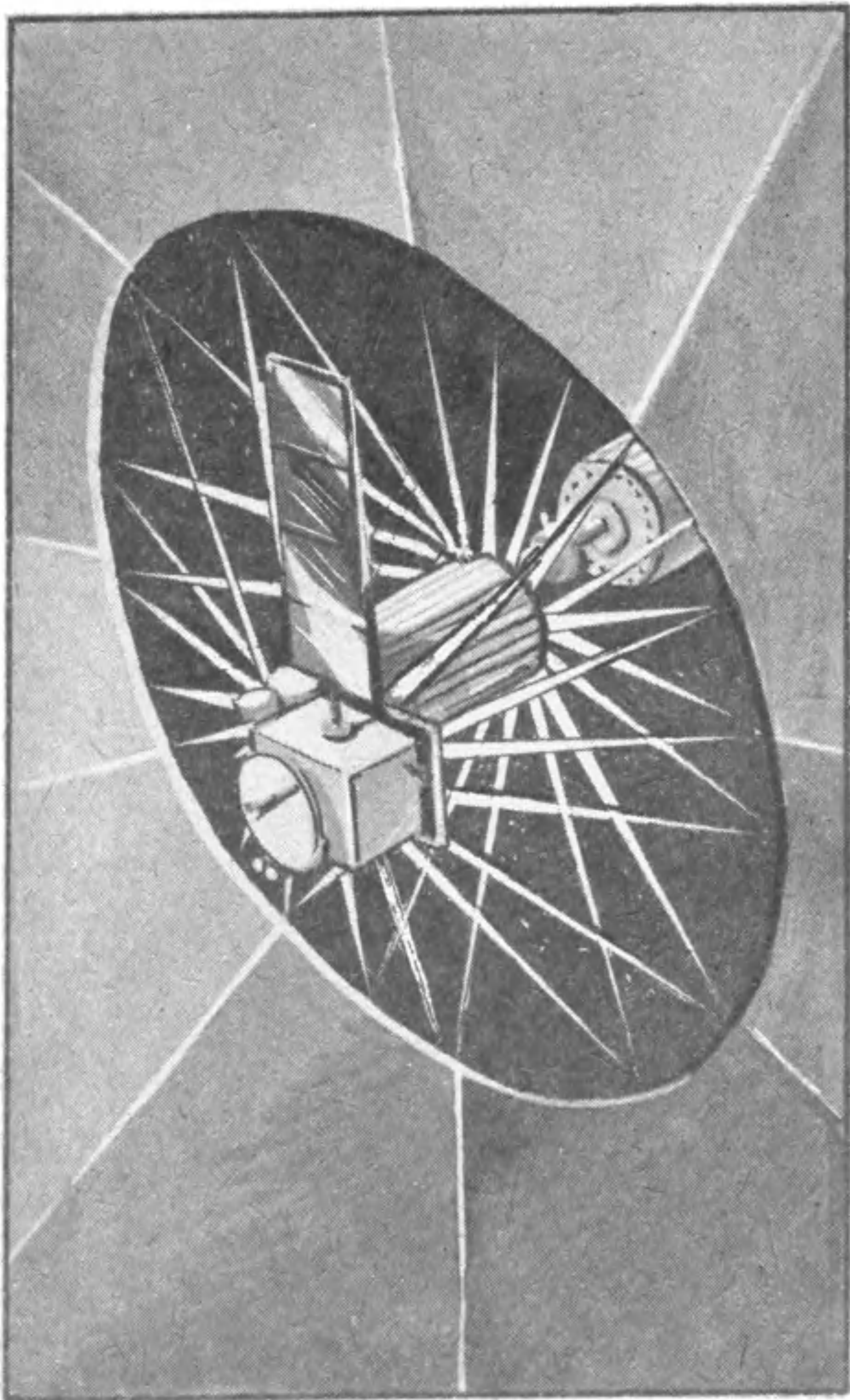
— ретрансляция энергии теле-радиосвязи;

— очистка космоса от технологических осколков.

К сожалению, конкурс не получил дальнейшего развития, и разработка солнечных парусов не была доведена до практической реализации. Лишь консорциум «Космическая регата» упорно продолжал начатые разработки, и к юбилейным торжествам в Америке на околоземную орбиту был выведен грузовой транспортный корабль «Прогресс-М» с первым в истории солнечным парусом на борту, который был успешно развернут в космосе 4 февраля 1993 г.

СОЛНЕЧНЫЙ ПАРУСНЫЙ КОРАБЛЬ

При разработке концепции принципиально нового средства передвижения в космосе консорциум «Космическая регата» основывался на технических требованиях, сформулированных юби-



Так выглядит солнечный парусный корабль из проекта консорциума «Космическая регата»

лейной комиссией: солнечные парусные корабли (СПК) после вывода на начальную стартовую орбиту должны развернуть свои паруса и, управляя ими, начать постепенный разгон по спиральной траектории. Далее они должны были облететь Луну и, выйдя на траекторию перелета к Марсу, достичь его поверхности или совершить пролет вблизи планеты. Но что же из себя представляет такой аппарат?

Солнечный парусный

корабль — это космический аппарат нового типа с массой в несколько сотен килограммов и площадью парусов в несколько гектаров, движущийся под действием солнечного света, разгоняемый и управляемый автономно, без затрат рабочего тела двигателя. Его конструкция имеет два кольцевых бескаркасных, вращающихся в разные стороны пленочных паруса, поддерживающих свою форму под действием центробежных сил.

Управляется и ориентируется корабль за счет использования гироскопических сил.

Проделанная работа показала уникальность и сложность поставленных задач, среди которых можно отметить такие:

- создание конструкции развернутого паруса большой площади;

- управление ориентации паруса в пространстве;

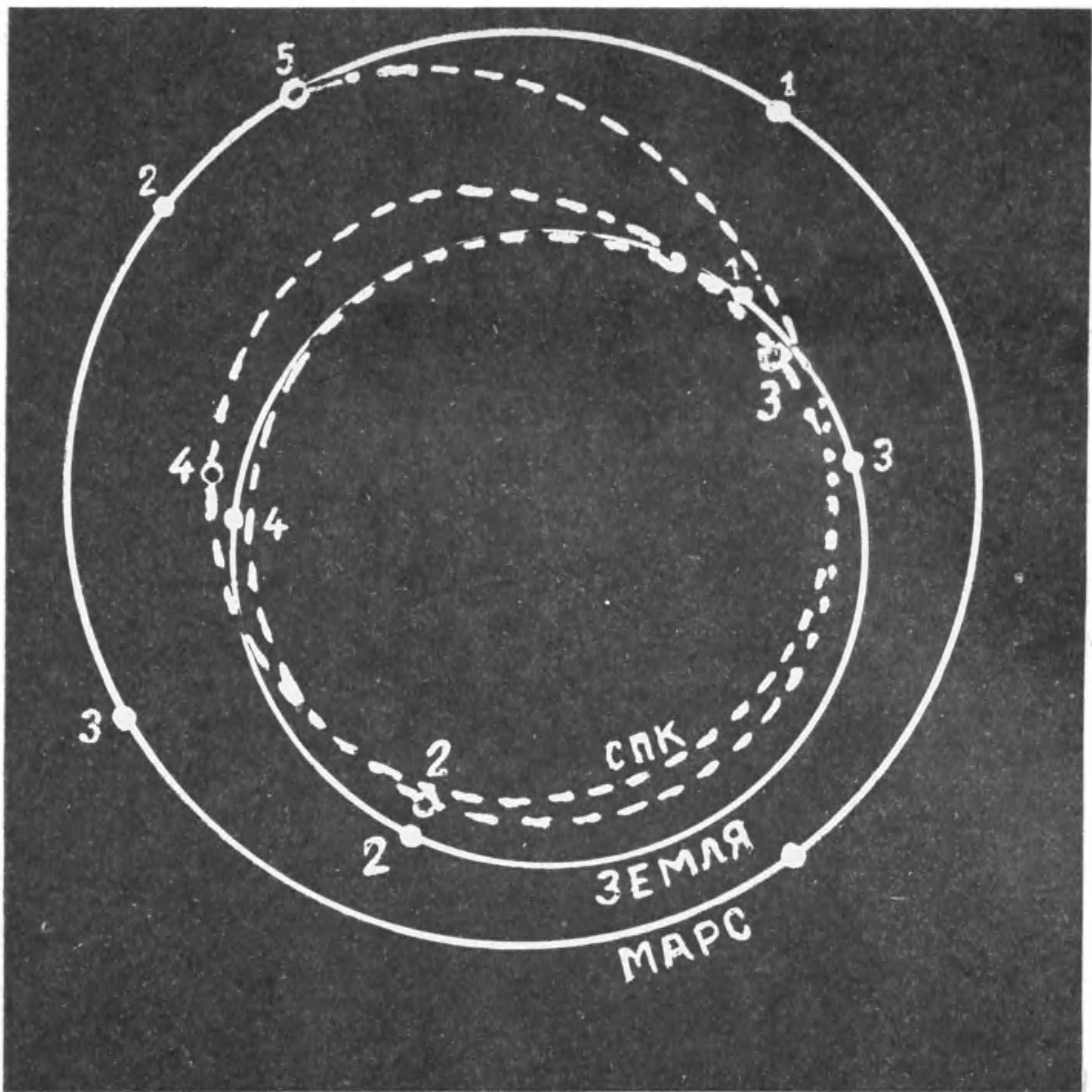
- баллистический расчет движения под действием давления солнечного света;

- необходимость создания бортовой аппаратуры при малом лимите массы.

Эти и многие другие проблемы удалось решить; результатом работы стала совершенно новая конструкция корабля с оригинальной компоновкой и укладкой пленки большой площади.

Основными элементами парусника являются центральный вал (ЦВ), парус основной (ПО) и парус управляемый (ПУ), приборный контейнер (ПК).

Центральный вал — несущая основа конструкции, включающая приводы вращения парусов и управления ориентацией, элементы электропитания устройства складывания и развертывания и другие механизмы. Каждый из парусов состоит из нескольких сегментов, соединенных тросами с ба-



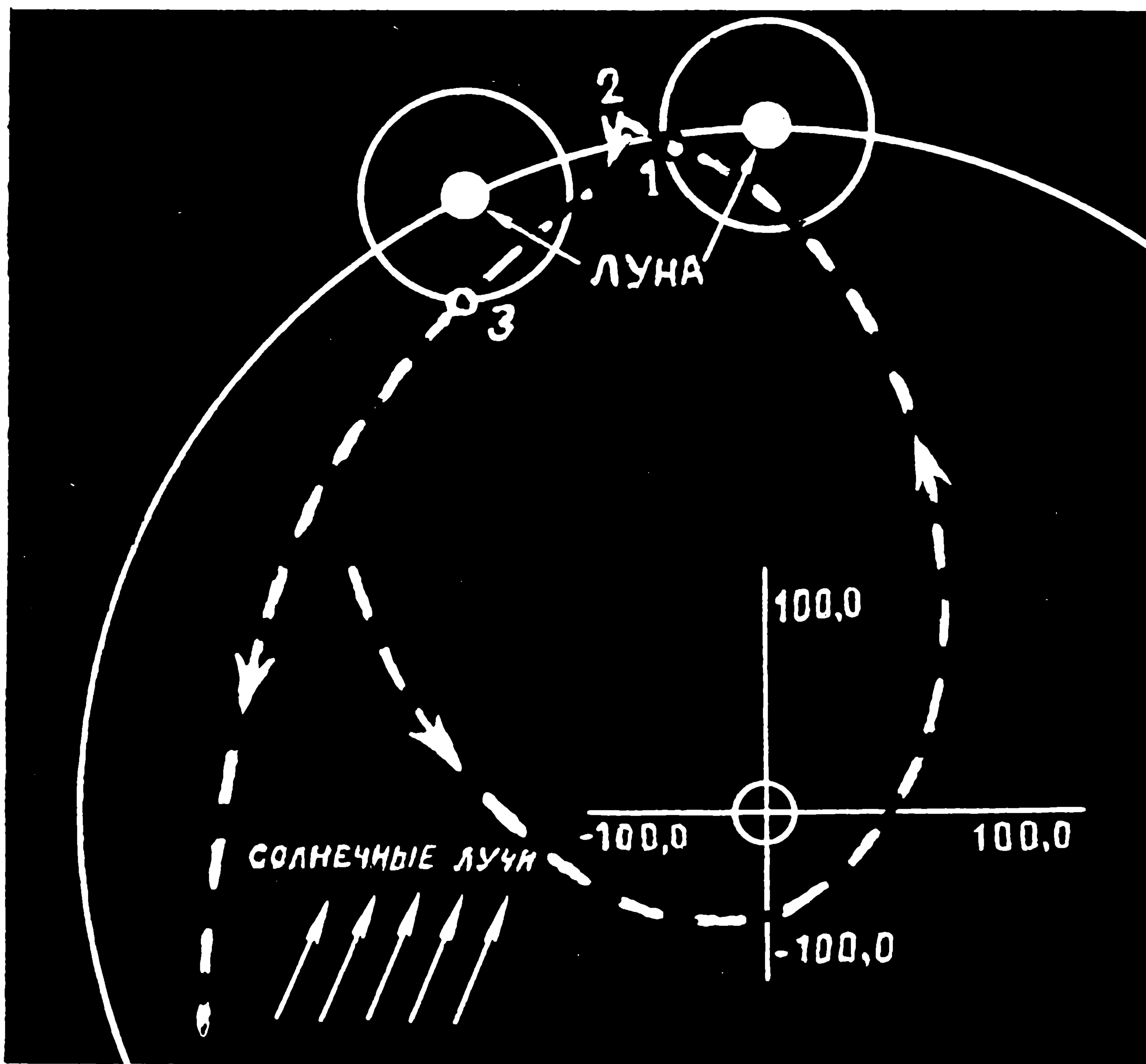
Траектория перелета солнечного парусного корабля от Земли к Марсу. Разгон корабля производится только с использованием давления солнечного ветра. Цифрами обозначено взаимное расположение объектов в одни и те же моменты времени

рабанами, установленными на ЦВ. По наружному периметру все сегменты соединены между собой. ПУ способен изменять свою конфигурацию: внутренние края отдельных сегментов, образующих кольцо, смещаются поочередно в разные сто-

роны в осевом направлении; это смещение можно равномерно менять, регулируя «конусность» для изменения момента относительно поперечных осей. Дополнительно можно закручивать внутренние края сегментов, придавая кольцу винтообразность, при этом создается внешний момент относительно предельной оси. Регулирование осуществляется приводами четных и нечетных сегментов. Таким образом, парус позволяет компенсировать возму-

щения, накопленные от действия внешних сил, чтобы обеспечить устойчивость и управляемость системы в течение всего полета.

Навигационная и другая служебная аппаратура размещена в приборном контейнере, соединенном с центральным валом, стабилизированным относительно вращающихся парусов. Работа бортового комплекса управления основана на использовании бесплатформенной инерциальной навигационной системы, в основе кото-



рой — бортовая цифровая вычислительная машина. Электропитание на борту поддерживается с помощью солнечных батарей.

Корабль выводится сначала ракетой-носителем на начальную низкую околоземную орбиту высотой около 200 км. Затем при помощи разгонного блока он переводится на стартовую орбиту высотой в несколько тысяч километров. Продолжительность этих операций составит около 48 ч, после чего производится разворачивание парусов, и под действием солнечного света корабль начинает разгон по спиральной тра-

ектории. Управляя ориентацией паруса, добиваются превращения орбиты в эллиптическую с постоянно возрастающим апогеем. Длительность разгона к Луне в этом случае составит около 120 сут. Время старта, а затем и операции в ходе разгона выбирается так, чтобы парусник вышел в заданную область гравитационного поля Луны. Это позволит решить следующую задачу — перевести СПК на траекторию межпланетного полета к Марсу. Взаимное положение Земли и Марса на этом этапе тоже подбирается так, чтобы вначале уменьшить период

Участок траектории солнечного парусника, участвующего в «космической гонке» к Марсу. На завершающей стадии одного из спиральных витков орбиты, по которой он удаляется от Земли, парусник входит в сферу воздействия Луны, совершает гравитационный маневр в ее поле тяготения и, ускорившись, переходит на траекторию межпланетного перелета

гелиоцентрической орбиты («торможение»), а затем афелий орбиты увеличить, чтобы достичь орбиты Марса («разгон»). Суммарное время, требуемое СПК для достижения Марса, составит около 2,5 лет.

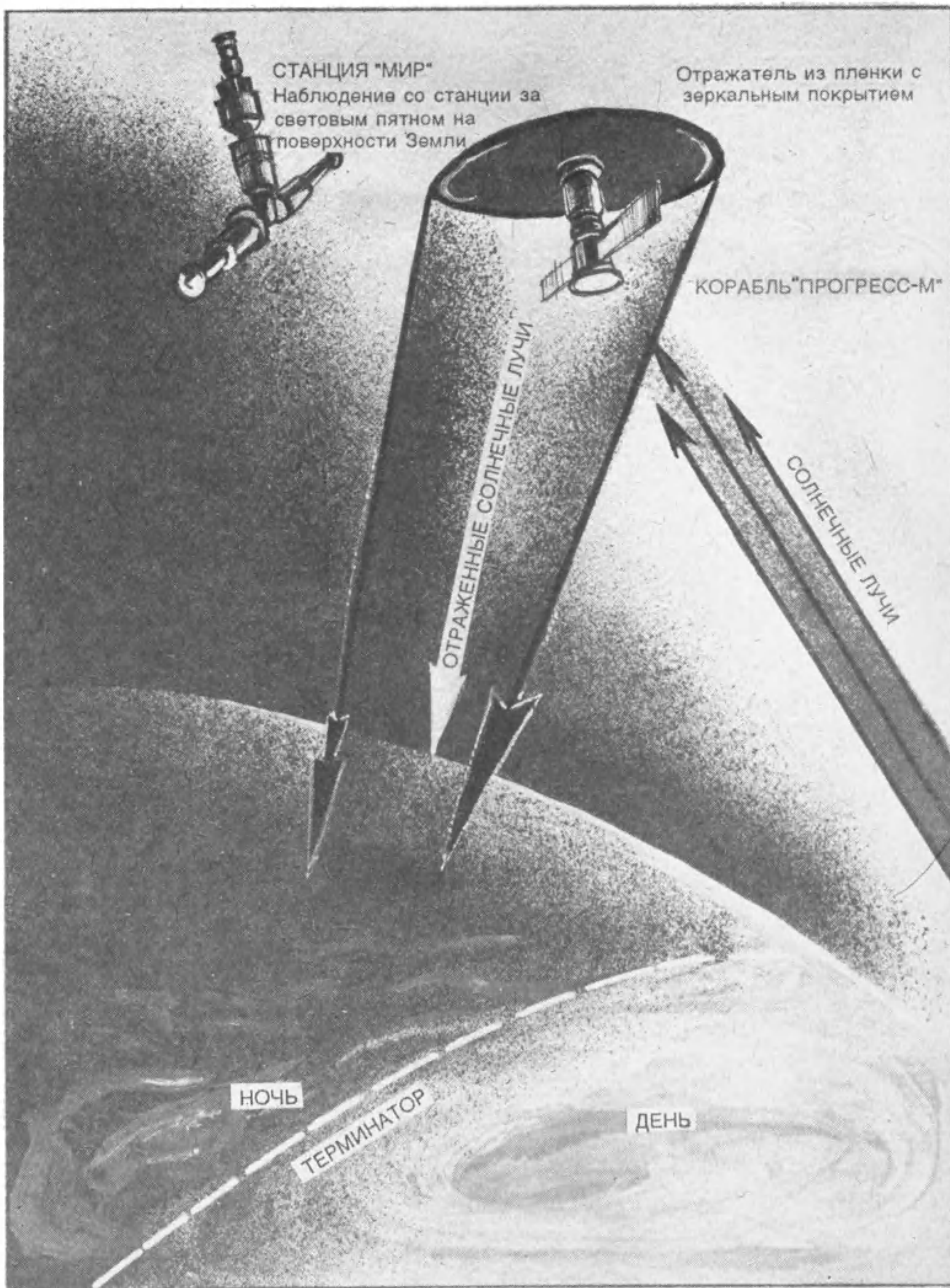
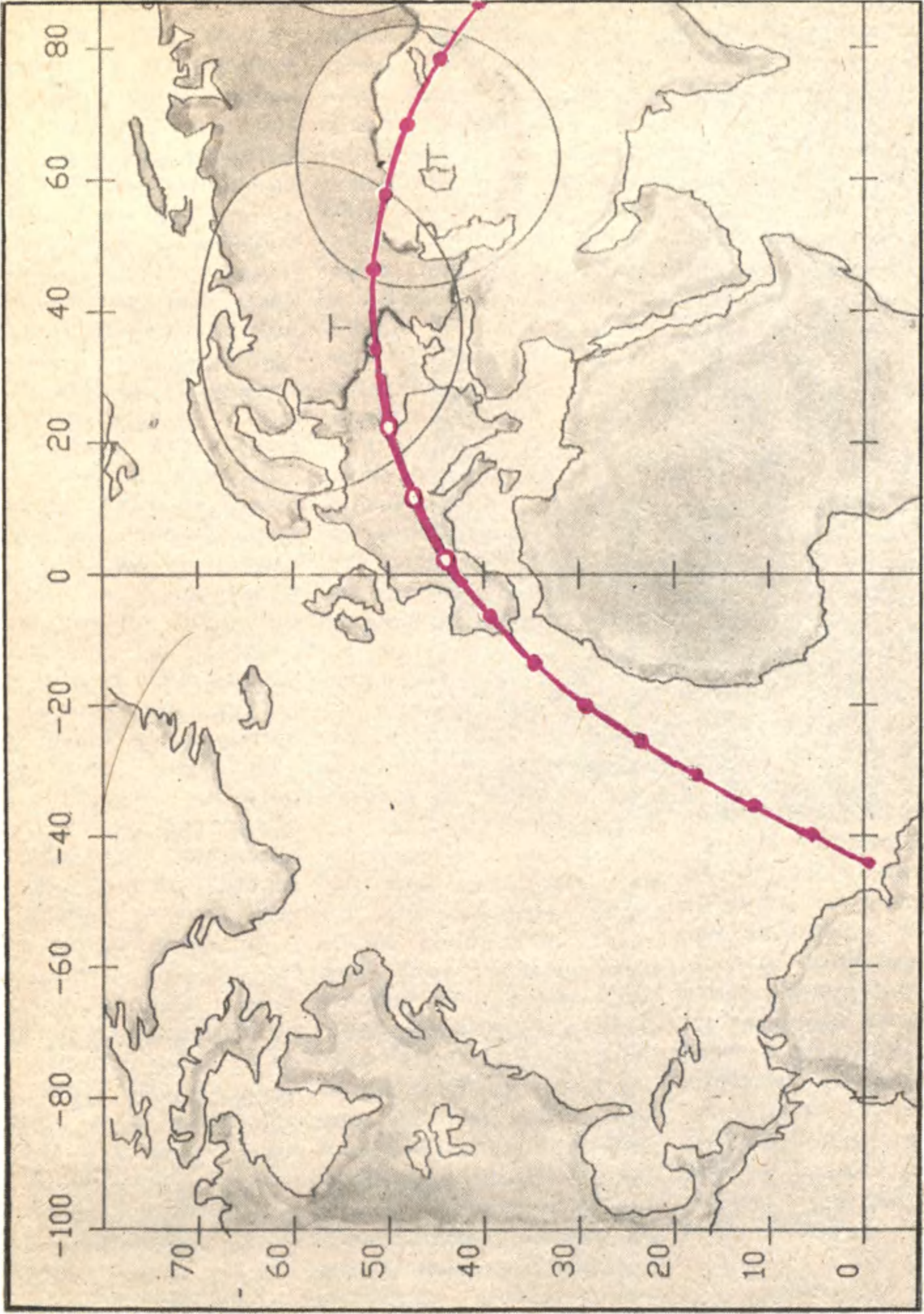


Схема проведения эксперимента по подсветке ночной поверхности Земли (программа «Знамя»)



На карте показан путь светового
пятна по поверхности Земли в
ходе эксперимента «Знамя»

ЭКСПЕРИМЕНТ «ЗНАМЯ»

Параллельно с разработками солнечного парусного корабля консорциум «Космическая регата» совместно с НПО «Энергия» вел разработку аппарата для осуществления эксперимента «Знамя», который должен был подтвердить правильность выбранных конструктивных решений и возможность развертывания паруса большого диаметра в условиях космоса. В основу этого эксперимента легли следующие принципы: использовать с минимальной доработкой в качестве базы орбитальный грузовой корабль «Прогресс-М» с его уникальными возможностями, причем сделать это без ущерба для решения основных задач полета комплекса «Мир»; использовать при разработке программы эксперимента средства управления, передачи информации и наблюдения Центра управления полетами; максимально использовать опыт и методы наземной отработки космических конструкций.

Задачами эксперимента стали:

— отработка развертывания крупногабаритного бескаркасного пленочного отражателя — солнечного паруса, формируемого центробежными силами;

— исследование устойчивости паруса, параметров колебаний при различных возмущениях;

— проверка возможности поворота паруса на большие углы и его ис-

пользование в качестве радио- и светоотражателя.

Конфигурация корабля определялась тем, что агрегат развертывания отражателя (АРО) должен располагаться на месте стыковочного механизма, демонтируемого после стыковки корабля «Прогресс-М» с орбитальным комплексом «Мир». АРО состоит из барабана с семью катушками, с намотанным на каждую из них сектором пленки ПЭТФ толщиной 5 мкм, металлизированной алюминием, привода развертывания и привода вращения, а также привода шарнира, обеспечивающего угловые наклоны отражателя в пределах $\pm 3^\circ$ со скоростью 0,4 град/сек. В развернутом положении скрепленные между собой по внешнему диаметру (20 м) сектора образуют кольцо, вращающееся вокруг продольной оси корабля с угловой скоростью 1 рад/с.

Корабль «Прогресс-М», на котором был проведен эксперимент, доставил на станцию «Мир» научную аппаратуру, топливо, питание и другие расходуемые материалы. Оборудование для эксперимента прибыло на орбиту с ним же. За трое суток до начала эксперимента космонавты установили на место АРО. Перед расстыковкой экипаж осуществил окончательные электрические проверки АРО, теле- и фотосъемку установки и испытаний агрегата.

Эксперимент «Знамя» начался 4 февраля 1993 г. в 3 ч 42 мин по москов-

скому времени. Момент его начала выбирался так, чтобы обеспечить оптимальные режимы для теле- и фоторегистрации процесса раскрытия паруса и его дальнейшего поведения в процессе эксперимента. Угол между плоскостью орбиты отражателя и направлением на Солнце составлял 34° .

В ходе эксперимента корабль «Прогресс-М» поддерживал ориентацию, при которой продольная ось корабля была приблизительно перпендикулярна плоскости орбиты (при этом пленочный отражатель находился в плоскости орбиты). Это было вызвано стремлением уменьшить влияние аэродинамического сопротивления на сам корабль и на парус. Все работы выполнялись на освещенной части орбиты.

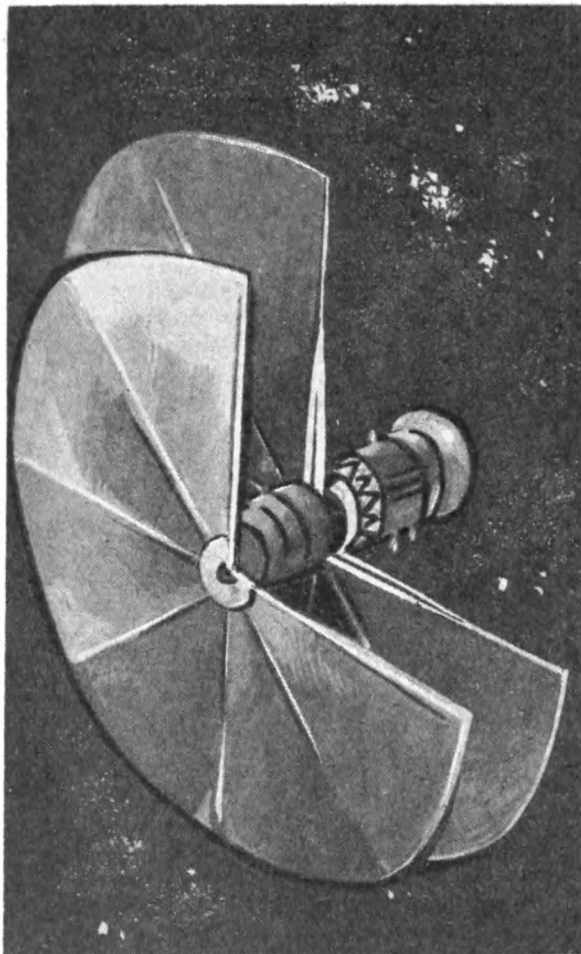
При проведении эксперимента «Новый свет» — составной части эксперимента «Знамя» — «Прогресс-М» был сориентирован таким образом, чтобы отраженный солнечный свет направлялся в подспутниковую точку. На ночной поверхности Земли пятно должно было наблюдаться экипажем со станции «Мир» в течение 6 мин. Траектория движения пятна отраженного солнечного света по ночной поверхности Земли проходила через Лион, Берн, Мюнхен, Прагу, Лодзь, Брест, Гомель.

Эксперимент «Знамя» продолжался в течение четырех орбитальных витков «Прогресса-М». На первом витке были проведены следующие операции: расстыковка ко-

Космический корабль «Прогресс-М» после разворачивания на нем солнечных парусов в проекте «Третье светило» (проектный вариант)

рабля и станции, боковой маневр, отход корабля на 160 м от станции, разворачивание отражателя и полет в пределах видимости комплекса. На втором витке выполнялись повороты корабля «Прогресс-М» с отражателем на малые углы. На третьем витке разворот корабля достиг 112° , т. е. он занял исходную ориентацию для начала эксперимента «Новый свет». На четвертом витке этот эксперимент был успешно проведен. После этого АРО был отстрелен от корабля, и эксперимент закончился.

Анализ переданной на Землю телевизионной и телеметрической информации показал, что эксперимент «Знамя» прошел успешно. Впервые на орбите развернут крупногабаритный пленочный отражатель, формируемый центробежными силами, решены проблемы разворачивания отражателя и управления его положением в пространстве, подтверждены основные конструктивные принципы и расчетные методики, взятые за основу при проектировании системы. Было доказано, что заложенные в программу эксперимента и осуществленные идеи могут служить базой для разработок нового направления при создании крупногабаритных конструкций для ре-



трансляции энергии, теле- и радиосвязи, освещению отдельных районов Земли, очистки космоса от технологического «мусора», а также для межпланетных перелетов под солнечным парусом и созданию крупных антенн в космосе для разведки полезных ископаемых и других задач.

Полученные результаты показывают, что можно создавать и применять в народном хозяйстве и в науке подобные системы гораздо большей площа-

ди, в том числе разрабатываемые сейчас консорциумом «Космическая регата» во главе с НПО «Энергия».

СИСТЕМА КОСМИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Земля непрерывно получает около 2×10^{14} кВт солнечной энергии. Человек для своих потребностей осваивает все новые и новые источники энергии, но достигнутый им на сегодняшний день

уровень ее потребления составляет лишь 0,005% приходящей от Солнца. Ближайшее же к Земле космическое пространство пропускает через себя несоизмеримо большее количество энергии. Так, в границах 4-часовой круговой орбиты (высотой 6400 км) эта величина втрое, а в пределах геостационарной орбиты в 45 раз превышает величину энергии, падающей на Землю.

Идеи о том, как использовать эту энергию, появлялись еще до начала космической эры, а с развитием ракетной и космической техники эти проекты стали разрабатываться с уже гораздо большей степенью детальности. Практические попытки утилизации бесполезно убегающих гигаватт начались с появлением первых солнечных батарей на борту космических аппаратов. Однако эффективность такого преобразования солнечной энергии очень низка, даже если она преобразуется на самом КА и не передается на Землю. Например, солнечные батареи станции «Мир» мощностью 10 кВт окупят энергетические затраты на их запуск только через 100 лет работы! Очевидно, что нужны другие, с энергетической точки зрения более эффективные конструкции.

Принципиально наиболее эффективной будет непосредственная, без промежуточного преобразования, передача световой энергии на Землю. С помощью космических рефлекторов (КР) она будет направляться в нуж-

ную область земного шара в заданный момент времени. Она может использоваться непосредственно (для освещения, фотосинтеза и т. п.) или преобразовываться в другие виды (электрическую, тепловую).

В зависимости от стоящей задачи могут потребоваться различные уровни освещенности. Наименьшие требования предъявляются к системам подсветки для создания общего невысокого уровня освещенности в темное время суток, поэтому такая задача кажется наиболее очевидной и простой в реализации и именно с нее логично начать всю практическую работу с тем, чтобы, во-первых, освоить новую технологию, а во-вторых, получить первые наглядные результаты. Какими же должны быть КР для решения подобной задачи? Исследования позволили рассчитать размеры космических отражателей в зависимости от их высоты над Землей и расчетного уровня освещенности.

Из расчетов видно, что даже для того, чтобы создать относительно невысокий уровень освещенности, нужны рефлекторы диаметром в сотни метров, а это означает, что конструкторам придется освоить принципиально новые решения и создать специфический класс космических аппаратов, не похожих ни на один из предыдущих. Помимо проблем проектирования и строительства возникают и новые технологические трудности: нужно освоить

процессы развертывания крупногабаритных отражателей с площадями до нескольких квадратных километров; научиться управлять ориентацией рефлектора, обладающего огромным моментом инерции; создать конструкцию и аппаратуру в сверхлегком исполнении.

Если технологические задачи будут решены, то реальными становятся три направления работ:

— создание одиночного рефлектора;

— объединение рефлекторов в систему, обеспечивающую освещение районов, расположенных вдоль выбранных трасс;

— конечная цель программы — развертывание глобальной системы КР.

Успешное выполнение эксперимента «Знамя» стало первым шагом к реализации этой программы. Вторым может стать новый проект консорциума «Космическая регата» — эксперимент «Третье светило».

«ТРЕТЬЕ СВЕТИЛО»

Проект предусматривает создание и развертывание в космосе крупногабаритного отражателя, который, видимо, станет прототипом космических аппаратов нового поколения.

Модифицированный грузовой корабль «Прогресс-М», выполнив основную задачу по доставке на борт комплекса «Мир» топлива и «сухого» груза, на втором этапе своего полета станет базой для проведения новых экспериментов с от-

ражателем, диаметр которого на этот раз достигнет уже 70 м. Целями программы станут:

— опробование на орбите концепции управления крупногабаритными гибкими конструкциями в виде большого спаренного гироскопа;

— проведение эксперимента по подсветке заданного района ночной поверхности Земли отра-

женным солнечным светом;

— определение характеристик отраженного света на Земле и из космоса;

— проведение экспериментов по исследованию возможности использования конструкции в качестве отражателя электромагнитного излучения в радио- и других диапазонах.

В отличие от эксперимента «Знамя», в ходе этой программы планируется провести подсветку заданного района и поддерживать световое пятно в этом месте в течение определенного времени.

Будем надеяться, что успешное завершение и этой программы откроет новые пути в мировой космонавтике и энергетике.

НОВЫЕ КНИГИ

Школьникам о развитии авиации и космонавтики

В издательстве «Просвещение» вышла книга известного пропагандиста и популяризатора космонавтики Л. А. Гильберга, которая называется «От самолета к орбитальному комплексу».

Это книга об извечном и неистребимом стремлении человека взлететь над Землей, увидеть с неба колыбель человечества и как можно дальше проникнуть в просторы Космоса. Практическое осуществление всего этого стало возможным в XX в., в котором родилась современная авиация и начался отсчет космической эры в истории землян. Об основных ступенях становления авиации и космонавтики рассказывает в своей новой книге Л. А. Гильберг.

Содержание книги раскрывается в её 14 главах — «Самолеты покоряют небо», «Вертолет — машина универсальная», «Самолет взлетает вертикально», «Все дальше в небо» (об истории ракетной техники и космонавтики), «Могучее сердце ракеты» (о создании различных видов двигателей), «Автоматы работают в космосе», «Человек шагнул в космос», «От космических кораблей к орбитальным станциям», «Вахта на космической орбите» (от «Салюта-б»

к орбитальному комплексу «Мир»), «Работа в открытом космосе», «Космонавтов готовят в Звездном», «Наземные службы космонавтики», «Мирный космос — арена сотрудничества», «Энергия» — «Буран» — шаг в завтра».

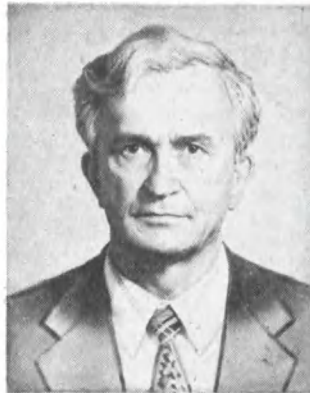
В предисловии к книге, написанном летчиком-космонавтом Г. Т. Береговым, подчеркивается, что автору удалось обо всём этом рассказать школьникам просто и доходчиво. Важно и то, что книга хорошо иллюстрирована и издана.



Тектоника литосферных плит и полезные ископаемые

О. Г. СОРОХТИН,
академик Академии естественных наук РФ
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Согласно традиционным представлениям, рудное вещество большинства эндогенных полезных ископаемых поступает непосредственно из мантии либо за счет дифференциации мантийного вещества, либо с поднимаю-



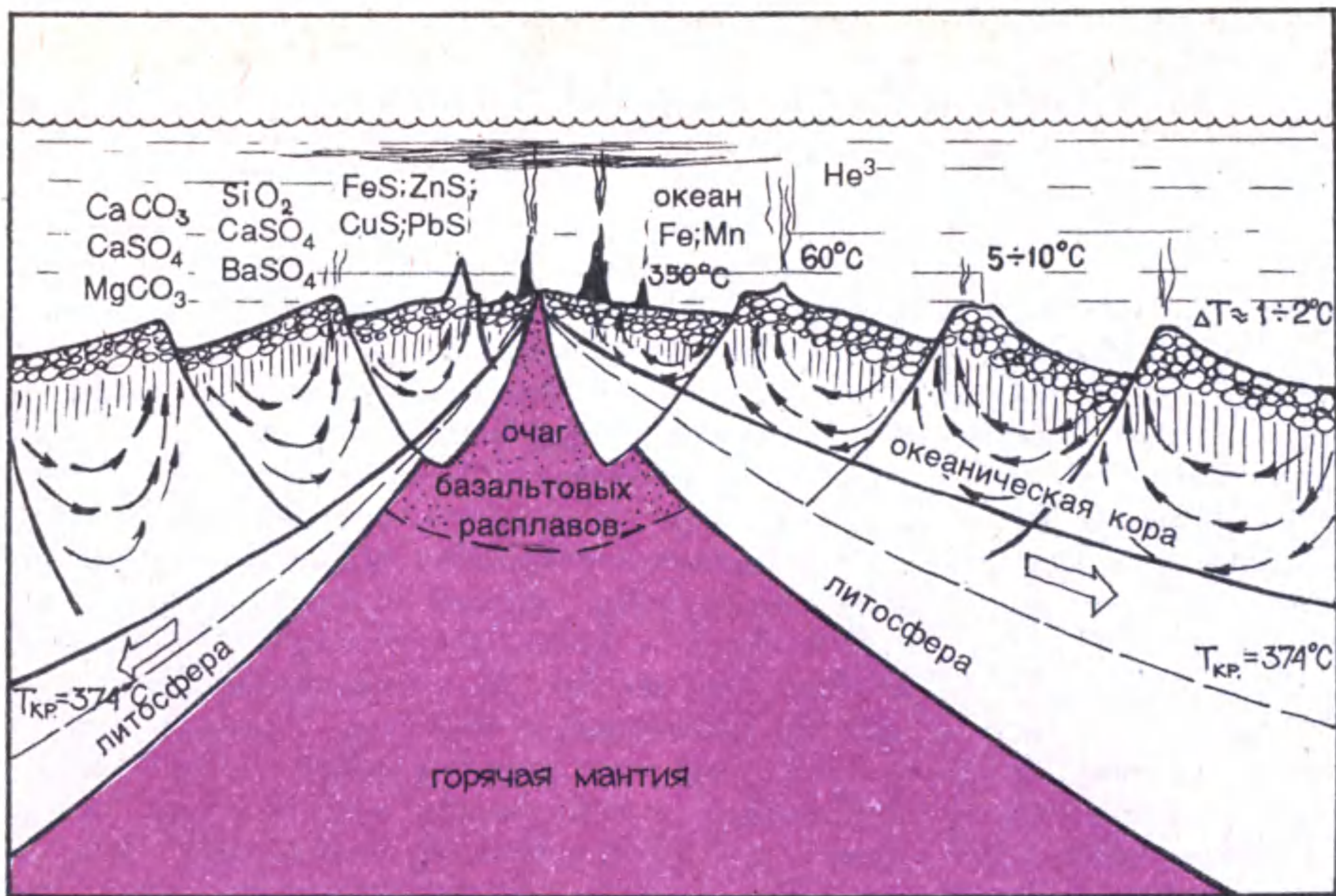
щимися из мантии водными его растворами (флюидами). Однако такое предположение справедливо лишь отчасти. Лишь теория тектоники плит позволяет понять механизм образования месторождений.

ПАРАДОКС ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Причины формирования крупных локальных скоплений в земной коре рудных и других рассеянных элементов сложно объяснить, потому что их концентрация в мантии ничтожно мала. В месторождениях же она во много раз возрастает. Например, содержание золота и урана в совре-

менной мантии — около 10^{-7} , ртути и тория — 10^{-6} , серебра, вольфрама, платины и свинца — 10^{-5} , лития, ниобия, молибдена и олова — 10^{-4} процента. Кроме того, как следует из современных геодинамических концепций, вещество всей мантии (и верхней и нижней) за 4 млрд лет тектонической активности Земли оказалось хорошо перемешан-

ным конвективными течениями и в среднем однородно по составу. Поэтому, видимо, в мантии уже не осталось каких-либо локальных неоднородностей с повышенным содержанием рудных элементов. Не может подняться концентрация большинства из этих элементов до уровня, соответствующего залежам полезных ископаемых, и за счет про-



Механизмы формирования сульфидных руд в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов за счет гидротермальной переработки океанической коры

цессов разделения мантийного вещества или базальтовых расплавов на фракции при остывании. Исключение составляют лишь некоторые из наиболее распространенных рудных элементов, такие, как хром и, может быть, никель: они концентрируются иногда в заметных количествах при дифференциации базальтовых магм.

Кроме того, судя по условиям выплавки океанических базальтов и содержанию в них ювенильной воды, земная мантия практически сухая: как эмпирические определе-

ния, так и теоретические оценки показывают, что концентрация воды в ней не превышает $5 \cdot 10^{-2}$ процента. Следовательно, ни о каких флюидных потоках в мантии, способных привнести в кору заметные количества рудных элементов, говорить не приходится.

Только с появлением новой геологической теории — тектоники литосферных плит, открылись новые подходы к объяснению отмеченных парадоксов. Прежде всего, выяснилось, что **обогащение континентальной земной коры рудными элементами происходит за счет их выноса из океанической коры** (т. е. из верхнего слоя мантии) благодаря процессам дегидратации и переплавления пород этой коры в зонах поддвига плит под островные дуги и актив-

ные окраины континентов типа южно-американских Анд. Однако такое обогащение континентальной коры рудными элементами приводит только к более или менее равномерному повышению их содержания **вдоль структур зон поддвига плит**. Правда, в этом случае могут образоваться промышленные скопления некоторых типов полезных ископаемых, например, колчеданных руд. В отдельных случаях особо длительного функционирования зон поддвига плит в одном и том же месте, такие обогащения пород земной коры рудными элементами достигают исключительно высоких значений. Именно таким путем, вероятно, сформировались уникальные медноколчеданные руды горной системы Анд, под которую, судя по палеогеодинамическим

реконструкциям, океаническая кора Тихого океана пододвигается почти без перерыва, начиная с докембрия — на протяжении не менее 1,5 млрд лет.

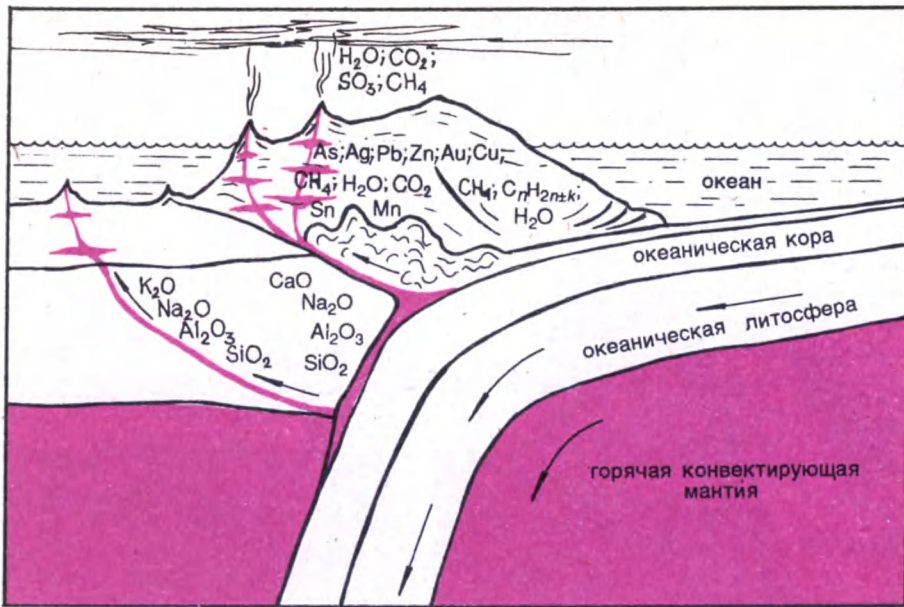
И еще один парадокс, обнаружившийся лишь с появлением новой геологической теории. Выяснилась исключительно важная роль внешних (экзогенных) факторов при образовании полезных ископаемых эндогенного типа. Известно, что экзогенные процессы выветривания и накопления осадков (седиментогенез), часто протекающие с активным участием живых организмов и растений, чрезвычайно важны для перераспределения элементов в пределах земной коры. Обычно они сопровождаются исключительно интенсивной дифференциацией вещества. Яркими примерами тому могут служить осадочные толщи фосфоритов, карбонатов, песчано-глинистых и других дифференцированных отложений, обладающих специфической, только им одним присущей характерной минерализацией. Например, в глинистых осадках по сравнению с составом мантии, олова в среднем — в 11 раз больше, свинца — в 20 раз, калия — в 200—250 раз, рубидия — в 500—700 раз, бария — до 1500 раз, урана — в 3000—3500 раз, редкоземельных элементов — в несколько сотен раз. Если же песчано-глинистые осадки отлагались в застойных бассейнах, зараженных сероводородом,

а такие условия особенно часто встречались в докембрии, то в осадочных толщах могли накапливаться сульфиды железа, меди, цинка, свинца и молибдена, а в некоторых случаях — окислы урана и золото. То же можно сказать и о других осадках. В карбонатах, например, стронция в несколько раз больше, чем в мантии, в соленосных отложениях концентрируются натрий, калий, сера и хлор. Известно, что живые организмы накапливают в себе многие из рассеянных элементов, в том числе уран и редкоземельные элементы (лантан, церий, неодим и др.). Поэтому в фосфоритах всегда наблюдаются и повышенные их содержания, намного превышающие концентрацию в мантии (для урана — 20—25 тыс. раз, а для редкоземельных — в 500—1000 раз).

Другой, не менее яркий пример существенного влияния экзогенных факторов на формирование залежей полезных ископаемых — гидротермальные месторождения. Поскольку содержание воды в мантии ничтожно мало, то практически все гидротермальные месторождения (независимо от их типа) формируются либо за счет мобилизации поверхностных и грунтовых вод, омывающих интрузивные тела, либо за счет освобождения остывающей магмой растворенной в ней воды, однако, также захваченной ею все-таки из гидросферы на предыдущих стадиях развития процесса. К первому типу гидротермальных процес-

сов могут быть отнесены рудные образования большинства фумарол и горячих источников в вулканических областях, в том числе и сульфидные постройки «черных курильщиков» океанического дна в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов (Земля и Вселенная, 1993, № 2, с. 66). Второй тип гидротермальных процессов часто сопровождается пегматитовой минерализацией, возникающей, например, над гранитоидными массивами или за счет подъема горячих и минерализованных вод из зон поддвига плит. Но гранитные магмы обычно образуются благодаря переплавлению водонасыщенных песчано-глинистых толщ в зонах сближения континентов, а вода в зоны поддвига плит попадает вместе с затаянными в нее глубоководными (пелагическими) осадками и насыщенными водой породами океанической коры. Таким образом во всех случаях вода в гидротермальные месторождения поступает все-таки из гидросферы, поэтому может быть названа экзогенным реагентом.

В результате наложения и суперпозиции массы факторов, определяющих формирование осадочных пород, их распределение по поверхности Земли оказывается чрезвычайно неравномерным. Оно соответствует распределению климатов в прошлые геологические периоды, в зависимости от взаиморасположению замкнутых и открытых бассейнов, русловых по-



токов и речных дельт, эпиконтинентальных морей и апвеллинговых зон океанов и т. д. Поэтому чисто экзогенные процессы в конце концов приводят к весьма пестрой картине концентрации рудных элементов по земной поверхности. При этом сносимые с континентов реками и временными водными потоками взвеси и растворенные в воде соли благодаря процессам быстрого накопления осадков (лавинной седиментации) скапливаются преимущественно в осадочных толщах на пассивных окраинах континентов атлантического типа.

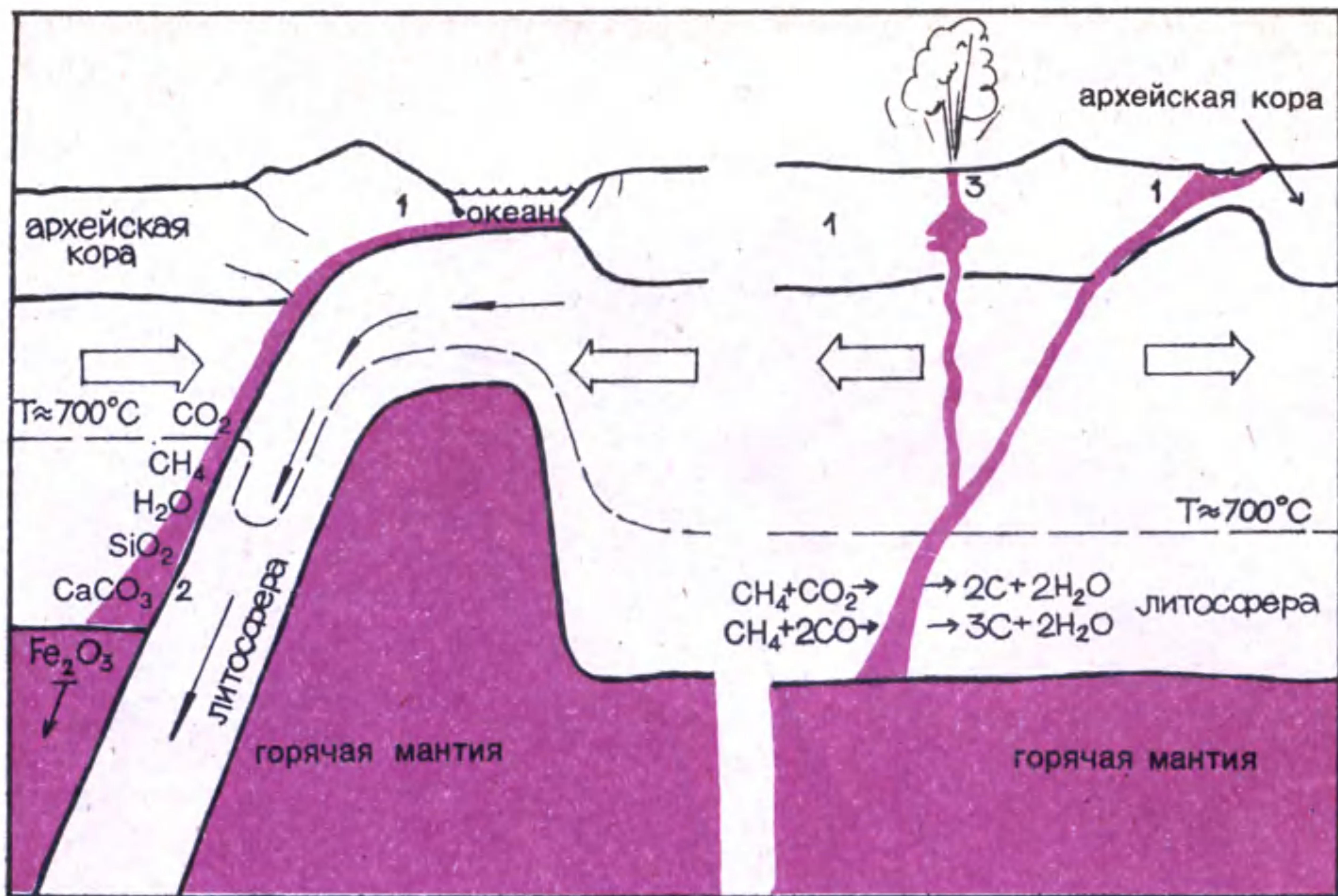
КОГДА ЗАКРЫВАЮТСЯ ОКЕАНЫ

Из теории тектоники литосферных плит известно, что океаны атлантического типа после своего обра-

зования за счет расколов континентов затем вновь закрываются благодаря последующему сближению смежных континентов. Продолжительность жизни таких океанов обычно не превышает 400—600 млн лет. Если же молодой океан после стадии своего расширения начинает закрываться, то в его пределах неизбежно возникают вытянутые в цепочки дуги островов, а окраины континентов, где происходит поддвиг литосферных плит (субдукция), обретают повышенную тектоническую активность. После же столкновения континентов часть осадков бывших континентальных окраин непременно затянется в зоны субдукции, а другая часть окажется смятой в складки и надвинутой на краевые участки самих континентов.

Концентрация полезных ископаемых при формировании континентальной коры в островных дугах и на активных окраинах континентов андийского типа за счет переработки пород океанической коры и осадков, затягиваемых под эти структуры при поддвиге литосферных плит

Попавшие в зоны поддвига плит осадки подвергаются интенсивным деформациям, сопровождающимся выделением больших количеств тепла. Одновременно на эти осадки активно воздействуют перегретые водные флюиды, отжимаемые под давлением литосферных плит из самих осадков и поступающие из более глубоких и горячих частей зон субдукции. Там происходит обезвоживание (дегидратация) и пере-



Формирование алмазоносных кимберлитов: процесс затягивания протерозойских железорудных осадков под континенты архейского возраста (слева); подъем кимберлитовых магм на поверхность Земли в эпохи расколов континентов (справа). 1 — раннепротерозойские железорудные осадки, 2 — глубинные очаги расплавленных осадков, 3 — кимберлитовые трубки взрыва

плавление океанической коры бывшего океана. В результате таких воздействий попавшие в зоны поддвига плит осадки плавятся, и давление выжимает их в виде гранитоидных магм в верхние этажи геологического разреза. Насыщение же этих магм рудными и литофильными элементами происходит в строгом соответствии с составом и степенью дифференциро-

ванности затянутых туда осадков.

Так, при попадании в зону поддвига плит осадков, отложившихся на месте бывшего апвеллинга и поэтому богатых фосфоритами, возникнут обогащенные фосфором расплавы, после кристаллизации из них образуются апатиты. Если же в зону поддвига плит окажутся затянутыми соленосные толщи (эвапориты), возникнут щелочные расплавы, из которых будут кристаллизоваться сиениты. При затягивании в эти зоны металлоносных осадков, скажем, красноморского типа, должны образоваться гидротермальные магнетитсульфидные и полиметаллические месторождения. Если в зону коллизии континентов попадут песчано-глинистые отложения речных дельт, обогащенные такими минералами, как касситерит

(окись олова), колумбит, или золото, то возникнут граниты и пегматиты с оловорудной, тантал-ниобиевой или золотоносной минерализацией. При попадании же в зоны поддвига плит осадков морского бассейна с сероводородным заражением (как к примеру в Черном море) могут возникнуть медно-сульфидные или гидротермальные полиметаллические месторождения иногда с присутствием молибдена и вольфрама. Переработка же карбонатных толщ в этих зонах должна приводить к повышению содержания кальция и магния в расплавах, а также к их обогащению щелочами.

Особый интерес представляет случай попадания в зоны субдукции богатых железом древних отложений раннего протерозоя (около 2 млрд лет назад). Плотность желе-

зистых осадков, как правило, превышает среднюю плотность литосферных плит и поэтому они могут легко «провалиться» на большие глубины под континентальную кору, вплоть до нижних частей литосферы. При погружении таких осадков ниже уровня пересечения континентальной геотермы с температурой плавления водонасыщенных осадков (на глубинах от 50 до 100 км) происходит их плавление и дифференциация жидких расплавов. Далее железо уходит в мантию, а в подкоровых частях литосферы сохраняются только легкие расплавы силикатной и карбонатной матрицы бывших железистых осадков. В условиях стационарных тепловых потоков, свойственных древним континентам, такие очаги расплавов в подкоровых частях литосферы могут сохраняться неограниченно долгое время. Но если при образовании таких **очагов глубинных расплавов** сжатие литосферных плит сменяется растяжением, расплавам открывается путь наверх, и после многих миллионов и даже первых миллиардов лет заточения они поднимаются наверх, формируя собой щелочно-ультраосновные и карбонатитовые интрузии. Для них характерна редкометалльная минерализация. Если же такие очаги образовывались в самых низах континентальной литосферы, на глубинах около 200 км, то их подъем будет происходить особенно стремительно, с турбу-

лентным перемешиванием силикатных и карбонатных фракций расплавов. Вероятнее всего именно таким путем формируются **кимберлитовые породы**, с которыми связаны месторождения алмазов.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают всего многообразия геологических обстановок, благоприятствующих обогащению осадков рудными элементами и образованию из них после переплавления в зонах поддвига плит месторождений эндогенных полезных ископаемых. Рудное вещество, попадающее в такие месторождения, часто сначала проходит **несколько стадий обогащения**: первый раз при его переносе из мантии через океаническую кору в континентальную; второй раз — в осадочном цикле; третий и последний — при выплавке из осадков коровых пород. Иногда наблюдается и четвертая, весьма эффективная стадия обогащения — пегматитовая. В этом случае освобождаются перегретые воды при кристаллизации насыщенных водой магм, поднявшихся из зон поддвига плит.

Таким образом, только при наложении трех-четырех стадий обогащения пород земной коры рудными элементами, а иногда и при неоднократном их повторении, могут образоваться некоторые из совершенно уникальных скоплений полезных ископаемых тех элементов, которые в мантии встречаются лишь в рассеянном виде и в ничтожных

концентрациях. К сожалению, еще не все ясно в действии таких механизмов обогащения, да и намечались они пока еще далеко не для всех рудных элементов. Однако направление решения задачи о происхождении рудного вещества в эндогенных месторождениях полезных ископаемых континентов, подсказываемое тектоникой литосферных плит, безусловно заслуживает более подробного изучения.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОИСКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Тектоника литосферных плит открыла новый подход и к выявлению основных закономерностей размещения полезных ископаемых на поверхности Земли. Так, из теории следует, а эмпирические данные подтверждают, что большинство эндогенных рудных месторождений обычно формируются только **по краям литосферных плит**, причем разным типам границ плит соответствуют и разные комплексы руд. Это позволяет использовать для прогнозирования и поиска полезных ископаемых **геодинамические карты**, на которых отмечены положения и типы древних границ литосферных плит. Сами же геодинамические карты должны составляться на основании тектонического районирования территории, в соответствии с теорией тектоники литосферных плит, при широком использовании палеогеодинамических реконструкций для различных временных

срезом геологической истории Земли.

Новая теория открывает и новые возможности при поисках полезных ископаемых, относимых к ряду экзогенных, например, бокситов, фосфоритов, углей, солей, в том числе калийных, гипсов и т. д. Их месторождения встречаются в разных климатических поясах Земли, но при своем образовании они могли формироваться только в определенных, часто очень узких климатических и геодинамических условиях. Значение же тектоники литосферных плит прежде всего состоит в том, что с ее помощью удается более точно воспроизводить палеогеологические реконструкции прошлых геологических эпох и по ним находить районы с наиболее благоприятными климатическими условиями и геодинамическими режимами развития для накопления и сохранения тех или иных экзогенных полезных ископаемых.

По прогнозам новой теории был открыт ряд колчеданных сульфидных месторождений в Кордильерах Северной Америки и в Мексике. Используя идеи дрейфа континентов, удалось открыть новые месторождения алмазов в Бразилии. Есть сейчас и другие примеры успешного прогноза полезных ископаемых.

РЕСУРСЫ НЕФТИ — ПО ГРАНИЦАМ ПЛИТ

Исключительно весомым оказался вклад теории тектоники литосферных плит в нефтяную ге-

ологию. Именно в этой важной области прикладной геологии состоялось и первое широкомасштабное и очень успешное внедрение новой теории в практику (Земля и Вселенная, 1990, № 1, с. 23).

Тектоника литосферных плит позволяет количественно рассчитывать тектонические и тепловые режимы формирования рифтогенных структур, а также осадочных бассейнов на континентальных окраинах атлантического типа и краевых прогибов платформ. Но главный вывод новой теории состоял в том, что благодаря затягиванию осадков в зоны поддвига литосферных плит там должны были генерироваться углеводороды — за счет термического разложения (термолиза) захороненных в осадках органических веществ. Отсюда следовал и новый механизм обогащения краевых и предгорных прогибов углеводородами, выжимавшимися из зон поддвига плит и мигрировавшими затем по напластованиям осадочного чехла прогибов в сторону самих платформ.

Это исключительно мощный механизм. Возьмем, например, случай, когда по береговой линии длиной около 1000 км шельф континентальной окраины со слоем осадков мощностью до 15—17 км перекрывается фронтальным карнизом островной дуги на ширину до 100—120 км, то из зон поддвига плит в сторону краевого прогиба может мигрировать несколько сотен миллиар-

дов тонн углеводородов. Именно поэтому, по-видимому, во многих крупнейших и уникальных нефтегазоносных бассейнах мира (например, в том же Персидском заливе, в Венесуэле, в Атабаске — на западе Канады и в некоторых других регионах) плотность запасов нефти и газа намного превышает потенциалы тех толщ, в которых сформировались сами месторождения этих горючих полезных ископаемых.

Анализ распределения нефтегазоносных бассейнов мира показывает, что по крайней мере 80% всех мировых запасов нефти и газа на суше действительно тяготеют к современному и, особенно, к существовавшему в прошлые геологические периоды фанерозоя зонам поддвига плит. Сюда относятся и уникальные бассейны Персидского залива, Венесуэлы, Среднего Запада США и Канады, Аляски, Индонезии и классические месторождения Аппалачей, Предуральского прогиба, Кавказа, Карпат и многих других регионов мира.

Однако не весь объем углеводородов полностью выжимается из зон поддвига плит. Весьма заметная часть его сохраняется в поднадвиговых зонах складчатых сооружений, надвинутых на краевые прогибы платформ. Бурение в Скалистых горах и Аппалачах показало, что эти участки действительно оказались исключительно богатыми, что позволило американским нефтяникам по меньшей мере удвоить

добычу нефти и газа на территории США.

Открытие крупных месторождений нефти и газа в поднадвиговых зонах горных сооружений Северной Америки лишь один из ярких примеров удачного прогноза полезных ископаемых, выполненных по теоретическим предсказаниям тектоники литосферных плит. Другим примером может быть открытие на дне океанов в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов крупных скопленных сульфидных руд гидротермального происхождения.

Примечательно, что возможность генерации углеводородов в зонах поддвига плит и существование интенсивной гидротермальной деятельности в океанических рифтовых зонах было предсказано российскими геологами задолго до открытия соответствующих месторождений еще в начале 70-х годов.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

За короткое время своего существования (с конца 60-х годов) теория тектоники литосферных плит сумела объяснить природу практически всех главных глобальных процессов, развивающихся в Земле, включая образование океанической и кон-

тинентальной коры, дрейф континентов, природу магматизма, происхождение складчатости и горных поясов Земли, формирование рифтовых зон, краевых (предгорных) прогибов, динамику зон поддвига литосферных плит и коллизий континентов и целого ряда других процессов.

Успехи теории тектоники литосферных плит определили уже к началу 70-х годов ее полное признание на Западе, а к середине 70-х годов — в Японии, Китае и других странах. Сейчас эта геологическая теория признана во всех странах.

До середины 70-х годов теория тектоники литосферных плит фактически описывала только механические перемещения литосферных плит и сопутствующие таким движениям процессы формирования и деформации земной коры. О механизме, приводящем в движение плиты, было известно только, что он, вероятнее всего, представляет собой конвекцию. Однако природа конвекции и основные источники ее энергии оставались еще неясными. Решающий вклад в изучение этой важнейшей проблемы геодинамики также внесли ученые России — океанологи и геофизики, предложившие и подробно исследовавшие механизм дифференциации

земного вещества по химическому составу и плотности в гравитационном поле Земли (Земля и Вселенная, 1990, № 1, с. 29). Именно в результате этого процесса в центральной области планеты формируется плотное ядро окисно-железного состава, а в мантии возникает гравитационная конвекция, непосредственно приводящая в движение литосферные плиты и континенты.

Недавно в нашей стране проведено численное моделирование конвекции в мантии и получены убедительные теоретические свидетельства в пользу реальности именно такого механизма движения литосферных плит.

Решение задачи о гравитационной дифференциации земных недр и численное моделирование нестационарной конвекции в мантии позволили приступить к количественному изучению геологической эволюции Земли. Полученные результаты значительно расширили первоначальные рамки теории тектоники литосферных плит и фактически превратили ее в наиболее общую геологическую теорию глобальной эволюции Земли. И, может быть, ничто так не подтверждает ее справедливость, как реальное обнаружение полезных ископаемых в местах, предсказанных теорией.

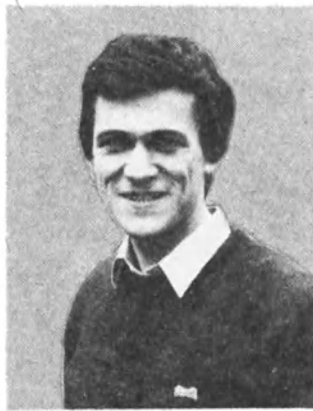
Далеко ли до центра Галактики?

В. Г. СУРДИН,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

А ЗАЧЕМ НАМ ЭТО ЗНАТЬ?

Лет 100 назад астрономы воспринимали нашу Галактику как всю Вселенную, поэтому тогда расстояние до центра Млечного Пути означало «расстояние до центра Мира». Но затем Галактика стала одной из многих подобных ей звездных систем и, казалось бы, ее размеры и положение в ней Солнечной системы должны были не так остро интересоваться астрономов. Но этого не случилось: наша Галактика по-прежнему остается единственной звездной системой, которую, находясь внутри нее, мы можем изучать в трех измерениях, объемно, а не в виде плоских изображений, которыми представляются нам другие галактики.

Нашу Галактику мы изучаем детально, «микроскопически», сравнивая затем ее тонкую структуру с глобальными ха-

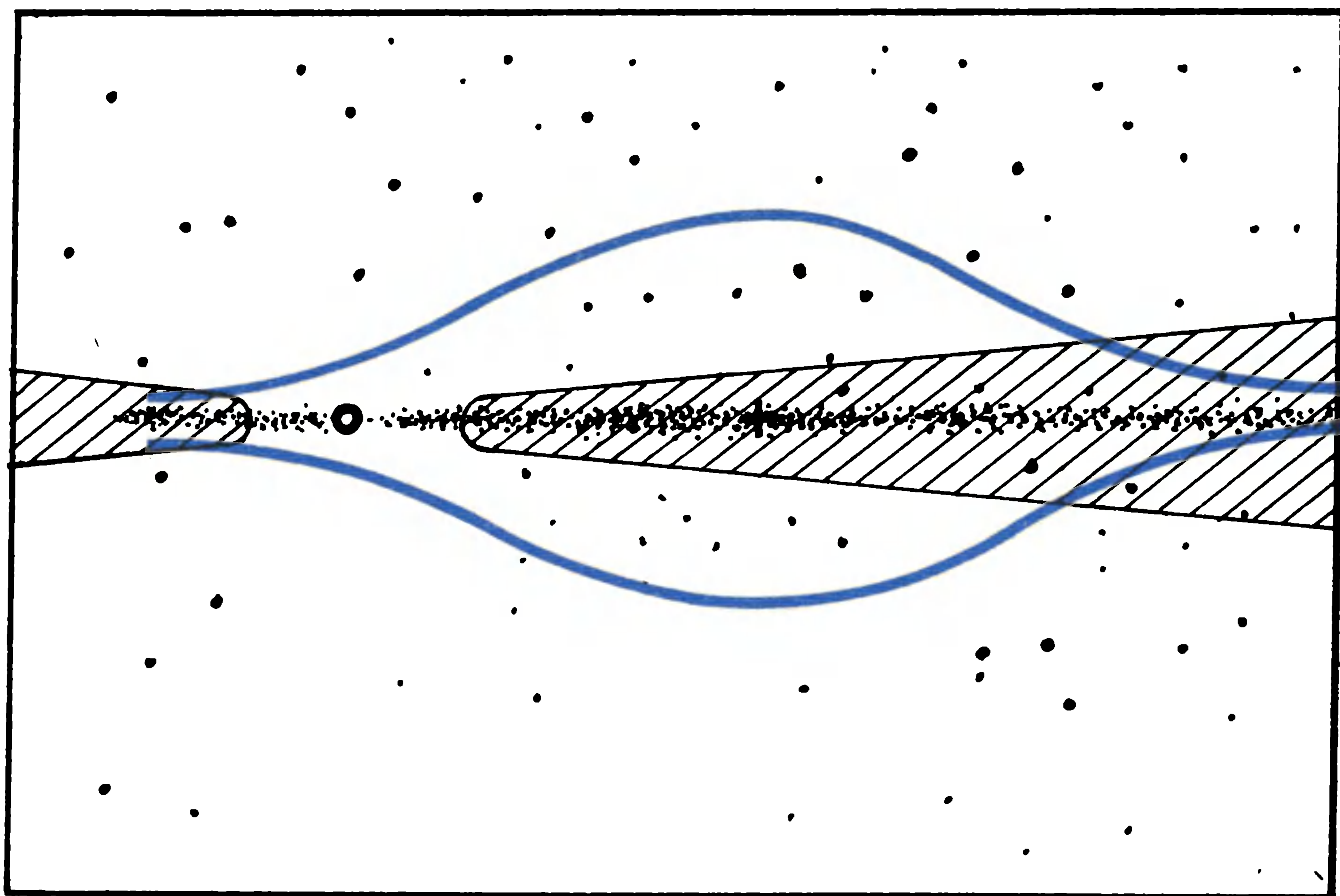


рактеристиками, такими как морфологический тип (т. е. внешний вид), размер, светимость, масса, возраст... Если мы не поймем, как устроена и каким образом сформировалась наша Галактика, нам уж заведомо не разобратся в строении и эволюции далеких «звездных островов».

Однако при изучении своей звездной системы возникают неожиданные трудности: Солнце нахо-

дится почти точно в плоскости Млечного Пути, как раз там, где сосредоточено межзвездное вещество — огромные облака газа и пыли, практически непрозрачные для света. Поэтому мы лишены возможности наблюдать всю Галактику вдоль ее плоскости на расстоянии более нескольких килопарсеков. Хорошо изученной областью Галактики остается окрестность Солнца радиусом 1,5—2 кпк, а дальше известны лишь ярчайшие объекты и источники радио- и рентгеновского излучения.

Особенно сложно «пробриться» к центру Галактики, изучить его строение и измерить расстояние от него до Солнца, которое по традиции обозначают как R_0 . Для астрономов это очень важная величина, масштаб всех расстояний в Галактике и даже за ее пределами. Для галактической астрономии величина R_0 также важна, как для



внегалактической астрономии и космологии важна постоянная Хаббла — H_0 . И вот что удивительно: несмотря на огромные затраты сил астрономы вот уже более полувека не могут измерить величины обеих этих констант с точностью лучше 50%. Даже стыдно как-то, если вспомнить, что «астрономическая точность» всегда была нарицательным понятием¹.

А не зная величины R_0 — этого «мерного шеста» галактической астрономии, мы теряем возможность точно определить многие другие параметры Галактики, например, расстояния до далеких звезд, скоплений и туманностей, скорость вращения Галактики, ее

массу и прочие важные вещи. А как, скажем, разобратся в природе самого галактического ядра, не зная расстояния до него. Существует серьезная гипотеза о том, что в центре ядра — гигантская черная дыра. Однако наблюдается не сама дыра, а окружающее ее вещество, вращающееся на орбитах вокруг дыры. По эффекту Доплера возможно измерить скорости этого вращения; с помощью прецизионных радио- и инфракрасных наблюдений можем измерить угловой размер орбит. Но, чтобы по этим данным вычислить массу центрального тела и решить вопрос о черной дыре, необходимо точно знать расстояние до объекта. Ошибка в определении R_0 дает не меньшую ошибку в опреде-

Положение Солнца в Галактике отмечено кружком, а шаровые скопления — точками. Заштрихованная область практически недоступна для оптических наблюдений из-за межзвездного поглощения света

лении массы центрального источника и возрастает в квадрате при определении его светимости.

Вот почему астрономы уже много десятилетий занимаются уточнением значения R_0 . Эта работа не афишируется, ибо не сулит сенсационных открытий. Но это именно та работа, для которой изобретаются новые и оттачиваются старые методы, собираются огромные массивы данных об астрономических объектах и в промежуточных результатах достигается леген-

¹ Ю. Н. Ефремов «В глубины Вселенной», М., Наука, 1984.

дарная «астрономическая точность», хотя окончательный результат по-прежнему вызывает споры.

КАК ИЗМЕРИТЬ РАССТОЯНИЕ ДО НЕВИДИМОЙ ТОЧКИ?

Что такое центр Галактики — материальный объект или некая условная геометрическая точка. Вопрос еще в том, единственная ли эта точка и как ее определить. Например, у галактик аморфной структуры, таких неправильных, как Магеллановы Облака, трудно указать геометрический центр. У эллиптических галактик, напротив, он четко определяется по яркому звездообразному ядру. Наша Галактика относится к спиральным системам (во всяком случае, мы так думаем). У большинства спиральных галактик в центре есть крохотное ядрышко, вокруг которого концентрируются старые звезды гало и через которое проходит ось вращения галактического диска, состоящего из сравнительно молодых звезд и туманностей. Можно надеяться, что и у нашей Галактики есть плотное ядрышко, отмечающее ее геометрический и динамический центр.

Постепенно астрономы все ближе подбираются к этому загадочному объекту. Правда, оптические лучи от него не достигают нас, поскольку межзвездная пыль ослабляет свет в этом направлении в миллиарды раз. Но инфракрасные телескопы

указывают на значительную концентрацию звезд в созвездии Стрельца, а радиотелескопы фиксируют в этом направлении мощный источник Sgr A, который, как считается, совпадает с центром Галактики. Однако ни инфракрасные, ни радиотелескопы до последнего времени не позволяли измерять расстояния. Поэтому с их помощью можно было только с большой точностью определить направление на центр Галактики, но не его удаленность от Солнца.

Кстати, впервые удалось указать направление на центр Галактики все же оптическими методами. Сделал это американский астроном Харлоу Шепли в начале века, смело предположив, что шаровые звездные скопления, населяющие гало Галактики, симметрично распределены вокруг галактического центра (в те годы это было совсем не очевидно). Заметив, что шаровые скопления в основном видны в направлении созвездий Скорпиона, Змееносца и Стрельца, Шепли понял, что именно там находится центр Галактики. Расстояние до области концентрации шаровых скоплений он оценил в 16 кпк и, как выясняется, ошибся не более, чем в два раза.

С тех пор произошел колоссальный прогресс в точности определения направления на центр Галактики: теперь уже указывается не созвездие, а безошибочные координаты — **прямое восхождение для эпохи 1950 г.**

равно $17^{\text{h}} 42,5^{\text{m}}$, а склонение составляет — $28^{\circ} 59'$. Теперь остается определить расстояние.

До самых последних лет для измерения R_0 применялись только оптические методы, очень зависимые от межзвездного поглощения света. Астрономы знают лишь один независимый от него метод, позволяющий, если его удастся использовать, абсолютно точно измерять расстояния — метод тригонометрических параллаксов. Его возможности ограничены точностью измерения координат звезд: с небольшими ошибками их удается определять с поверхности Земли с точностью до $0,005''$, следовательно, можно точно измерять расстояния до звезд в пределах 200 пк от Солнца. Если измеряется расстояние до группы звезд, например, до звездного скопления, то за счет осреднения ошибок точность может быть повышена и предельные расстояния достигают 1—2 кпк. Как видим, этого еще не достаточно для измерения расстояния объектов вблизи центра Галактики. Косвенным путем тригонометрические измерения близких к нам звезд ведут нас и к центру Млечного Пути: они калибруют более мощные методы. Появление астрономических спутников на околоземной орбите сулит значительное увеличение точности измерения параллаксов, но результатов этой работы еще нужно ждать.

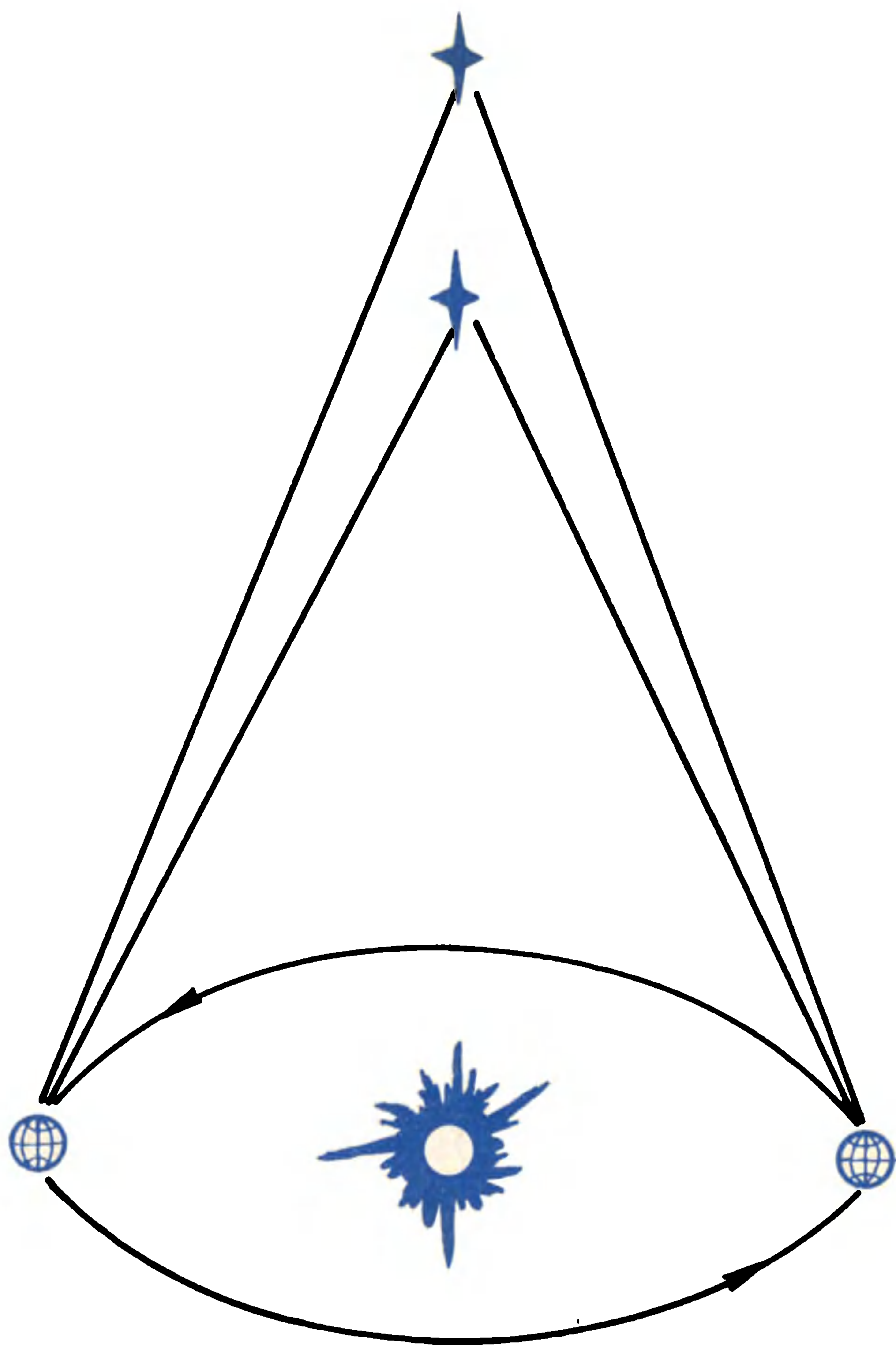
Опираясь на тригонометрические параллаксы близких звезд, астрономы развили многочисленные косвенные методы оценки расстояний по видимому блеску или угловому размеру объектов. Первый метод был известен еще во времена Ньютона, если не раньше. Когда по некоторым признакам, например, по цвету или по спектру, удастся оценить истинную светимость звезды, нетрудно, пользуясь фотометрическим законом обратных квадратов, по видимому блеску звезды определить и расстояние до нее. Главное препятствие здесь в том, чтобы понять, в какой степени блеск звезды ослаблен межзвездным поглощением света. Насколько сложен учет межзвездного поглощения, говорит такой факт: расстояние до некоторых шаровых скоплений — а они традиционно служат важнейшими индикаторами центра Галактики, — до сих пор известно с ошибкой в 1,5—2 раза.

Да что там расстояния! Хотя шаровые скопления — это грандиозные конгломераты из сотен тысяч и даже миллионов звезд, некоторые из них мы не видим вообще за облаками межзвездной пыли. Расчеты показывают, что из двух сотен шаровых скоплений, населяющих Галактику, мы не обнаружили еще несколько десятков скоплений, преимущественно расположенных вблизи или за галактическим ядром. Именно поэтому, определяя расстояние до центра системы шаровых

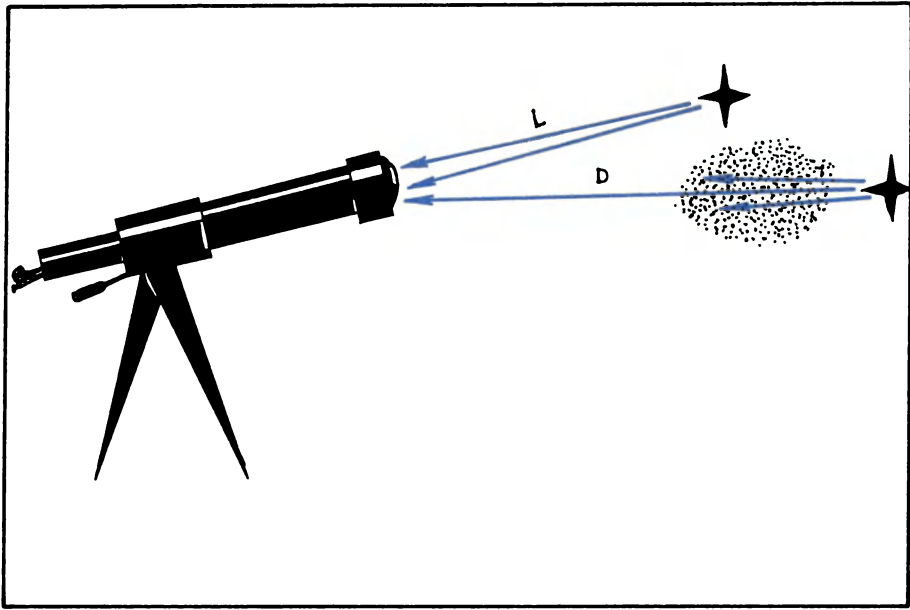
скоплений, который традиционно отождествляется с центром Галактики, мы недооцениваем значение R_0 . Численное моделирование показывает, что эта недооценка может достигать 1,5—2 кпк!

Еще одна важная причина неопределенности в том, что мы вынуждены считать далекие объекты подобными тем, что окружают Солнце. А это может быть не всегда так. Например, определяя расстояния до звезд и звездных скоплений, предполагаем, что все звезды данного типа имеют оди-

В методе тригонометрических параллаксов для измерения расстояния до звезды используется различие направлений на нее при наблюдении из диаметрально противоположных точек земной орбиты



наковую светимость. Однако известно, что с приближением к центру Галактики в атмосферах звезд возрастает содержание тяжелых химических элементов, а значит и светимость. Как именно — пока не совсем ясно. Но не учи-



тывая этот факт, можно очень сильно ошибиться при измерении R_0 .

МЫ ПРИБЛИЖАЕМСЯ К ЦЕНТРУ ГАЛАКТИКИ?

Каковы же результаты этих измерений? Поскольку каждый год публикуется ряд работ с различными данными о величине R_0 , астрономы некоторое время были в растерянности: как сохранить общий язык при обсуждении строения Галактики? Решают эту проблему по-разному: одни авторы указывают, какого значения R_0 они придерживаются, другие выражают результаты своих измерений в безразмерных единицах R/R_0 . В научно-популярной литературе так не принято делать, поэтому из одних книжек мы узнаем, что «расстояние до центра Га-

лактики составляет 10 кпк», а из других — «8 кпк». Реальное же представление о том, каково расстояние до центра Галактики, можно получить из приведенной здесь таблицы, в ней, конечно, собраны не все определения величины R_0 за последние 20 лет. Погрешность каждого определения R_0 в лучшем случае составляет 0,8—1,0 кпк, но может достигать и 2 кпк. Как видим, для этой цели используются самые разные индикаторы — звезды, звездные скопления, эмиссионные туманности, лазерные источники...

И все же каждый ученый не может «играть в свою науку»: для приведения в систему работ по галактической динамике и астрономии требуется придерживаться единого значения R_0 . От этого

В фотометрическом методе измерения расстояний используется сравнение видимого блеска звезд с известным (L) и неизвестным (D) расстояниями

зависит безошибочная стыковка многих других результатов. Поэтому в 1963 г. астрономическое сообщество договорилось принять единые значения важнейших величин, характеризующих размер Галактики (R_0) и скорость ее вращения в районах орбиты Солнца (V_0). Было решено придерживаться следующих значений: $R_0 = 10$ кпк и $V_0 = 250$ км/с.

Однако после этого решения энтузиазм в определении параметров Галактики не ослаб. И нет ничего удивительного в том, что каждая астрономическая школа при-

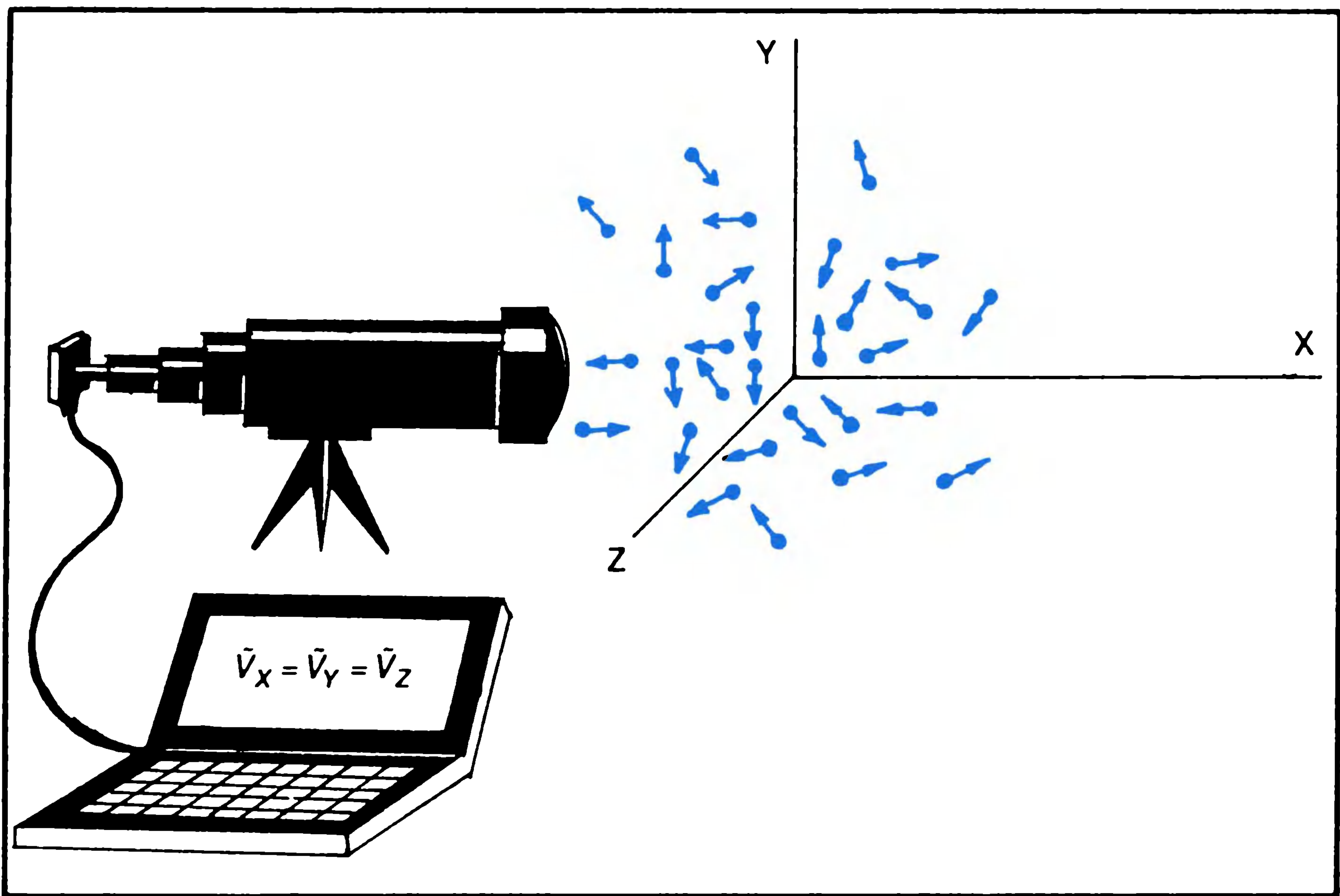
Измерения расстояния до центра Галактики

держивается своих традиций в выборе методов и индикаторов для определения этих величин. Поэтому каждый коллектив астрономов получает и отстаивает свое значение R_0 (то же касается и постоянной Хаббла). Например, многие годы московские астрономы разными методами получали значение $R_0 = 10$ кпк, а астрономы Екатеринбурга совершенно независимыми методами получали $R_0 = 8,5$ кпк. У астрономов даже бытует шутка, что от Екатеринбурга до центра Галактики существенно ближе, чем от Москвы.

В 1985 г. известные астрономы Ф. Дж. Керр и Д. Линден-Белл подготовили сводку всех определений величины R_0 , сделанных за предшествующие 12 лет. Они не стали выяснять, какой из методов лучше или кто из авторов работал точнее, а просто нашли среднее значение R_0 по всем опубликованным результатам: $(8,54 \pm 1,1)$ кпк. Тем же способом они определили скорость вращения Галактики: $(222,2 \pm 20)$ км/с. Основываясь на этой работе, Генеральная ассамблея Международного астрономического союза (Дели, 1985) рекомендовала всем астрономам придерживаться новых значений галактических постоянных: $R_0 = 8,5$ кпк и $V_0 = 220$ км/с.

Любопытно, что годом позже в Институте астрономии (Кембридж, Англия) состоялась крупная конференция, специально посвященная строению

Год	Автор	Метод	R_0 (кпк)
1930	Х. Шепли	Распределение шаровых скоплений	16,0
1974	С. ван ден Берг, Э. Хербст	Распределение звезд поля	9,9
1974	Л. Балона, М. Фист	Движение далеких OB-звезд	9,0
1974	Г. Райбики, М. Лекар	Движение звезд в диске Галактики	9,0
1975	Я. Оорт, Л. Плаут	Распределение звезд типа RR Lyr	8,7
1976	В. Харрис	Центр системы шаровых скоплений	8,5
1976	В. Т. Беликов, В. В. Сыровой	Наилучшая зависимость линейных диаметров шаровых скоплений от их угловых диаметров, светимости, поглощения и величины R_0	8,5
1978	Ж. Вокулер, Р. Бьюта	Центр системы шаровых скоплений	7,0
1978	Т. Сасаки, Т. Ишизава	«Конус избегания» шаровых скоплений	9,4
1978	С. Клюб, Ф. Уотсон	Распределение звезд типа RR Lyr	6,7
1978	Дж. Бил, М. Овенден	Движение OB-звезд, цефеид и рассеянных скоплений в спиральной модели Галактики	10,4
1980	С. Клюб, Дж. Дэйв	Распределение звезд типа RR Lyr	7,1
1980	В. Г. Сурдин	Симметрия в распределении шаровых скоплений по химическому составу	10,2
1982	И. Гласс, М. Фист	Распределение звезд типа RR Lyr и типа Миры Кита	9,2
1982	К. Френк, С. Уайт	Распределение шаровых скоплений	7,5
1983	Дж. Херман	Динамика и размер OH/IR — мазеров	9,2
1985	Л. В. Юревич	Положение и движение гигантских молекулярных облаков	8,2
1986	М. Рейд и др.	Движение H ₂ O-мазеров в облаке SgrB2	7,1
1986	К. Рольфс и др.	Положение и движение HII-областей	7,9
1990	С. Потташ	Распределение планетарных туманностей	7,7
1990	Т. Г. Малышева и Л. А. Пшеничникова	Распределение и движение цефеид	9,1



Млечного Пути. С большим обзором определений R_0 там выступил известный южноафриканский астроном М. Фист, дотошно проанализировавший различные методы определения этой величины и результаты разных авторов. В итоге он получил заметно иное значение $R_0 = (7,8 \pm \pm 0,8)$ кпк. Уж не приближается ли центр Галактики к Земле?

ЕСТЬ НАДЕЖДА!

Если говорить серьезно, то измерение расстояний — большое место астрономии, ее главная проблема и на неожиданный прогресс здесь надеяться не приходится. Но все же в ближайшие годы мы смотрим с оптимизмом: есть надежда на быстрый прогресс в измерении больших расстояний. Во-

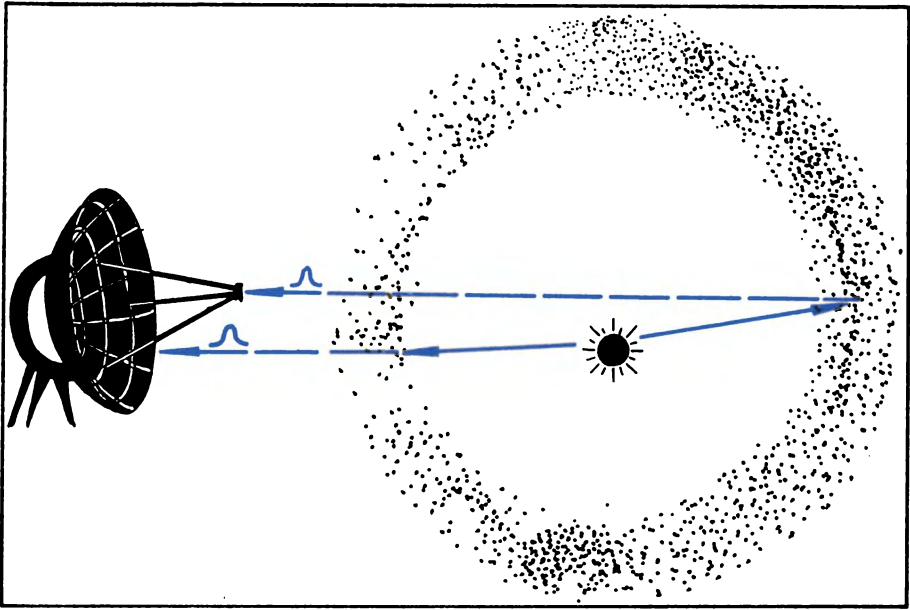
первых, совершенствуются традиционные оптические методы. Появление ПЗС-приемников позволяет (тем, у кого они есть) существенно повысить точность измерения блеска слабых звезд, дает качественные спектры. Внеатмосферные ультрафиолетовые наблюдения способствуют изучению свойств межзвездной пыли и учету ее влияния на блеск далеких звезд. Об астрономических спутниках я уже упоминал, а вот о радиоинтерферометрии нужно рассказать особо.

Угловое разрешение больших антенных систем и особенно межконтинентальных радиоинтерферометров достигает сейчас $0,001''$, что недостаточно для прямого тригонометрического измерения расстояний до источников в центре Галактики, но с

Если звездное скопление сферически симметричное, то можно считать, что средняя скорость звезд вдоль любого направления одинакова. Этого достаточно, чтобы из сравнения лучевых и угловых скоростей звезд определить расстояние до скопления

запуском в ближайшие годы на околоземную орбиту крупных радиоантенн это станет возможным. Уже сейчас радиоастрономы предлагают очень интересные методы для измерения R_0 .

Один из них похож на метод статистических параллаксов в звездной астрономии. Представим группу хаотически движущихся объектов, например, звезд в скоплении. По эффекту Доплера можно измерить среднюю скорость их движения вдоль луча зрения,



Изменение яркости центральной звезды одновременно достигает всех частей сферической оболочки. Но возбужденный этим излучением мазерный сигнал приходит к Земле с различным запаздыванием от разных частей оболочки

а по изменению их видимого относительного положения — определить среднюю угловую скорость. Чтобы перевести угловую скорость в линейную, требуется знать расстояние до звезд. Но давайте «обернем» задачу: предположим, что средние скорости звезд вдоль и поперек луча зрения равны (а почему нет?). Тогда вычисляется расстояние до скопления.

Радиоастрономы не могут наблюдать звездные скопления: нормальные звезды очень слабые ис-

точники радиоизлучения. Но вблизи центра Галактики есть гигантское облако межзвездного вещества Стрелец В2 (Sgr В2), в котором наблюдается несколько крохотных хаотически движущихся уплотнений, излучающих в линии молекулы воды. Это излучение, усиленное мазерным эффектом, позволяет очень точно определять лучевую скорость и угловое перемещение уплотнений. Наблюдая в течение нескольких лет H_2O -мазеры в источнике Sgr В2, радиоастрономы оценили расстояние до него в $(7,1 \pm 1,6)$ кпк. В перспективе данный метод может стать значительно точнее.

Еще одна работа радиоастрономов связана с наблюдением мазерных источников в линии молекулы OH . Излучение возникает в околозвезд-

ных оболочках, окружающих красные сверхгиганты, которые в изобилии населяют район центра Галактики. Поскольку оболочки расширяются, кажущаяся спектральная линия имеет «двугорбый» вид: излучение обращенной к нам части оболочки сдвинуто в синюю область спектра, а излучение противоположной части оболочки — в красную. Так как возбуждающая оболочка звезда время от времени «мигает», мазерное излучение также испытывает переменность. Но красный и голубой компоненты линии изменяются не синхронно: сначала изменение наблюдается в голубом компоненте, а затем в красном. Задержка равна времени пересечения светом диаметра оболочки. Так радиоастрономы узнают линейные диаметры оболо-

чек этих звезд. А с помощью многоэлементных радиотелескопов, таких как VLA, удастся измерить и угловой диаметр околос звездных оболочек. Сопоставляя угловые и линейные размеры оболочек, излучающих мазерную линию OH, радиоастрономы оценили значение $R_0 = (9,2 \pm 1,2)$ кпк. Можно надеяться, что и этот метод еще получит свое развитие.

Наконец, важным оружием для уточнения R_0 становится численное моделирование Галактики на ЭВМ. Создав математическую модель Галактики, можно имитировать процесс ее наблюдения из Солнечной системы и понять, насколько сильно межзвездное поглощение света мешает обнаружить далекие звезды и шаровые скопления. В итоге это позволяет вносить коррективы в измеренное значение R_0 .

С другой стороны, имитируя движение близких к Солнцу объектов в плоскости Млечного Пути с учетом искривления их траекторий в спиральных рукавах, можно определить положение центра вращения галактического диска (точно так же, как по кусочку дуги окружности можно найти положение ее центра). Кстати, эти модели позволяют не только определять значе-

ние R_0 , но и уточнять картину спиральных рукавов Галактики, о которых мы еще очень мало знаем.

В итоге астрономы хотели бы создать всеобъемлющую компьютерную модель Галактики, в которой ее многочисленные параметры увязаны между собой так, чтобы наилучшим образом соответствовать всем имеющимся наблюдениям. Но этот грандиозный труд еще ждет своего часа. Пока испытываются «локальные» модели, описывающие только распределение или только движение в Галактике объектов определенного класса. По-прежнему популярны в этом смысле шаровые скопления. Для них создаются новые модели и используются новые методы «увязки» параметров, например метод максимального правдоподобия. Он позволяет выбрать из некоторого класса априорных моделей Галактики ту, которая наилучшим образом соответствует наблюдениям.

Разумеется, при этом существует некоторый произвол, поскольку автор модели сам выбирает ее наиболее общие свойства. Например, для системы шаровых скоплений Галактики нужно решить с самого начала, как может изменяться пространственная плотность числа

скоплений с удалением от центра Галактики и каковы свойства межзвездного поглощения света. Чтобы определить это, астрономы изучают соседние галактики, богатые шаровыми скоплениями (со стороны виднее!). А затем методом максимального правдоподобия оптимизируют избранную модель для нашей Галактики. Примерно так женщины, выбрав фасон и купив выкройку-полуфабрикат, подгоняют ее под себя.

Первые эксперименты с такими моделями Галактики уже проведены московскими астрономами А. С. Расторгуевым, Е. Д. Павловской, О. В. Дурлевич и А. А. Филипповой в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга. Их модель распределения шаровых скоплений в Галактике дает значение $R_0 = (7 \pm 1)$ кпк. Как видим, и Москва стала «приближаться» к центру Галактики. Но окончательно проблема еще не решена, спор между астрономами о величине важнейших параметров Галактики продолжается. По-видимому, в ближайшее время мы значительно точнее узнаем характеристики «звездного острова», на котором живем.

Движения земной коры и уровень Балтийского моря

С. Н. ШАБАРОВ,
кандидат технических наук

Земля постоянно меняет свой облик: ее поверхность испытывает воздействие внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) природных факторов, включая антропогенные и космические. Регион Балтийского моря — один из наи-

более характерных, и давно замечено, что происходящие процессы отражаются в колебаниях уровня моря. Прикрепленный к гранитному устою моста футшток, установленный в Кронштадте (Земля и Вселенная, 1982, № 5, с. 62),

и служит для измерений этих колебаний, начатых еще по указанию Петра I. Но «нуль» Кронштадта оказывается выше нулей других футштоков на Балтике, да и на всех других морях, омывающих Европу.

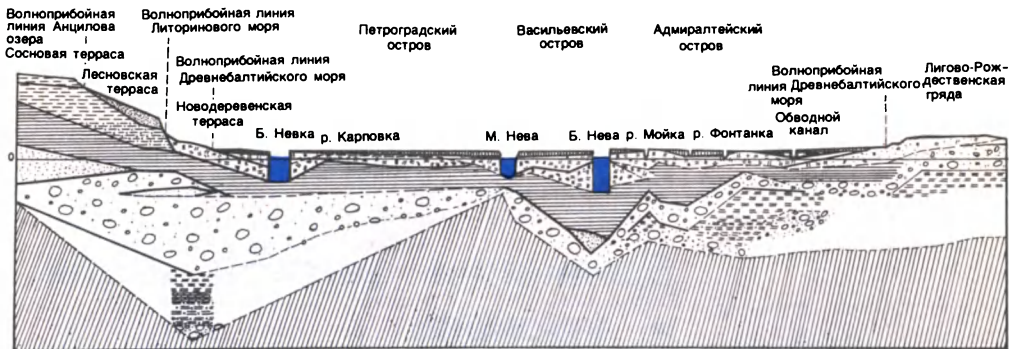
НАД ЧЕМ ВОЗВЫШЕН «ГРАД ПЕТРОВ»?

На формирование морфоструктуры южного склона Балтийского кристаллического щита и района Приневской впадины повлияли деятельность ледников и ледниковых талых вод, гляциостатическое поднятие, произошедшее вследствие освобождения от мощного, толщиной порядка одного километра, ледового покрова. Несомненно, свой след оставили также морские трансгрессии (наступление моря), регрессии (отступление моря) и

тектонические движения земной коры. В период от 12 до 4 тыс. лет назад Приневская впадина и прилегающие к ней районы затапливались последовательно водами бассейнов, получивших от геологов такие романтические названия: Приледниковое озеро, Первое Иольдиево море, Балтийское Ледниковое озеро, Второе Иольдиево море, Анцилловое озеро, Литориновое море... При наступлении каждой из водных трансгрессий и регрессий местность региона преобразовалась. Так, например,

бассейн Иольдиева моря объединял впадины, занимаемые теперь Балтийским морем, Ладожским и Онежским озерами и Приневской низменностью. Ладожское озеро было заливом Балтики при анциловой и литориновой трансгрессиях. Оно сообщалось с Балтийским морем также через пролив на Карельском перешейке. Ладожское озеро и Приневская впадина имеют тектоническое происхождение.

Вполне соизмеримы с тектоническими следы деятельности ледников: грунты под Петербургом



представлены ледниковыми, межледниковыми и позднеледниковыми четвертичными отложениями общей мощностью от 10 до 65 м. Отложения Литоринового моря — пески, супеси с торфяно-глинистыми прослойками — расположены на глубине до 8 м от поверхности. Песчаную островную часть на 2—5-метровой глубине подстилают ленточные глины, повторяющие микрорельеф поверхности более глубоких отложений. Постепенно поднимаясь к южным и северным краям Невской дельты, они выходят на дневную поверхность. Ниже глины расположены моренные отложения, мощностью в районе Выборгской террасы около 50 м. Ниже этих ледниковых отложений залегает слой голубовато-серых глин мощностью 64—90 м, образующий впадину под центральной частью города. Эта глина выступает в роли коренной породы. Под ней располагаются рыхлые песчаники белого или светло-серого цвета мощностью от 19 до 53 м, под которыми залегает пласт зеленоватой плотной

кембрийской глины толщиной от 80 до 130 м. Ее подстилают кварцевые песчаники слоем 6—12 м. На глубине около 200 м начинается кристаллический фундамент — архейские гранито-гнейсы. Он простирается в направлении с юго-запада на северо-восток. В районе Петербурга средний угол наклона фундамента соответствует понижению три метра на каждый километр. В среднем он на 189 м ниже уровня моря. В районе Выборга кристаллические породы выходят на поверхность Земли. Под Москвой они погружены на 1507 м...

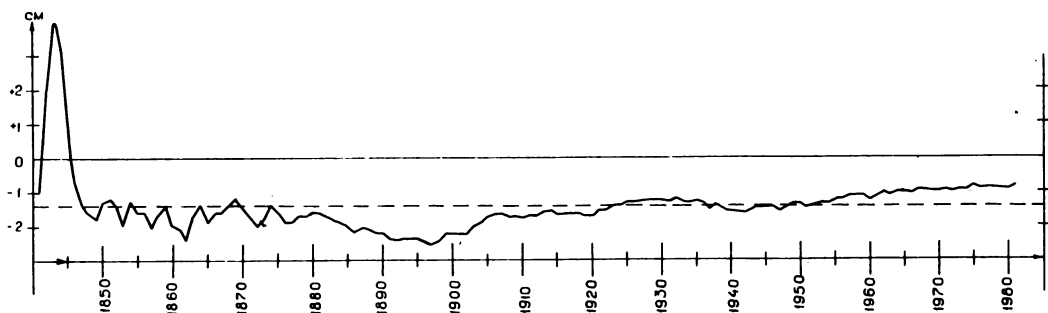
КОГДА СКАНДИНАВИЯ БЫЛА АРХИПЕЛАГОМ

В то время, когда Балтийское море сообщалось с Северным и Белым морями, Скандинавский полуостров представлял собой остров, или точнее, группу островов. Об этом писали в своих сочинениях ученые древней Греции и Рима: Диксарх, Эратосфен, Гиппарх, Страбон, Плиний, Птолемей, Вуль-

Четвертичные отложения в районе Санкт-Петербурга, соответствующие различным этапам Ледникового периода

фстан и др. Приневская впадина, заполненная водами Балтики, тогда представляла собой пролив, соединяющий Балтийское море с Ладожским озером.

Наш знаменитый летописец Нестор, живший на рубеже XI и XII вв., ничего не писал о Неве. Он упоминает только озеро Нево (Ладожское), подробно рассказывая о пути «из варяг в греки», отмечая, что «того озера виидет устье в море Варяжское». В другой древнерусской рукописи сообщается, как посланцы из Новгорода дошли «до чудесных селений Пулк и Дудора», где «спеша в ладии и поплывоша». Эти топонимы, видимо, трансформировались так: Пулк—Пулкола—Пулково, Дудор — Дудоров — Дудергоф. Судя по старинным описаниям, ширина пролива достигала 15—20 км.



Активность геодинамических процессов отмечена на побережье Балтики во второй новгородской летописи. Там сообщено о происшедших в 1107 и 1230 гг. землетрясениях. В этой же летописи за 1176 г. говорится, что река Волхов в течение пяти дней имела обратное течение — «шла на возвод». Согласно историческим преданиям, в XII в. в результате стихийных катастроф погибло несколько городов.

По материалам многочисленных наблюдений, шведский ученый Андерс Цельсий сделал вывод, что уровень Ботнического залива понизился за 100 лет на 45 дюймов. Ряд других признаков подтверждал его вывод о понижении уровня моря: пристань 1620 года, отстоящая уже далеко от моря в 1736 г., находки в удаленных от моря местах остатков кораблей, якорей, причальных колец, рассказы рыбаков-старожилов. Впоследствии установили также заметное понижение уровня Финского залива, а у колебания уровня Балтийского моря обнаружена связь с понижением вод-

ной поверхности Ладожского озера, в результате которого, например, город Старая Ладога, располагавшийся в VIII веке на побережье, теперь отстоит от него на 15 км.

Регулярные наблюдения уровня моря в Петербурге начались в 1715 г. В XIX в. они получили в России дальнейшее широкое распространение в качестве методов регистрации движений земной коры (наряду с геометрическим нивелированием). В 30-е годы к берегам Балтийского моря направились российские экспедиции Рейнеке и Козакевича, а также английская — Чарлза Ляйзлла. По данным Рейнеке, поднятие земной коры за столетие составило у Свеаборга — 1,4 м, у Ревеля — 0,4 м, у С.-Петербурга — 0,3 м. Для Швеции Ляйзлл определил величину поднятия в пределах от 0,9 до 1,2 м за сто лет.

«НУЛЬ» КРОНШТАДТСКОГО ФУТШТОКА

Среди уровнемерных станций России, находящихся на Балтийском море, первостепенное зна-

Колебания уровня моря по средним многолетним значениям по Кронштадтскому футштоку в 1850—1980 гг.

чение принадлежит, несомненно, кронштадтской, имеющей почти двухвековую историю, большой ряд наблюдений и обширную литературу. Материалы наблюдений с прошлого века применяются для изучения движений земной коры в этом месте: марка футштока Кронштадта — исходный пункт государственного нивелирования. В настоящее время счет высот ведется от среднего уровня моря за 1825—1839 гг., закрепленного в 1840 г. М. Ф. Рейнеке горизонтальной высечкой в гранитном устое Синего моста через Адмиралтейский (Обводный) канал. Для более точного обозначения среднего уровня в 1886 г. высечку закрепили медной пластиной, впоследствии утраченной и вновь восстановленной в 1913 г. Десять раз сопоставлялся «нуль» Кронштадтского футштока с материковыми марками;

пять таких измерений (в 1872, 1892, 1931, 1947, 1968 гг.) получили практическое применение на очередных этапах дальнейшего развития государственных нивелирных сетей. Наконец, материалы наблюдений за уровнем моря в Кронштадте совместно с аналогичными данными других станций, применялись для вывода среднего уровня Балтийского, Черного и Азовского морей, от которого вычислялись высоты государственных нивелирных сетей начиная с 1894 г. по 1934 г.

Таким образом, Кронштадтский футшток объединяет два назначения — уровнемерной станции и исходного пункта государственного нивелирования.

По ряду причин (сложность привязки, ненадежность крепления марки, осадка устоев моста, а главным образом, изменения уровня режима в связи со строительством комплекса защитных сооружений от наводнений), Кронштадтский футшток сейчас утратил свое основное значение. Построена и функционирует новая уровнемерная станция-дублер Кронштадтского футштока в с. Шепелево, обеспеченная капитальной высотной основой — вековым и фундаментальным реперами.

В 1922 г. известный финский исследователь Р. Виттинг дал следующую оценку измерениям уровня на станции: «Если бы наблюдения в Кронштадте были так достоверны, как они должны были бы быть, то можно было бы быть уверенным, что эта

часть Фенноскандии подвержена сильным колебаниям». В 1926 г. геолог С. А. Яковлев отметил: «Эти последние заключения Виттинга вполне совпадают с приведенными ниже нашими исследованиями, основанными как на показании колебаний уровня моря, так и на некоторых геологических наблюдениях». Исследования С. А. Яковлева были отражены в докладе профессора А. П. Герасимова «Медленные движения суши и их изучение», сделанном на Втором геодезическом совещании в Москве в 1927 г. Он констатировал, что «...все же можно, по-видимому, считать неустойчивой эту часть материка Европы, а вместе с тем неустойчивым оказывается и положение того футштока, к нулю которого приводятся все высотные данные нашей страны». Возможно, амплитуда движений земной коры в Кронштадте и их скоростей наблюдалась недостаточно точно. Но здесь нужно иметь в виду еще две стороны. Величины этих движений, в сравнении с финскими данными, могли быть преуменьшены за счет расположения Кронштадта в районе сопряжения края южного склона Балтийского кристаллического щита, имеющего сводовый характер поднятия, и северо-западной части Русской платформы, где горообразовательные процессы идут с меньшими скоростями. С другой стороны, опускание района депрессионной воронки с увеличением их скоростей мо-

жет быть расширено и углублено вследствие откачки очень больших объемов подземных вод. Здесь в действие вступает антропогенный фактор.

На картах современных вертикальных движений земной коры, изданных ГУГК в 1973 и 1986 гг. по уровнемерным станциям Кронштадт и Ломоносов, приведены значения скоростей опусканий земной коры, соответственно, равные 0,2 и 0,6 мм в год. Положение нулевой изолинии почти совпадает с данными Р. Виттинга за 1800—1922 гг. за исключением Выборга, где скорости поднятия коры, показанные на упомянутых картах, ближе подходят к более поздним финским данным за 1903—1938 гг. (соответственно 0,8, 1,5 и 2,0 мм в год). В настоящее время нулевая изолиния поднятия (изобазы) проходит между Приморском и Кронштадтом, далее — через середину Рижского залива и по южному побережью Балтийского моря.

Многолетние наблюдения колебаний уровня моря за период с середины XIX в. по 80-е гг. XX в. позволяют заключить, что на изменение высоты уровня моря влияет ряд факторов — ветер, атмосферное давление, соленость и плотность воды, а также, по-видимому, положение небесных светил. Однако при длинном ряде наблюдений эти воздействия могут быть компенсированы. Фактический подъем земной коры продолжался лишь до 1897 г., а потом начался период ее опускания с

небольшими поднятиями в отдельные периоды.

Можно сказать, существует своеобразный «феномен марки Кронштадтского футштока». Он заключается в том, что высоты средних уровней морей, омывающих Западную Европу, по данным Амстердамского футштока, пересчитанным нами в Балтийскую систему на основе точной нивелировки (1913 г.) Хельсинки-Кронштадт оказываются ниже «нуля» Кронштадтского футштока. Анализируя высоты, можно видеть, что уровень Балтийского моря, по мере приближения к Атлантическому океану, постепенно понижается. К северной же части Ботнического залива он по-

вышается. В Атлантике, у берегов Франции (Шербур) понижение уровня доходит до 0,5 мм, затем до берегов Португалии (Касканс) идет повышение уровня и после Касканса — новое понижение, достигающее к Триесту 0,66 м ниже нуля Кронштадтского футштока. Кроме того, «нуль» Кронштадтского футштока выше «нуля» соответствующих уровней постов на Черном, Азовском, Каспийском, Белом, Карском, Лаптевых, Восточно-Сибирском, Охотском и Японском морях.

Причины превышения среднего уровня моря в Кронштадте над другими морями и пунктами на Балтике пока не ясны. По-видимому, движения

земной коры в рассмотренном регионе Балтийского моря повсеместны. Их проявление подтверждается сравнением результатов натурных обследований, нивелирования и данными геологических и уровнемерных наблюдений за разные периоды времени. Преимущественный вид движения коры — поднятие. Опускание поверхности, имеющее место в районе депрессионной воронки, в которой расположен С.-Петербург, носит локальный характер — оно происходит на фоне общего движения вверх, а причины его заслуживают специального рассмотрения.

Информация

КРАТЕР НА ДНЕ МОРЯ

Изучая материалы сейсмического зондирования дна Баренцева моря, норвежский геолог С. Т. Гудлаугссон из Университета в Осло пришел к выводу, что в районе, расположенном примерно на равном расстоянии между крайней северной точкой Скандинавского полуострова и архипелагом Свальбард (Шпицберген) в пункте с координатами 73°48' с. ш. и 29°40' в. д. на дне моря находится кратер, скорее всего, астрономического происхожде-

ния. Он имеет диаметр 39 км и залегает в хорошо сохранившихся Мьёлнирских структурах континентального шельфа. Кратер находится в 400 м под поверхностью моря и перекрывается почти километровым слоем осадочных пород. Согласно оценкам, падение астероида, породившее кратер, произошло в эпоху, отстоящую от нас на 125—161 млн лет, когда архипелаг располагался под водой.

Гудлаугссон полагает, что

упавшее небесное тело было поперечником от 0,7 до 2,5 км. Оно ударило в мелководье, нарушив поверхность морского дна, покрытую слоем осадков толщиной около 5 км. В этом слое должны сохраниться обломки выброшенных падением пород. Интересно исследовать этот кратер, используя весь арсенал геофизических средств и методов.

Geology, 1993, 21, 4

Динамика вод и проблемы экологии Черного моря

И. М. ОВЧИННИКОВ,
доктор географических наук
Южное отделение Института
океанологии им. П. П. Ширшова РАН

Специальными гидрофизическими исследованиями, проведенными в Южном отделении Института океанологии РАН (г. Геленджик), установлено, что в зимнее время при усилении циркуляции вод происходит более активное взаимодействие поверхностной и глубинной водных масс как в центрах циклонических круговоротов, так и в прибрежной зоне моря. В результате их перемешивания значительная часть сероводорода из глубинных вод окисляется, и в структуре Черного моря



между кислородной и сероводородной зонами в среднемноголетнем масштабе поддерживается состояние, близкое к равновесию. В то же время постоянно возрастающий объем антропогенных загрязнений в прибрежных водах активно распространяется до больших глубин и, вовлекаясь в поперечную циркуляцию вод, представляет собой гораздо большую экологическую опасность, чем весьма проблематичная возможность полного сероводородного заражения этого бассейна.

ЗИМНЕЕ УСИЛЕНИЕ ЦИРКУЛЯЦИИ

Прогрессирующее ухудшение экологической обстановки на Черном море побудило Южное отделение Института океанологии им. П. П. Ширшова

РАН расширить гидрофизические исследования экосистемы Черного моря. Основным их направлением стало изучение динамических процессов, которые во многом определяют экологическое состояние этого бассейна

в целом. Важнейший среди этих процессов — вертикальное взаимодействие поверхностных и глубинных вод, т. е. водообмен между кислородной и сероводородной зонами.

Наиболее благоприятные условия для активного вертикального пере-

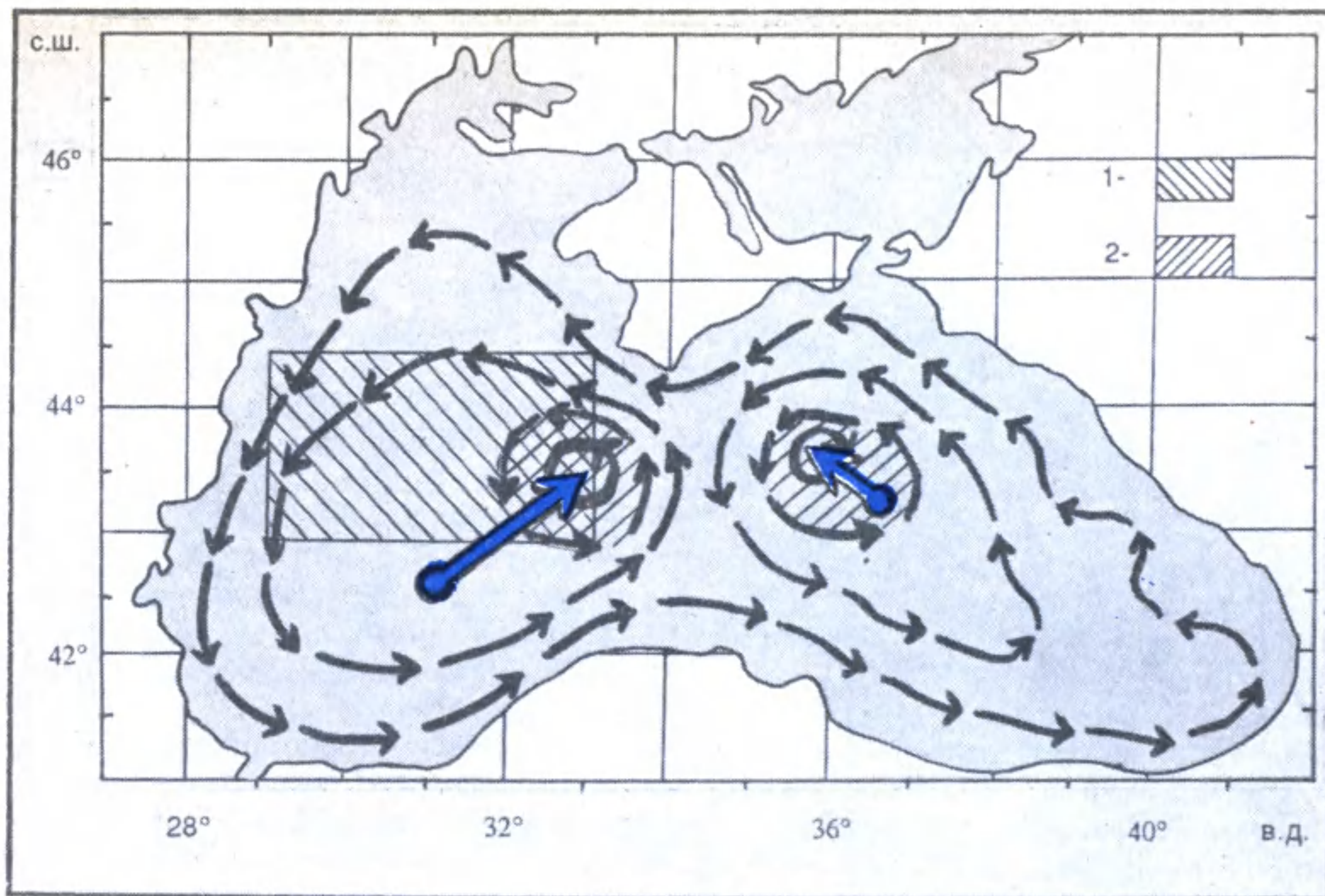


Схема зимней циркуляции вод Черного моря и районы формирования холодных промежуточных вод. 1 — район проведения исследований НИС «Яков Гаккель» в 1985 г.; 2 — центры формирования холодных промежуточных вод

мешивания и водообмена возникают в зимнее время, когда вся акватория Черного моря подвергается энергичному воздействию холодного полярного или арктического воздуха. Его вторжения сопровождаются сильными ветрами и резким понижением температуры воздуха, иногда намного ниже 0°C . В результате сильного выхолаживания поверхностных вод, их турбулентного и конвективного перемешивания сначала «размывается»

летний термоклин под прогретой водой, а затем трансформируется и холодный промежуточный слой (ХПС). Поэтому поверхностный слой воды в Черном море становится квазиоднородным по вертикали до главного пикноклина (слоя скачка плотности). Сильные и устойчивые зимние ветры приводят к значительному усилению циркуляции вод Черного моря. Поэтому динамический подъем вод в середине циклонических круговоротов резко активизируется и вершина купола пикноклина в каждом из них поднимается близко к поверхности. Тонкий и более соленый поверхностный слой над куполом пикноклина под воздействием холодных и сильных ветров быстро выхолаживается. Таким образом,

благоприятное сочетание климатических и океанологических факторов предопределяет избирательный характер максимального развития зимней конвекции и формирования аномально холодных промежуточных вод в центрах циклонических круговоротов.

Выдвинутая нами в 1982 новая гипотеза о формировании холодных промежуточных вод в центрах основных циклонических круговоротов Черного моря нашла свое подтверждение в наблюдениях научно-исследовательского судна (НИС «Яков Гаккель» в зиме 1983 и 1985 гг. Эти экспедициями впервые в середине циклонических круговоротов были обнаружены и изучены «липсообразные пятна» холодной и соленой во-

глубинных вод в центрах циклонических круговоротов Черного моря.

Для наглядности приведем пример суровой зимы 1985 г., когда зимняя температура воздуха в Новороссийске была на $1,3^{\circ}\text{C}$ ниже средневековой «нормы». При уплотнении поверхностных вод в эту зиму конвективное перемешивание вызывало эрозию купола пикноклина и он ослабевал. Вместе с тем, увеличение солёности в поверхностном слое над куполом пикноклина до $19,4\text{‰}$, благодаря конвекции, позволяет предположить, что таким же путем биогены преодолевают пикноклин и обеспечивают биологическую продуктивность поверхностных вод. Изучению этого процесса в настоящее время уделяется самое пристальное внимание. В теплые зимы, когда положительные отклонения зимней температуры воздуха от вековой «нормы» достигают $2,5\text{—}3,0^{\circ}\text{C}$, конвективные процессы в середине циклонических круговоротов развиваются аналогичным образом, но более вяло.

При усилении зимней циркуляции активный подъем глубинных вод в середине циклонических круговоротов приводит к тому, что купол пикноклина поднимается близко к поверхности (на $20\text{—}35$ м) в область проникновения света (в фотическую зону). Поэтому конвективный вынос биогенов к поверхности благоприятствует массовому развитию фитопланктона, а затем — постепенному повышению биопродуктивности в по-

верхностном слое по всему Черному морю. При этом прозрачность поверхностных вод значительно понижается.

Другой существенный фактор, который приводит к дестабилизации пикноклина, — **внутренние волны**. Развиваясь в пикноклине и достигая высоты $10\text{—}12$ м, они оказывают большое влияние на структуру как поверхностного, так и «глубинного» слоя. Возмущения на вершинах внутренних волн особенно отчетливо проявляются в повышении солёности и понижении содержания кислорода, что прослеживается до поверхности моря. Еще более резко все эти возмущения проявляются при опрокидывании (диссипации) внутренних волн. На подошвах внутренних волн (в понижениях между их вершинами), наоборот, происходит «закачивание» кислорода до глубин $150\text{—}200$ м, что вызывает активное окисление сероводорода в поднимающихся глубинных водах.

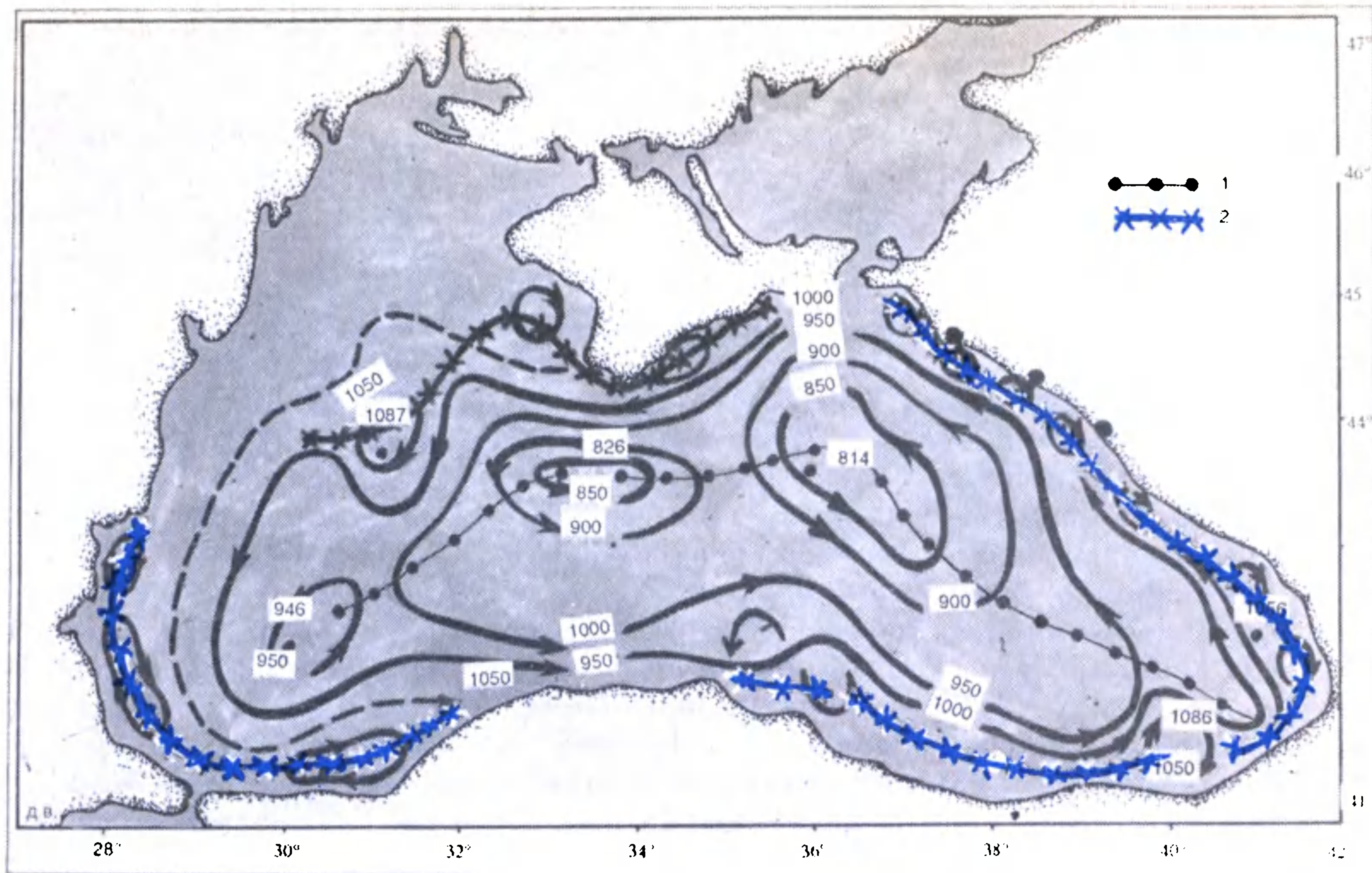
Как показывают исследования, благоприятное сочетание климатических и океанологических условий для активного взаимодействия поверхностных и глубинных вод в зимнее время характерно не только для центров основных циклонических круговоротов, но и для всей обширной зоны дивергенции в Черном море.

ОБНОВЛЕНИЕ ИДЕТ С ГЛУБИН

В результате зимнего вертикального водообмена в центрах циклониче-

ских круговоротов ниже пикноклина происходит активное и полное окисление сероводорода, растворенного в поднимающихся здесь глубинных водах. Этому процессу окисления подвергается примерно половина всего объема сероводорода, избыток которого накапливается в глубинных водах в течение года. Проникающие через пикноклин в поверхностный слой свободные от сероводорода глубинные воды выступают как основной фактор пополнения, обновления и самоочистки поверхностных вод открытого моря. Одновременно они обогащают поверхностный слой биогенными элементами, обеспечивая естественную биопродуктивность. Вместе с тем, подъем более соленых глубинных вод в поверхностный слой и энергичное выхлаживание этого слоя в зимнее время способствуют формированию в центрах циклонических круговоротов аномально холодных, соленых и тяжелых поверхностных вод. Эти воды, сползая по куполу пикноклина, ежегодно заново возрождают холодный промежуточный слой, т. к. старый ХПС в начале зимы, как правило, полностью размывается конвекцией.

Зная среднемноголетний объем холодного промежуточного слоя (~ 20000 км³) и соотношение поверхностных и глубинных вод в нем ($1/5\text{—}1/6$), можно приблизительно определить и тот объем глубинных вод, которые ежегодно, преодолевая пикноклин, участвуют в об-



циркуляция вод в открытой части Черного моря зимой 1985 г. по данным НИС «Яков Гаккель» и схема антициклонических вихрей вдоль побережья. —о— — центральная зона дивергенции, —х— — прибрежная зона конвергенции)

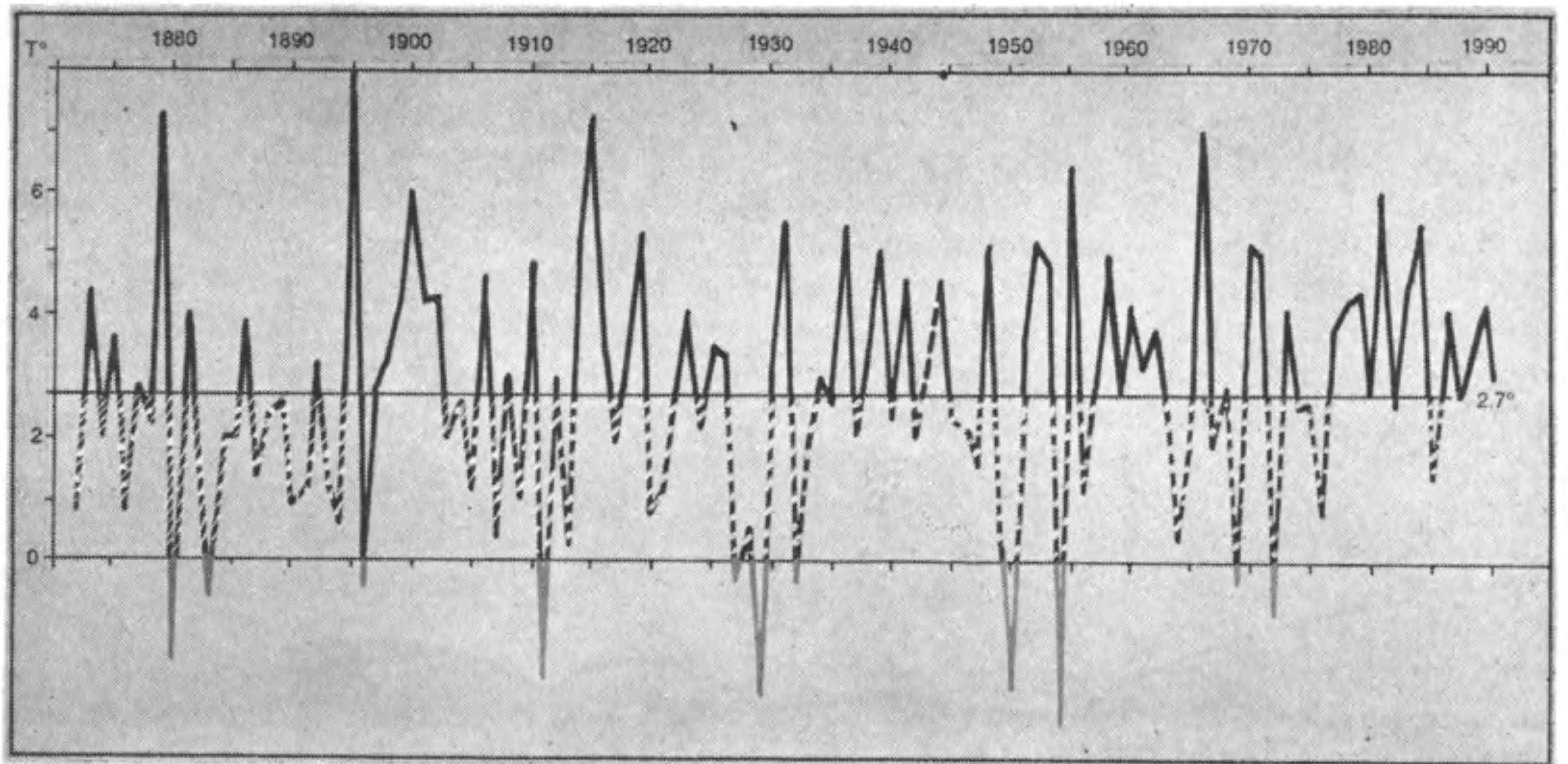
управлении сначала ХПС, а затем всего поверхностного слоя. Он составляет около $3\ 000\ \text{км}^3$. В период наибольшего выхолаживания поверхностного слоя, продолжающегося не более месяца, в пределах холодных пятен площадью $40\ \text{тыс. км}^2$ глубинные воды поднимаются со скоростью в среднем $0,02\ \text{см/с}$. Влияние поднимающихся глубинных вод на свойства поверхностного слоя Черного моря, по-видимому, весьма значительно, если

учесть, что объем речного стока в море составляет всего $340\ \text{км}^3/\text{год}$, а антропогенное изъятие пресных вод $\sim 40\ \text{км}^3/\text{год}$.

Поскольку состояние экосистем Черного моря далеко не благополучно, особого внимания и изучения заслуживают также структура и динамика вод его прибрежной зоны, испытывающей максимальную антропогенную нагрузку. Здесь интенсивный подъем глубинных вод в центрах циклонических круговоротов компенсируется активным опусканием поверхностных вод на их периферии, т. е. в прибрежной зоне. В 1988 г. мы предложили новую гипотезу об антициклонической завихренности течений и квазистационарной зоне конвергенции справа от Ос-

новного черноморского течения, идущего вдоль всего побережья моря.

Прежде всего необходимо отметить, что прибрежная зона конвергенции (сходимости поверхностных вод) выступает как естественная и физически обоснованная граница, которая подразделяет Черное море на две экологически обособленных области с резко различающимися океанологическими характеристиками. К первой из них относится открытая часть моря с преимущественно циклоническим движением более холодных, соленых и сравнительно чистых вод. И вторая область — узкая прибрежная зона, где на всем ее протяжении прослеживаются мезомасштабные антициклонические вихри,



заполненные более теплыми, распресненными и загрязненными прибрежными водами.

Таким образом, на краю шельфа (в районе свала глубин) преобладают антициклонические вихри, которые развиты до глубины 150—200 м и заполнены более теплой и распресненной водой. Влияние этих вихрей, трансформирующих холодный промежуточный слой, отчетливо прослеживается примерно до глубин 500 м. В «сверхглубоких» антициклонических вихрях (до 1000—1200 м), недавно обнаруженных нами у западного побережья Черного моря, влияние на структуру вод распространяется практически до дна. Такое глубокое воздействие антициклонических вихрей на гидрологическую структуру в прибрежной зоне объясняется тем, что здесь в нисходящем движении вод складываются два фактора: вертикальная составляющая скорости в

антициклонических вихрях, направленная вниз; и опускание вод на периферии основных циклонических круговоротов. Поэтому опускание вод через систему антициклонических вихрей вдоль всего побережья Черного моря происходит гораздо интенсивнее, чем это представлялось ранее. Эта особенность прибрежной зоны конвергенции и интенсивный подъем глубинных вод в центрах циклонических круговоротов — основная причина активности поперечной циркуляции и быстрого обновления глубинных вод, зараженных сероводородом. По нашей оценке, время обновления этих вод объемом $523\ 000\ \text{км}^3$ составляет примерно 174 года. Возможность подобного короткого срока обновления глубинных вод в Черном море (порядка 100—200 лет) обосновывалась косвенными расчетами многих исследователей, начиная с конца 40-х годов.

Изменчивость среднезимней температуры воздуха в Новороссийске за период с 1872 по 1991 гг. (по ежегодным данным)

При опускании поверхностных вод в прибрежной зоне конвергенции происходит также активное окисление сероводорода до глубин 250—300, а иногда до 500—600 м. В процессе этого окисления нейтрализуется примерно половина того запаса сероводорода, избыток которого накапливается в глубинных водах за год. Поэтому окислительные процессы в зоне дивергенции открытого моря и в прибрежной зоне конвергенции приводят, по-видимому, к балансу кислородной и сероводородной зон в среднемноголетнем масштабе.

Существование прибрежной зоны сходимости поверхностных вод

позволяет также разрешить проблему шельфовых вод, которые постоянно пополняются и распресняются в основном за счет речного стока. Бюджет пресных вод в прибрежной зоне, ограниченной 100-метровой изобатой, составляет около $300 \text{ км}^3/\text{год}$. Предположим, что этот объем перемешивается с водой, имеющей соленость 19‰ (в пропорции 1:18). Тогда в течение года на шельфе формируется 5700 км^3 воды с соленостью 18‰. Из них 360 км^3 переносится через пролив Босфор в Средиземное море и $2000\text{—}2500 \text{ км}^3$ в процессах бокового обмена, вероятно, участвует в распреснении вод центральной части моря. Тогда около 3000 км^3 этой распресненной воды (до 18‰) вовлекаются в прибрежную зону конвергенции.

Опускающиеся в эту зону распресненные воды принимают активное участие в трансформации втекающей через Босфор средиземноморской воды соленостью около 35,0‰. В результате формируется типичная **глубинная водная масса** Черного моря с соленостью 22,4‰ — на глубинах около 2000 м. Затем вновь сформировавшиеся глубинные воды, медленно стекаясь к середине моря, компенсируют интенсивный подъем «старых» глубинных вод в центрах циклонических круговоротов и в зоне дивергенции в целом.

Существование антициклонических вихрей в прибрежной зоне предопределяет также и активный

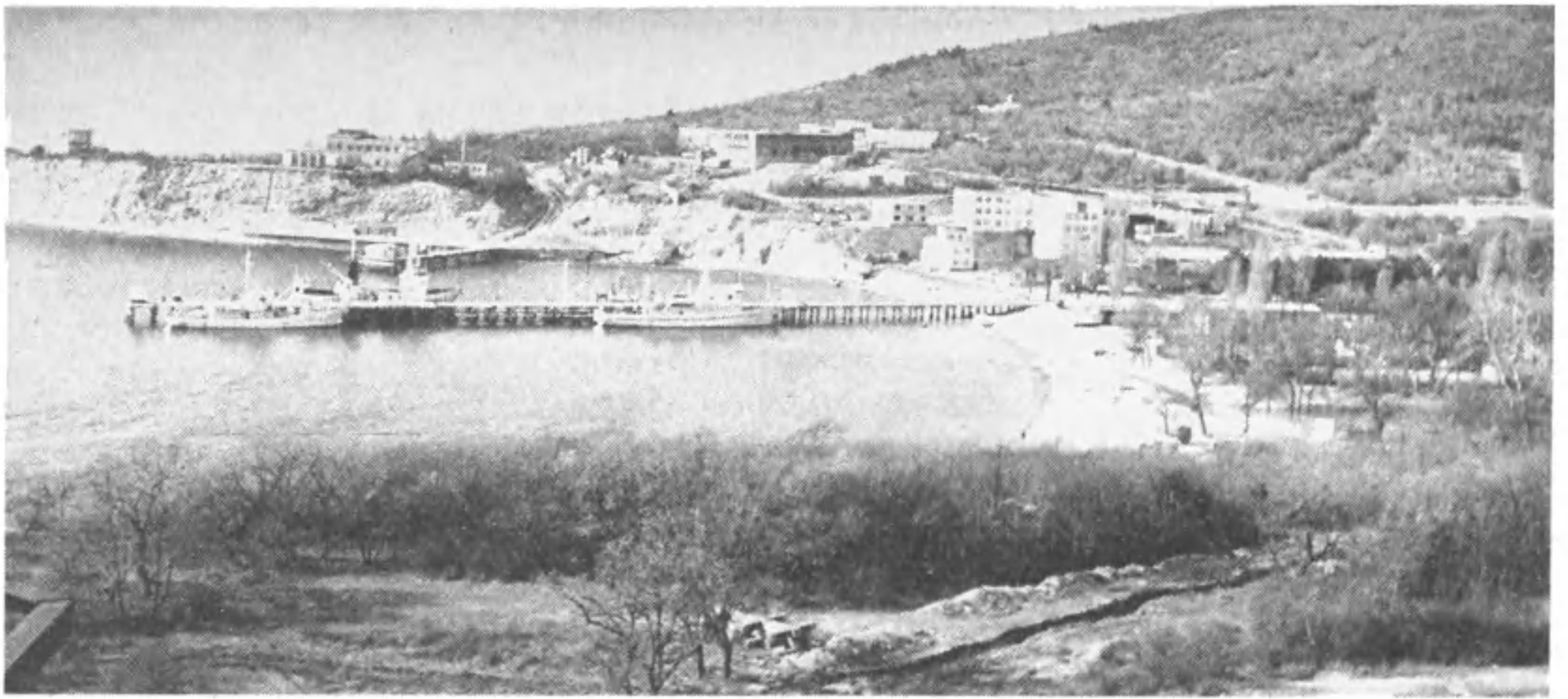
подъем нижележащих вод на их периферии. Поэтому характерный для материкового склона подъем вод (**динамический апвеллинг**), компенсируя отток прибрежных вод в зону сходимости, способствует обновлению и очищению вод на шельфе, одновременно обогащая их биогенами из промежуточных горизонтов.

ОПАСНЕЙ СЕРОВОДОРОДА

Как показывает анализ вековых рядов зимней температуры воздуха, климатические особенности Черного моря в холодное время года характеризуются хорошо выраженной короткопериодной изменчивостью (от 2,2 до 4,4 года), слабым проявлением 11-летнего солнечного цикла и четкими 20-летними колебаниями (точнее, 19,2 года). Поэтому процессы вертикального взаимодействия поверхностных и глубинных вод в середине моря и в прибрежной зоне, находясь в прямой зависимости от суровости зимних условий, претерпевают такую же изменчивость. Не умаляя значения короткопериодной изменчивости, обратимся к ярко выраженным 20-летним колебаниям. При этих колебаниях во время холодных 10-летних циклов динамические процессы усиливаются и происходит активное окисление сероводорода как при подъеме глубинных вод в центрах циклонических круговоротов, так и при опускании поверхностных вод в прибрежной зоне кон-

вергенции. В этом случае объем глубинных вод, зараженных сероводородом, значительно сокращается и верхняя граница сероводорода заметно опускается. Теплые 10-летние циклы характеризуются в этих районах ослаблением динамики вод и окислительных процессов. Тогда в Черном море наблюдается увеличение сероводородного заражения и резкий подъем верхней границы сероводородной зоны. Такой ее подъем в конце 70-х — начале 80-х гг. при очередном теплом цикле вызвал не только тревогу, а даже панику (боялись полного сероводородного заражения Черного моря). Однако, испытывая значительные колебания от одного 10-летнего цикла к другому, положение верхней границы сероводородной зоны в средневековом масштабе, вероятно, отражает состояние, близкое к балансу вод между кислородной и сероводородной зонами. Таким образом, выявленные закономерности колебаний климата дают возможность **долгосрочного прогнозирования степени сероводородного заражения глубинных вод** Черного моря и его экологической обстановки в целом.

Прибрежная зона конвергенции является своеобразным накопителем антропогенных загрязнений, привносимых сюда в основном из прибрежной полосы, а также из открытого моря. Здесь загрязнения, обладающие положительной плавучестью (нефтяная пленка,



Корпуса Южного отделения Института океанологии им. П. П. Ширшова РАН и научно-исследовательские суда в Голубой бухте Геленджика

разнообразный бытовой и промышленный мусор и пр.), скапливаются на поверхности моря в виде длинных полос или крупных пятен, которые обнаруживаются визуально.

Значительная же часть загрязнений, находящихся во взвешенном и растворенном состоянии, вовлекается в динамическое опускание вод и погружается до больших глубин. Здесь они вносят свою заметную лепту в загрязнение глубинных вод и частично захораниваются в донных осадках у материкового склона. Поэтому пониженная прозрачность в придонном слое (на глубинах 2000—2200 м), обнаруженная НИС «Витязь» зимой 1991 г., вполне может быть ре-

зультатом повышения концентрации загрязнений в глубинных водах. Из стремления избежать загрязнения поверхностных вод глубоководные выпуски в последние годы стараются опустить под главный пикноклин, чтобы основная масса «свежих загрязнений» сразу же была захоронена в глубинных водах. Это благо на сегодняшний день мероприятие может оказаться опасным «бумерангом» и, может быть, в не столь уж отдаленном будущем.

В случае возрастания объемов загрязнений в зоне конвергенции на поверхности моря и в глубоководных выпусках, они могут довольно быстро распространиться на всю глубинную водную массу и достигнуть предельно допустимых концентраций (ПДК). Тогда в центрах циклонических круговоротов пополнение и обновление поверхностного слоя будет происходить не за счет подъема «чи-

стых» вод, а — уже загрязненных на глубине устойчивыми вредными веществами. Тогда в процессе поперечной циркуляции вод замкнется цикл полного загрязнения Черного моря, что неизбежно приведет к его экологической катастрофе.

Именно полное загрязнение, а не проблематичное сероводородное заражение, представляет сейчас наибольшую опасность для экологии бассейна. Поэтому, наряду с эффективными мерами по борьбе с загрязнением, необходимо уже сейчас организовать мониторинг за состоянием загрязнения глубинных вод в центрах циклонических круговоротов Черного моря.

Особого внимания заслуживает также изучение сложной динамики поверхностных вод на шельфе, где они подвержены интенсивному антропогенному прессингу. Эта динамика определяет перенос

высококонтрированных загрязнений, вовлеченных в антициклонические вихри, вдоль всего побережья Черного моря. Однако при нагонных ветрах их влекущее воздействие и дрейфовая составляющая течений буквально «выплескивают» на берег из прибрежной зоны конвергенции огромную массу загрязнений, имеющих положительную плавучесть. В результате эти загрязнения долгое время пребывают в узкой прибрежной полосе и их

основная масса так и остается захороненной на шельфе. Особенно сильно сказывается негативное воздействие загрязнений на экосистему в закрытых бухтах, имеющих ограниченный водообмен с морем. Ярким примером может служить Геленджикская бухта, где гидротехнические сооружения снижают и без того слабый водообмен с морем в летнее время, тогда как антропогенные нагрузки в этот период резко возрастают. В этих ус-

ловиях ветровой или динамический апвеллинг у побережья Черного моря, обновляющий и очищающий прибрежные воды, явно не справляется со все возрастающим антропогенным влиянием. В связи с этим необходим срочный переход на безотходную технологию для всех видов промышленных и бытовых загрязнений по всему бассейну Черного моря на основе международной договоренности.

Информация

Мониторинг качества воды Байкала

Наполняющая огромную впадину Байкала вода — уникальна. На Земле нет нигде более чистой воды, да еще в таких количествах! Мнение мировой научной общественности единодушно: озеру необходима международная охрана, которая предотвратила какое бы то ни было ухудшение качества воды. Эту сложнейшую задачу выполняет Байкальский лимнологический музей, регулярно на протяжении 15 лет анализирующий содержание и распределение в воде главных компонентов ее ионного состава в зависимости от речного стока, ветров, течений, внутреннего водообмена.

Работы по исследованию гидрохимии Байкала, начатые под руководством известного гидрохимика Николая Вотинцева еще в 70-е годы, продолжены сотрудниками Байкальского лимнологического музея. Регулярными экспедиционными исследованиями определены источники поступления в Байкал из окружающей среды материала, так или иначе загрязняющего воду.

Конечно, наиболее нежелательные включения в байкальскую во-

ду поставляются промышленными предприятиями. Их стоки составляют более 300 тыс. м³ в сутки. Очистные сооружения, действующие на целлюлозно-бумажных комбинатах в Байкальске и Селенгинске, не обеспечивают полную очистку сточных вод, но Байкал спасает локальное их распределение. И даже большинство притоков, вливающих в озеро ежегодно более 40 млрд м³ чужеродных вод, практически не влияют на химический состав огромного водоема. Изменения в химическом составе заметны лишь вблизи устьев рек.

Исключение составляет крупнейший приток Селенга, воды которой обнаруживаются на площади 1500 км² по повышенному содержанию гидрокарбонатов и кремния, по более высокой температуре. Но и селенгинская вода не проникает в глубины байкальской котловины, опускаясь всего на 10—25 м.

Секрет постоянства химического состава воды Байкала — в ее способности перерабатывать поступающие примеси, как бы нейтрализуя их действие. Так, попадающая с речным стоком достаточно большая масса кремнезема (до 500 тыс. т в год) практически вся потребляется диатомовыми водорослями и отлагается на дне в виде диатомовых илов. Азотистые соединения усваиваются фито-

планктоном. Очень мала концентрация органического вещества — примерно 1 мг углерода на литр. Фитопланктон продуцирует до 4 млн т углерода в год, более 4 млн т поступает каждый год с речным стоком, но почти весь углерод распределяется: 74 тыс. т уносит Ангара, 126 тыс. т попадает в донные отложения, а остальное органическое вещество подвергается деградации, причем до 75% — в первый же год, а оставшееся — за 5—6 лет.

Экологи и гидрохимики делают вывод, что химический баланс Байкала в настоящее время находится в неравновесном состоянии и его минерализация все же медленно повышается. Однако предполагается, что за 100 лет она не повысится более, чем на 3,88 мг/л, что никак не изменит качества воды. Даже если учесть, что за 15 лет работы Байкальского целлюлозно-бумажного комбината в озеро сброшено около 800 тыс. т минеральных солей (в основном сульфаты и хлориды натрия), изменение минерализации на весь объем воды — 23 тыс. км³ — составляет всего 0,0035 мг/л.

Несмотря на это, постоянный гидрохимический мониторинг Байкала совершенно необходим.

Водные ресурсы, 1993, 5, 595

Нанотехнология: и чудо, и реальность



Миниатюризация давно стала знаменем новой промышленной технологии. В электронной промышленности прочно утвердилась микротехнология. Но вот в последние годы вместо приставки «микро-» — все чаще употребляется другая — «нано-» (от гре-

ческого *nanos* — «карлик»), показывающая, что речь идет об исключительно малых размерах: один нанометр (нм) — это миллиардная доля метра.

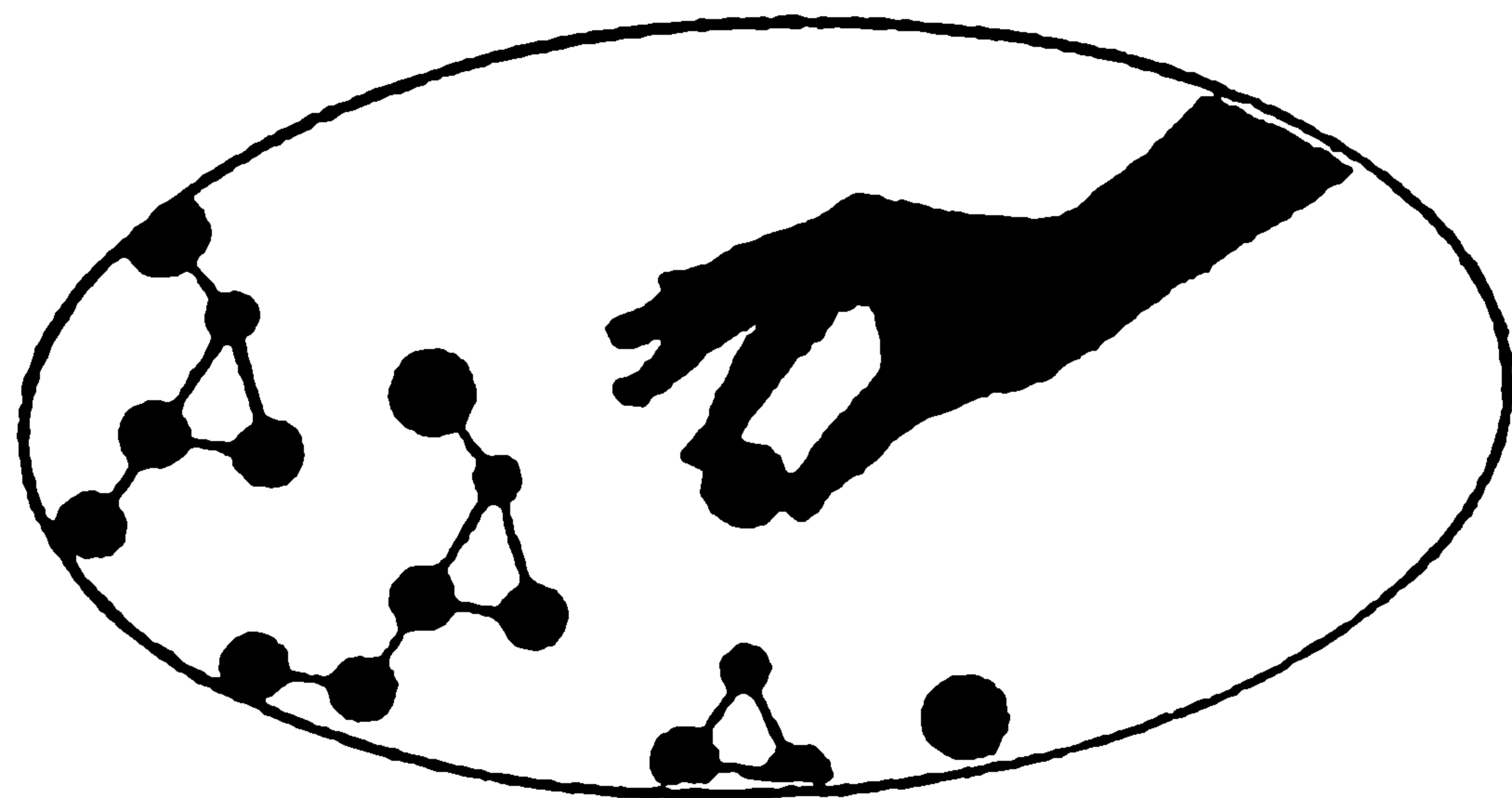
В августе 1993 г. Москва принимала участников Второй Международной конференции по нанотехнологии (NANO-II). Конференция и сопровождающая ее научно-коммерческая выставка организованы Академией технологических наук Российской Федерации при поддержке правительства России и ряда международных организаций, включая такие авторитетные, как ЮНЕСКО и ЮНИДО. Известные ученые и руководители крупнейших фирм из 33 стран мира приняли в ней участие, среди них — иностранные члены Академии технологических наук России Г. Рорер, Дж. Мюрдей, Д. Хуанг, Д. Ферри, а также Генеральный директор ЮНИДО профессор Кампос. Председательствовал президент Академии технологических наук РФ академик В. Н. Алфеев, автор открытий и изобретений, заложивших основу крионанозлектроники.

По существу, впервые создание принципиально новых, высоконаучно-технологических технологий, открывающих человечеству, как признавалось на представительном научном форуме, переход в новую фазу развития, происходит в обстановке открытого международного сотрудничества, не в условиях секретности и соперничества. А речь идет о поистине грандиозной технологической революции.

Все началось с того, что в 1981 г. швейцарские ученые Герд Винниг и Генрих Рорер (всемирно известная фирма IBM) открыли экспоненциальную зависимость от расстояния электрического тока, возникающего между иглой и подложкой. Основываясь на этом был сконструирован сканирующий туннельный микроскоп (СТМ), создатели которого удостоены в 1986 г. Нобелевской премии по физике. По сравнению с электронным микроскопом СТМ обладает рядом преимуществ. Он намного дешевле и имеет более высокую разрешающую способность; с ее помощью удается получить не только изображение отдельных атомов, но и объемную картину топографии поверхности. Это — экологически чистое устройство. Он не вносит в изображение исследуемого материала никаких искажений. Поскольку рабочее напряжение не превышает нескольких вольт, зондирующие электроны, имея ничтожно малый пробег, не воздействуют на атомные слои, расположенные в глубине материала, и не разрушают его. Таким образом, на наноуровне становится осуществимой мечта об экологической чистоте производства.

С первых лет появления растровых туннельных микроскопов их пытались использовать в технологии микроэлектроники, а затем — наноэлектроники. За это время достигнуты впечатляющие результаты: оказалось возможным воздействовать на микроучастки поверхности размерами в единицы нанометров. Через растровый микроскоп можно не только «рассматривать» рельеф поверхности с высоким разрешением (вплоть до атомного уровня), но и модифицировать его. Возможность формирования элементов рельефа на поверхности подложек сближает этот чудо-микроскоп с литографом, но он еще и контролирует нанолитографию, а также корректирует ее, что существенно повышает качество изделий.

В перспективе появятся приборы наноэлектроники с ультравысокой степенью объединения компонентов интегральных микросхем, пикосекундным быстроедействием их элементов



и высочайшей надежностью, обеспеченной многократным дублированием и самотестированием. Об этом говорилось на конференции.

Когда тончайшая игла сканирует поверхность, происходит диффузия атомов, сопровождающаяся выравниванием поверхностного рельефа. Возникающее вокруг иглы мощное электрическое поле величиной 10^7 В/см² (при рабочем напряжении всего 10 В — как от пары плоских бытовых батареек) приведет к появлению под иглой бугорков, при сканировании — целой их цепочки.

Если еще больше усилить электрическое поле, атомы начнут вырываться из материала подложки, образуя своеобразные ямки, пойдет процесс электрического травления. Размеры бугорков и ямок соответствуют диаметру острия иглы-электрода — 10,2 нм. Каждый элемент искусственно созданного нанорельефа — носитель единичной информации, и плотность ее может достичь 10^6 бит на квадратный миллиметр. В сильном электрическом поле, создаваемом между иглой и подложкой, например, в эпоксидной смоле, можно строить сверхпроводящие молекулярные цепочки с удельным сопротивлением на несколько порядков меньшим, чем у самых хороших металлических проводников. Одномолекулярные проводники выдерживают плотность тока порядка 10^9 ампер на квадратный сантиметр. Обычные проводники в этих условиях давно бы расплавились.

Группа ученых Московского университета под руководством профессора В. И. Панова провела эксперименты по переносу с помощью неод-

нородного электрического поля, окружающего иглу туннельного микроскопа, молекул из одной части поверхности подложки на другую. Под действием потенциала 0,8 В относительно подложки, молекулы перемещались от подложки на иглу, затем их переносили на чистый участок поверхности, где они осаждались при снижении напряжения поля до 0,3 В. Таким путем получают изображение молекул ДНК, находящихся на самых различных подложках (от золота до графита). Возможность наблюдать с атомным разрешением находящуюся на подложке молекулу ДНК делает перспективной идею изменения ее структуры. Например, известно, что репликация (удвоение) молекулярной цепочки ДНК происходит в живых организмах с весьма высокой точностью. Представляется весьма привлекательным осуществить этот процесс с помощью РТМ вне живого организма.

Одна из секций NANO-II была посвящена новому направлению, названному его основоположником Эриком Дрекслером «молекулярным производством». Основная его идея — обратиться к процессам, наблюдаемым в живой природе, и попытаться в той или иной форме их скопировать с помощью технологических возможностей сканирующих туннельных микроскопов. Создание последних позволяет надеяться на изготовление ультратонких проводящих пленок, потенциальных барьеров (сверхрешеток) и других нанодеталей. На конференции высказывалось мнение, что в течение 15 лет, или даже раньше, будет освоена «молекулярная» технология, основанная на самосборке микромолекулярных блоков с точностью до нанометров.

На мой взгляд, к такого же рода проблемам относятся научно-технические исследования и эксперименты нашего выдающегося ученого, основоположника радиолокации и интроскопии П. К. Ощепкова и его учеников, работающих в общественном Институте энергетической инверсии. Важнейший аспект этих исследований — поиск возможностей сопряжения нанотехнологии с экологически чистой энергетикой.

Из докладов на конференции

NANO-II и их обсуждения становится ясно, что достижения наноиндустрии станут фундаментом не только технологического, но и экологического обновления России. В основу принципа действия электронно-квантовых энергоинверторов Ощепкова положены представления о волновых свойствах частиц и их способности к туннелированию, позволяющему электрону преодолеть потенциальный барьер с большей, чем у электрона, величиной энергии, а в результате получать на специальных установках энергию без какого-либо загрязнения окружающей среды. Достижение этой цели возможно только на базе нанотехнологии.

Итоги NANO-II показали мировому научному сообществу, что решение о проведении Второй Международной конференции по нанотехнологии именно в Москве, принятое с учетом наличия в столице России такого признанного национального и международного Центра нанотехнологии, как АТН РФ, было верным... Еще в 1988—1989 гг. технологи оборонных отраслей промышленности, образовавшие АТН России, провели поисковые работы, организовали серию научных симпозиумов по нанотехнологии и наноэлектронике и активно участвовали в проведении NANO-I, конференций в Швейцарии, США, Англии в 1990—1992 гг. Нанотехнология, как одно из главных направлений формирующихся технологических наук, была утверждена Президентом и Правительством России в качестве приоритетной государственной международной программы, выполняемой АТН РФ. Поэтому участники конференции так высоко оценили личное участие членов правительства в ее работе во главе с Председателем Правительства России В. С. Черномырдиным и мэром Москвы Ю. М. Лужковым, выступившими с докладами о мерах государственной поддержки международной программы «Нанотехнология».

Принимая во внимание значение развития нанотехнологии для создания экологически чистых производств и поднятия уровня цивилизации мира, а также огромный успех NANO-II, было принято обращение к ученым и пра-

вительствам разных стран о введении международной системы регулярного проведения конференций и выставок по данным направлениям с сохранением их краткого обозначения NANO-II. Организация NANO-III, NANO-IV и последующих конференций поручена постоянному Международному Организационному Комитету по нанотехнологии на базе Академии технологических наук России и ее представителей в других странах.

Возможности международного прорыва в мир новейших экологически чистых технологий конца XX века, убедительно продемонстрированные в августе в Москве, уже в сентябре и октябре этого года получили широкое признание на национальных форумах по нанотехнологии в Англии, Китае, Японии и других странах.

М. А. СИДОРОВ
Институт энергетической
инверсии им. П. К. Ощепкова

Информация

Прогноз сейсмической «погоды»?

Открытое нашим соотечественником лауреатом Нобелевской премии Ильей Пригожиным явление самоорганизации обнаружено и в динамической литосфере Земли, представляющей собой, по существу, открытую систему. Сотрудник Объединенного института физики Земли им. О. Ю. Шмидта РАН В. И. Уломов утверждает, что в сейсмически активных районах очаги землетрясений располагаются не хаотично, а приурочены к узлам, пересекающим глубокие тектонические разломы. Узлы находятся на определенном расстоянии друг от друга, в соответствии с размером очага и силой (магнитудой) произошедшего землетрясения. В очаге рождается одиночная волна деформации — геон. Медленно, со скоростью 40—50 км в год, она распространяется вдоль одного из разломов. Сталкиваясь друг

с другом, геоны, не разрушаясь, расходятся; встречаясь с неоднородностями, они замедляются или ускоряются, иногда останавливаются, но никогда не исчезают совсем.

Совместные коллективные действия многих очагов землетрясения и рожденных ими геонов приводят систему глубоких тектонических разломов в согласованное сейсmodинамическое состояние, порождают элементы самоорганизации. Все очаги региона вступают как бы в кооперативное взаимодействие, и сейсмический процесс, несмотря на большую долю случайности в возникновении каждого землетрясения в отдельности, становится закономерным и предсказуемым.

Геоны выполняют ту же роль, что циклоны и антициклоны в атмосфере: они формируют сейсмическую погоду и изменяют ее. Они как бы «снимают

урожай» созревших очагов землетрясений. С помощью геонов медленно перемещаются по земной поверхности области сейсмической активности. Представляя себе скорость этого перемещения, можно определить и время очередного землетрясения. Так, зная параметры движения крупных атмосферных вихрей, мы предсказываем погоду. Определенное положение в пространстве и во времени зон сейсмической активизации позволит составлять синоптические (совместно обозреваемые) карты долгосрочного прогноза сейсмической обстановки, которые существенно облегчат вычисление вероятности очередного землетрясения, причем с достаточно большой точностью.

Физика Земли, 1993, № 4

Летняя Ватиканская школа

Чудесной погодой и радушным гостеприимством организаторов встретила Италия участников четвертой Летней школы по наблюдательной астрономии и астрофизике на базе Ватиканской обсерватории, проходившей с 7 июня по 7 июля 1993 г. На несколько дней сюда приехали аспиранты-астрономы из различных уголков земного шара. Всего отобрали 25 из приблизительно ста подавших заявления. Так уж получилось, что из стран СНГ была лишь Украина (автор данной статьи). Прошла конкурс и должна была приехать из России Елизавета Торговкина, но, видимо, что-то помешало. Однако в течение всей школы ее фотография наравне с фотографиями других двадцати четырех «школьников» висела на центральном стенде. А всего было представлено 21 государство: вся Северная Америка, страны Южной Америки, Европы, Азии, а также ЮАР и Новая Зеландия. Школа проходила на территории папской летней резиденции (где находится и Ватиканская обсерватория) в маленьком городке Кастэл Гандольфо в 30 км от Рима.

Первая неделя оказалась особенно напряженной. Сразу же начались регулярные лекции. Их читали крупные специалисты по инфракрасной астрономии Маша и Джордж Рики (обсерватория Стewarda, Аризона, США). Спустя две недели к ним присоединился и профессор из Германии Питер Биерманн (Институт Радиоастрономии

Макса Планка, Бонн), который читал лекции по теоретической астрофизике. Одновременно интенсивно происходило общение между молодыми учеными (к слову сказать, возраст «школьников» колебался от 20 до 30 лет). Для многих участников эта поездка стала первым заграничным путешествием, причем для большинства английский язык, официальный язык Школы, не являлся родным.

Школа быстро вошла в рабочее русло и довольно жесткий распорядок. С утра — две плановые лекции по 75 мин, а после получасового перерыва — либо «гостевая» лекция, либо краткие (на 10—15 мин) представления «школьниками» своих научных результатов. Весь материал (текст, графики, формулы, фотографии) заранее копировался на прозрачные пленки, которые затем демонстрировались на графоскопе. Иногда использовали слайдопроектор и видеотехнику. К началу лекции каждый слушатель получал ее копию. Поначалу многие испытывали языковые трудности, поскольку для них английский язык до сих пор был только языком научных журналов и книг. Однако обилие у лекторов хорошо воспринимаемых на слух специальных астрономических терминов облегчало понимание. Особенно ответственным делом для всех «школьников» была подготовка собственных кратких выступлений.

В 12.30 начинался ланч. На нем

обычно присутствовали один или несколько послов в Ватикане из стран-участниц Школы. Например, в первый день присутствовал посол США. Директор Ватиканской обсерватории доктор Койн показывал послам обсерваторию и ее окрестности. К сожалению, Украина еще не имела тогда своего посольства в Ватикане (шли только разговоры о его открытии), однако на один из ланчей приехал консул Российского посольства Александр Нуризаде.

После ланча каждый использовал время по своему усмотрению. Пользовались для работы очень неплохой библиотекой обсерватории (кстати сказать, там находится множество книг и журналов на русском языке), многие проводили там значительную часть свободного времени. В распоряжении участников была копировальная техника, а также различные виды международной связи: почта, телефон, электронная почта (все связанные с этим расходы оплачивали организаторы). Чтобы дать представление об оперативности работы библиотеки, приведу такой пример. Новый выпуск «Астрофизикэл Джорнэл» появился на стенде новинок ровно через пять дней после выхода из печати в США... Регулярно организовывались внеплановые (вечерние) лекции и диспуты.

В распоряжение «школьников» предоставили стол для настольного тенниса, футбольную площадку, а также расположенное недалеко от Альбано (около 200 м) озеро Альбано. Желающие могли совершать поездки в ближайшие города, в том числе в Рим, а поздно вечером наблюдать в находящийся прямо в здании Летнего дворца 60-сантиметровый рефлектор.

Научная программа Школы была достаточно обширной. Маша и Джордж Рики прочли в общей сложности 25 лекций по наблюдательной астрофизике. Особое внимание уделялось инфракрасной астрономии, которая в последние годы интенсивно развивается. Круг затронутых в лекциях вопросов был очень широк: от принципов действия современных приемников ИК-излучения (ПЗС-матриц и др.) до физики активных ядер галактик и ква-

заров. Обсуждались как история развития конкретных направлений, так и новейшие достижения в этих областях. Особенно много внимания уделялось явлениям вспышечного звездообразования и активности ядер галактик. Запомнилась заключительная лекция, где Маша Рики обрисовала перспективы инфракрасной астрономии, описала планируемые и уже строящиеся мощные ИК-телескопы (наземного и космического базирования). К числу задач, практически разрешимых только методами ИК-астрономии, доктор Рики отнесла поиск планет у ближайших звезд, поиск одиночных коричневых карликов, наблюдение протогалактик при $z > 5$, и некоторые другие.

Профессор Питер Биерманн прочитал 10 лекций, в которых затронул некоторые аспекты современной теоретической астрофизики — физика космических лучей, вспышки звездообразования в галактиках, аккреционные диски. Большой интерес также вызвали и «гостевые» лекции: декана Школы доктора Бойля (обсерватория Стеварда) о работе с программным пакетом, предназначенным для обработки изображений, полученных с помощью ПЗС-матриц; доктора Карреры (университет Джона Кэррола, Кливленд, США) о проблемах современной космологии и космогонии; директора Ватиканской обсерватории доктора Койна о применении поляриметрии в астрофизике; доктора Консолманье (обсерватория Стеварда) о метеоритной астрономии (с демонстрацией уникальных экспонатов, в том числе и «кусочка Луны»); доктора Маккарти (Ватиканская обсерватория) об углеродных звездах; доктора Казановас (Ватиканская обсерватория) о неизвестных страницах из биографии Галилея (эта лекция была приурочена к поездке во Флоренцию, где Галилей провел большую часть своей жизни).

Для закрепления полученных знаний «школьникам» предложили несколько самостоятельных заданий; от относительно простой задачи по звездной фотометрии до моделирования звездного населения галактики со вспышкой звездообразования.

Рабочая неделя в Школе длилась



Участники четвертой Летней Ватиканской Школы по астрофизике

пять дней. По субботам совершались плановые экскурсии; воскресенья были свободными днями. В организации субботних поездок ощущалась та же тщательность, которая была присуща всем школьным мероприятиям. Заранее на стенд вывешивались подробные описания (с картами и маршрутами) двух-трех различных поездок. Каждый выбирал одну и ставил свою фамилию на отдельном бланке. В пятницу подводились итоги, и «методом оптимизации» составлялись экипажи машин, причем с таким расчетом, чтобы на каждые пять человек приходился один, имеющий водительские права. Почти все поездки были на полдня (с пикником в дороге). Маршруты повторялись, поэтому каждый мог участвовать во всех запланированных поездках.

В первую субботу большинство выбрало путешествие в сторону Средиземного моря с посещением портового города Анцио. На следующей неделе

была наиболее запомнившаяся трехдневная поездка (на автобусе) во Флоренцию. Нас поразило город с его неповторимой архитектурой, множеством замечательных музеев. Во Флоренции «школьников» расселили по гостиницам, раздали карты города, и почти на два дня им была предоставлена полная самостоятельность. Некоторые совершили однодневную поездку в Пизу, находящуюся в часе езды. На обратном пути из Флоренции посетили города Сан-Джиминьяно и Сьена. В Сан-Джиминьяно запомнился магазин, специализирующийся на «действующих моделях» различных известных «вечных двигателей» (электронные сувениры). В Сьене поразило огромное и великолепное собор.

Следующей автор выбрал поездку с осмотром двух городов-музеев под открытым небом: Остия Антика, древнеримского города-порта, и некрополя этрусков в районе города Четверти (возраст — около трех тысяч лет). Запомнилось также путешествие в горную страну с посещением монастыря возле города Субьяко. А за день до конца Школы была экскурсия по Ватикану.

Однако культурная программа не ограничивалась только поездками. Было проведено несколько вечеринок (в основном по пятницам) — отдельно «по-итальянски», отдельно «по-американски». Иногда устраивали просмотры видеофильмов и мультфильмов. Провели несколько диспутов, один из них — «Почему правительства вкладывают большие средства в развитие астрономии?».

В Школе царил дух единения, близость надежд, устремлений и даже проблем у азиата, латиноамериканца, европейца, островитянина. «Школьники», преподаватели и организаторы — все чувствовали себя членами одной семьи. Германец Хайно по этому поводу заметил: «Просто сейчас мы, может, впервые в таком месте, где никто из окружающих, услышав о твоей профессии, не пожмет недоуменно плечами и не посоветует заняться чем-нибудь серьезным». Не-

смотря на трудности с языком, мы все отлично понимали друг друга, и это огромная заслуга Школы.

Расставаться было грустно. Разъезжались по домам, нагруженные килограммами лекций, сотнями фотографий, множеством новых идей и бесценным опытом человеческого общения.

Однако история Школы на этом не закончилась. Перед отъездом все участники обменялись своими подробнейшими координатами и договорились обмениваться интересными идеями, новостями, копиями своих статей и т. д. К моменту написания этой статьи (начало сентября 1993 г.) автором уже получено более двадцати электронных писем. И их число неуклонно растет!

Мне хотелось бы воспользоваться случаем и выполнить просьбу директора Ватиканской обсерватории доктора Койна. Ему для подготовки следующей Летней школы (1995 г.) очень важно иметь адреса всех научных учреждений, чьи аспиранты занимаются проблемами астрофизики (причем они могут быть не только астрономами, но и физиками). Эти сведения прошу присылать мне не позднее октября 1994 г. по адресу: Украина, 252127, Киев-127, Голосеево, ГАО АН Украины.

С. Я. МАЩЕНКО

Информация

«ИЛЛЮСТРИРОВАННАЯ АСТРОНОМИЯ»

«Иллюстрированная астрономия» — новое наглядное пособие для уроков и внеклассных занятий в средней школе. Авторский коллектив (К. А. Порцевский, Е. П. Левитан, С. В. Широков, В. И. Цветков), работая в творческом объединении «Планетариум — Театр» (Московский планетарий, руководитель С. В. Скрипкин), создал 10 слайд-фильмов. Это 6 серий по курсу астрономии («Строение Солнечной системы»), «Планеты Солнечной системы», «Малые тела Солнечной системы», «Солнце»,

«Звезды и Галактики», «Галактики, эволюция Вселенной») и 4 серии для младших классов («Земля, её естественный и искусственные спутники», «Солнце и его семья», «Звездное небо», «Необыкновенные небесные явления»).

Каждая серия состоит из 40 слайдов, показ которых сопровождается получасовым пояснительным текстом, записанным на магнитную пленку. Все серии снабжены краткими методическими рекомендациями.

Новое аудиовизуальное пособие необходимо не только школам, но и пединститутам, институтам усовершенствования учителей и, конечно, коллективам любителей астрономии. Справки по вопросам приобретения комплектов по телефону в Москве — 254-15-60.

Кеплер и его законы движения планет



Иоганн Кеплер (1571—1630)

В 1994 г. исполняется 375 лет со дня выхода в свет трактата Иоганна Кеплера «Гармония Мира» (1619). Теперь законы движения планет, установленные великим немецким естествоиспытателем, изучают в средней школе. Неоднократно материалы о Кеплере появлялись и в «Земле и Вселенной». Однако подробности его

трагической жизни и открытий важнейших законов природы знают немногие.

Трудно представить себе судьбу, более тяжелую, чем выпавшая на долю Иоганна Кеплера. Голод и нищета, болезни и смерти близких людей, религиозные гонения и вызванные ими скитания преследовали его всю жизнь. Жизнь его была заполнена поисками средств к существованию, и непонятно, когда он успел прочесть все, что было написано учеными до него, и внести важный вклад в физику, математику, астрономию, открыть свои знаменитые законы движения планет. Каким же надо было обладать трудолюбием, настойчивостью, целеустремленностью, чтобы в невыносимых условиях, в которых жил и творил Кеплер, сделать все это!..

Например, чтобы найти третий закон движения планет, ученый проделывает вычисления. Каждое — три страницы большого формата. Делается вычисление 70 раз для проверки правильности. Сохранились 900 листов таких вычислений, выполненных мелким почерком.

Когда ученый умер, после него осталось одно изношенное платье, две рубашки, 27 напечатанных научных трудов, 57 вычислительных таблиц, огромное рукописное наследие, объединенное позже в 22

тома¹, несколько медных монет и... 29 тысяч флоринов неполученного жалования.

Иоганн Кеплер родился 27 декабря 1571 г. в небольшом германском городе Вейль-дер-Штадт, насчитывавшем тогда всего несколько сотен жителей: Его отец — Генрих Кеплер, ландскнехт испанского короля Филиппа II, редко бывал дома, проводя время в военных походах. После одного из них он не вернулся домой, и что стало с ним, неизвестно.

Мать Иоганна, Катерина Гульденман, дочь трактирщика, обладала тяжелым и неуживчивым характером. Она немного разбиралась в травах и лечила всех обращавшихся к ней за советом настоями и отварами. Эта ее «врачебная» деятельность стала одной из причин, по которым она позже была объявлена ведьмой. Ученому пришлось потратить шесть лет жизни, чтобы доказать невиновность матери и спасти ее от костра инквизиции.

Детство Кеплера было безрадостным. Оно прошло среди невежественных людей, в обстановке постоянных ссор, взаимных упреков, ругани и брани. К тому же Иоганн часто болел (он родился семимесячным и рос слабым ребенком без надлежащего ухода и заботы). Маленького Ганса преследовали сыпи, нарывы, незаживающие язвы, болезни печени и желудка, головные боли, лихорадки. В возрасте четырех лет Иоганн тяжело заболел оспой и чуть не умер.

Слабое здоровье очень мешало впоследствии Кеплеру в его научных занятиях. Ему трудно было вести астрономические наблюдения в холодные зимние ночи, но еще больше препятствовали этому врожденные пороки зрения: сильная близорукость и монокулярная полиопия (множественное зрение), в результате чего ученый видел, например, не одну Луну, а

несколько. Только сила духа и воли позволили Кеплеру справляться с его многочисленными недугами.

Два ярких события детства запомнились Кеплеру и, может быть, определили его будущее. В возрасте шести лет, в 1577 г., он впервые увидел комету, а три года спустя ему показали лунное затмение.

В 1578 г. семилетнего Ганса отдают в начальную немецкую школу, но вскоре переводят по настоянию учителя, обратившего внимание на способного и прилежного ученика, в латинскую школу, готовящую будущих служителей церкви и различных государственных учреждений. После окончания ее в 1583 г., Иоганн поступает в семинарию города Адельсберга, а закончив ее в 1586 г., продолжает учебу в высшей семинарии в Маульбронне. Окончив семинарию в 1589 г., Иоганн поступает в Тюбингенский университет. В то время в Тюбингенском университете было несколько незаурядных профессоров, но наибольшее влияние на молодого Кеплера оказал Михаил Мёстлин (1550—1630), преподававший математику и астрономию. Он первый заметил выдающиеся способности Кеплера и познакомил его частным образом с системой мира Коперника (официально Мёстлин преподавал систему мироздания Птолемея). Именно Мёстлин разжег в Кеплере страсть ученого, долгое время был советчиком и помощником Иоганна в научных занятиях, направлял и одобрял его деятельность. На всю жизнь Кеплер сохранил уважение, почтение и любовь к своему учителю.

В конце 1594 г. обучение Кеплера должно было закончиться, но неожиданно произошло событие, резко изменившее судьбу Иоганна. В школе города Граца скончался преподаватель математики, и протестантская община города обратилась в сенат Тюбингенского университета с просьбой порекомендовать им достойного кандидата. Выбор пал на Кеплера, и он, как обучающийся на государственный счет, не мог отказаться. Как не хотелось Иоганну оставлять учебу, а с нею и мечты о духовной карьере, но при-

¹ Рукописное наследие Кеплера переходило из рук в руки, терялось, растаскивалось, пока, наконец, в 1774 г. большая часть его не была приобретена Петербургской академией наук. В настоящее время 18 из 22 томов рукописного наследия Кеплера хранятся в Санкт-Петербургском отделении архива Академии наук России.

шло подчиниться. 14 марта 1594 г. Кеплер покинул Тюбинген и отправился к месту своей первой службы.

В Граце Иоганн Кеплер прожил шесть лет. Он не только преподавал в школе, но и составлял астрономические календари и астрологические прогнозы. В календаре помещались сведения о времени восхода и захода Солнца, Луны, ее фазах, положении планет среди звезд и многое другое. В разделе «Прогнозы» обязательно сообщались предположения о погоде, видах на урожай, политические, военные и иные предсказания. Уже в первом календаре, составленном Кеплером, сбылись основные прогнозы: зима 1594—95 гг. оказалась действительно очень суровой, произошли вторжение турок в австрийские земли и крестьянские волнения. «Мой календарь пока верен: в нашей стороне стоят неслыханные холода»², — пишет Кеплер Мёстлину в январе 1559 г.

И в дальнейшем Кеплер неоднократно делал удачные прогнозы, поэтому за ним утвердилась слава выдающегося астролога. Сам же ученый к этой своей деятельности относился весьма критически. Не надо, конечно, думать, что Кеплер не верил в астрологию, но ему казалось маловероятным прямое влияние звезд и планет на судьбы людей. Чтобы не ошибиться при составлении гороскопов, Кеплер предлагал, помимо расположения планет, учитывать множество других факторов: характер человека, его здоровье, общественное положение, обстановку в городе, стране и многое другое. И здесь уже звезды отступали на второй план.

Кеплер смотрел на астрологию, как на дополнительный заработок. Он говорил: «Лучше издавать альманахи с предсказаниями, чем просить милостыню. Астрология — дочь астрономии, хотя и незаконная, и разве не естественно, чтобы дочь кормила мать,

которая иначе могла бы умереть с голоду»³.

В Граце Кеплер написал и издал свою первую крупную работу «Тайна Вселенной» (1596), в которой, в частности, пытался установить зависимость между расстояниями планет от Солнца и размерами правильных многогранников. По Кеплеру, в сферу, на которой расположена орбита Сатурна, вписан куб, в него вписана следующая сфера — с орбитой Юпитера, далее последовательно вписаны тетраэдр, сфера Марса, додекаэдр, сфера Земли, икосаэдр, сфера Венеры, октаэдр, сфера Меркурия⁴. В центре всей этой системы сфер, вписанных и описанных многогранников находится Солнце.

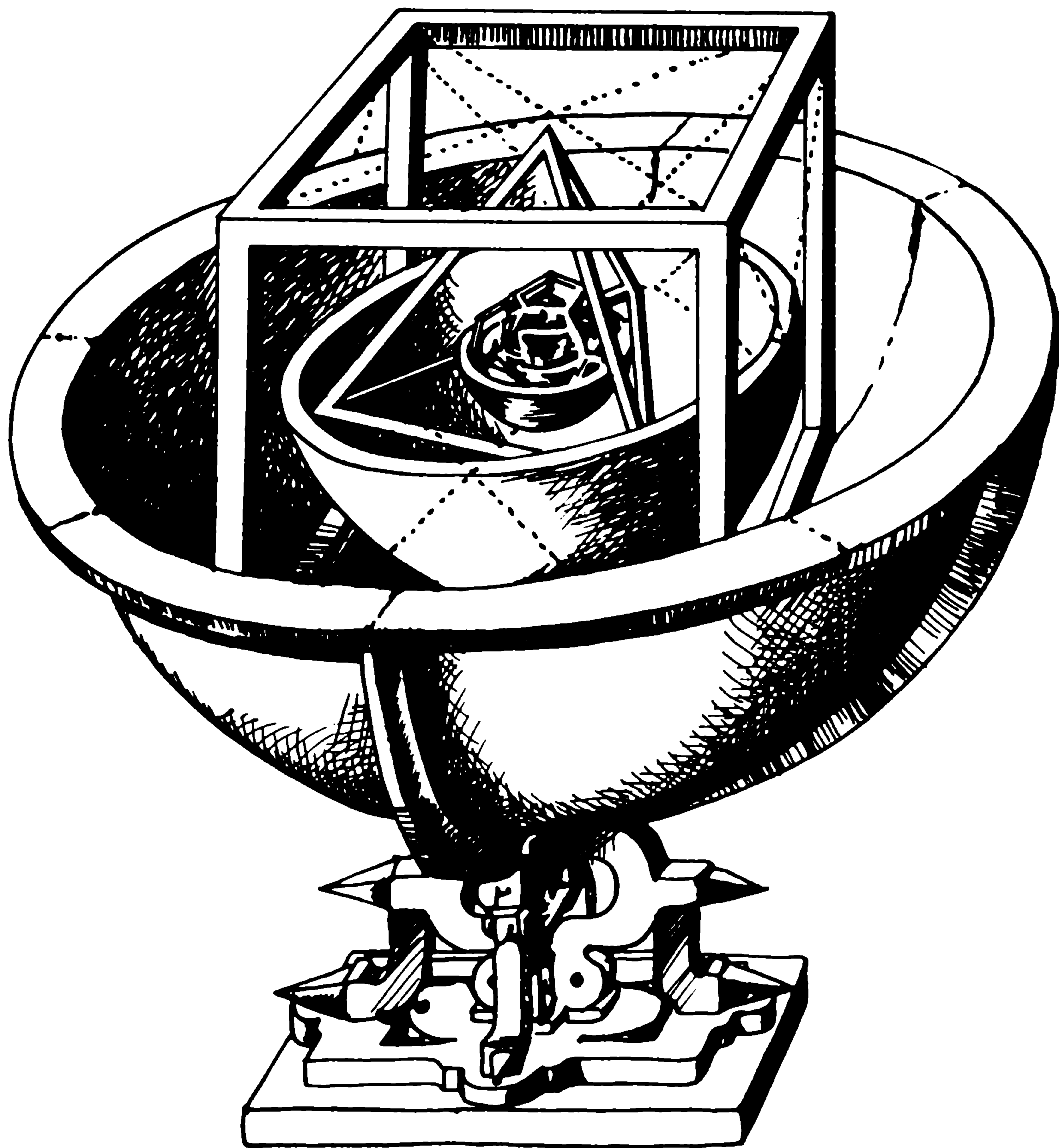
В личной жизни Кеплера происходят изменения. В апреле 1597 г. он женится на дочери мельника Барбаре Мюллер, и через год у них появляется сын Генрих. Прожив всего два месяца, ребенок умирает от менингита. Та же участь постигает и дочь Сусанну, родившуюся годом позже. Кеплер тяжело переживает смерть детей. А тут еще служебные неприятности.

В 1598 г. в Граце усилились гонения на протестантов, к которым принадлежал Кеплер. В сентябре под страхом смертной казни было предложено покинуть город всем протестантским священникам и учителям школы, в которой работал Кеплер. Ученый вынужден бежать из города. Правда, вскоре для него сделали исключение, и через месяц Кеплер возвратился в Грац, но обстановка в городе была беспокойная... 1 января 1600 г. Кеплер уезжает из Граца в Прагу, где в то время жил и работал Тихо Браге — придворный математик и астроном Рудольфа II, императора Священной Римской империи, пригласивший его для совместной работы. Сотрудничество с Браге продолжалось недолго. Осенью 1601 г. он тяжело заболел и умер. Придворным математиком назначают Кеплера, ему же поручают заботу об инструментах и рукописях

³ Цит. по: Предтеченский Е. А. Иоганн Кеплер. СПб., 1891, с. 28.

⁴ Во времена Кеплера были известны только шесть упомянутых планет Солнечной системы.

² Цит. по: Предтеченский Е. А. Иоганн Кеплер. СПб., 1891, с. 29.



«Космический кубок», иллюстрирующий первую гелиоцентрическую модель системы мира по Кеплеру

Браге. В руках Кеплера оказываются журналы астрономических наблюдений, которые Браге вел на протяжении четверти века. Эти наблюдения были весьма точны для своего времени, они-то и позволили Кеплеру открыть три закона движения планет.

Зимой 1601 г. ученый выводит один из законов движения, который впоследствии получил наименование второго закона («закона площадей»): **радиус-вектор планеты описывает в равные промежутки времени равные площади.** Или иначе: радиус-вектор планеты описывает площади, пропорциональные времени. Вначале Кеплер формулирует этот закон для Марса, так как опирается на наблюдения движения этой планеты, а затем, проверив правильность закона для движения других планет, распространяет его на всю Солнечную систему.

Первый закон Кеплер сформулировал в 1605 г.: **все планеты движутся по эллипсам, в одном из фокусов которых, общем для всех планет,**

находится Солнце. Оба закона, установленные Кеплером, опубликованы в его книге «Новая астрономия», которая увидела свет в 1609 г. в Гейдельберге.

В Праге Кеплер прожил десять лет. Это был наиболее плодотворный в творческом отношении период его жизни. Материально ученый жил трудно. Жалование выплачивали крайне нерегулярно, и часто в доме не бывало самого необходимого. Кеплеру приходилось идти в казначейство и выпрашивать, как милостыню, собственный заработок. Днем иногда не было ни минуты свободной, чтобы сесть за стол. И ученый работал ночами.

В конце 1610 г. заболевает жена Кеплера Барбара — у нее находят признаки душевного расстройства. В это время Прага наводнена наемными войсками. На улицах льется кровь: воюют за престол император Рудольф II и его брат Матвей. Наемники заносят в город инфекционные болезни. Трое

детей Кеплера заболевают оспой. Двое выздоравливают, а Фридриху становится все хуже, и 19 февраля 1611 г. он умирает.

Рудольф II отрекается от престола, и королем Чехии становится Матвей. И хотя новый император оставляет Кеплера в прежней должности, ученый решает покинуть Прагу. В конце мая Кеплер уже в Линце, столице Верхней Австрии. Здесь он предлагает сословному собранию свои услуги в качестве преподавателя математики. Предложение принято, и Кеплер возвращается за семьей в Прагу. Дома он застаёт жену в очень тяжелом состоянии. 3 июля она умирает. Этот 1611 г. был самым несчастливым в жизни Кеплера — смерть сына, смерть жены...

В Линце Кеплер прожил 14 лет. Он сохранил за собой звание придворного математика, помимо преподавания ему было поручено продолжать составление таблиц планетных движений (на основе данных наблюдений Тихо Браге), а также изготовить географическую карту Верхней Австрии.

В 1613 г. Кеплер женился на 24-летней дочери столяра, сироте и бесприданнице Сусанне Рейтингер. Это была спокойная, добрая и трудолюбивая женщина. Она терпеливо и с достоинством переносила лишения и невзгоды, радовалась научным успехам мужа и умела поддержать его в трудную минуту. На ее долю выпало немало: всегдашняя забота о куске хлеба, жизнь на грани нищеты, смерть троих из семи родившихся детей, а в будущем ее ожидала участь молодой вдовы с четырьмя малолетними детьми на руках без каких бы то ни было средств к существованию.

В Линце Кеплер, наконец, заканчивает «Гармонию Мира», над которой он с перерывами трудился 20 лет (1599—1619). В трактате приведен третий закон движения планет: **квадраты периодов обращений планет вокруг Солнца пропорциональны кубам больших полуосей их эллиптических орбит.** В Линце же Кеплер пишет и издает «Краткое изложение коперниканской астрономии» — первый учебник, посвященный новой системе мира, ко-

торый сразу же попадает в список запрещенных книг.

Все это время Кеплер борется за жизнь матери, обвиненной в колдовстве. В то время в Германии повсюду велась охота на «ведьм». В Леонберге, где жила мать Кеплера, только за одну зиму 1615/16 г. были сожжены шесть женщин, подозреваемых в колдовстве. Обвинение, поддержанное властями, содержало 49 пунктов. Здесь было все: вызванный ею мор животных, сглаз людей, сношение с дьяволом. К примеру, один житель города обвинил Катерину в смерти своих детей, другой в том, что он повредил себе позвоночник, прыгая через канаву и т. п. Одно обвинение было нелепее другого. Но два пункта были серьезные: «говорила, что нет никакого ада и рая, а если кто умирает, то ему такой же конец, как неразумной скотине»⁵. Второе серьезное обвинение — показание могильщика местного кладбища о том, что Катерина просила раскопать могилу своего отца и извлечь оттуда череп для того, чтобы, оправив его в серебро, сделать из него кубок и подарить сыну Иоганну. Она де где-то слышала, что такой подарок приносит счастье.

Получив от сестры письмо под самый Новый год, 29 декабря 1615 г., Кеплер сразу же направил властям Леонберга письмо, в котором отводил от матери обвинение в колдовстве и опровергал слухи о том, что он сам тоже якобы занимается черной магией. Письмо не возымело действия, началось следствие. Тогда в город приезжает Кеплер. Он думает, что его присутствие остановит процесс, но единственное, что ему удастся сделать, — это добиться для матери разрешения покинуть Леонберг. Катерина категорически отказывается уехать. Кеплер возвращается в Линц, из которого внимательно следит за тем, как разворачиваются события.

Следствие тянулось почти 5 лет. Наконец, 7 августа 1620 г. Катерина

⁵ Владимиров С. В., Волков В. А. Разум против догмы. М.: Наука, 1982, с. 36.

Ioannis Keppleri
HARMONICES
MUNDI

LIBRI V. QVORVM

Primus GEOMETRICVS, De Figurarum Regularium, quæ Proportiones Harmonicas constituent, ortu & demonstrationibus.
Secundus ARCHITECTONICVS, seu ex GEOMETRIA FIGURATA. De Figurarum Regularium Congruentia in plano vel solido.
Tertius proprie HARMONICVS, De Proportionum Harmonicarum ortu ex Figuris deque Naturâ & Differentiis eorum ad certum pertinetium, contra Veteres.
Quartus METAPHYSICVS, PNEUMOLOGICVS & ASTROLOGICVS, De Harmoniarum mentali Essentiâ earumque generibus in Mundo: præsertim de Harmonia radiorum, ex corporibus celestibus in Terram descendentibus, eiusque effectu in Natura seu Anima sublunari & Humana.
Quintus ASTRONOMICVS & METAPHYSICVS, De Harmoniis absolutissimis motuum celestium, ortuque Eccentricitatum ex proportionibus Harmonicis.
Appendix habet comparationem huius Operis cum Harmonicis Cl. Ptolemæi librorum cumque Roberti de Fluctibus, dicti Flud Medici Oxoniensis speculationibus Harmonicis, operi de Macrocosmo & Microcosmo insertis.



Cum S. C. M^o. Privilegio ad annos XV.

Lincii Austriae.

Sumptibus GODOFREDI TAMBRACII Bibl. Francos.
Excudebat IOANNES PLANCVS.

ANNO M. DC. XIX.

Титульный лист книги «Гармония мира»

была арестована и препровождена в тюрьму. Узнав об этом, Кеплер снова спешит в Леонберг. Процесс начался 4 сентября. Кеплер построил защиту очень искусно. Он не отвергал существование ведьм, не отрицал свидетельские показания, а просто давал каждому случаю вполне естественное объяснение, отводящее от матери обвинение в колдовстве. В одном из протоколов судьи были вынуждены записать: «Арестованную, к сожалению, защищает ее сын господин Иоганн Кеплер, математик»⁶.

⁶ Белый Ю. А. Иоганн Кеплер. М.: Наука, 1971, с. 194.

4 октября 1621 г. процесс был прекращен, и измученную женщину выпустили из тюрьмы после 14-месячного заключения. В апреле следующего года она умерла.

Летом 1624 г. Кеплер заканчивает составление новых планетных таблиц, названных «Рудольфовыми» (по имени императора Рудольфа II), над которыми трудился 22 года. Старые таблицы движения планет были неточны: новые кеплеровские с нетерпением ожидали моряки и астрономы, составители календарей и астрологи. Запросы на «Рудольфовы таблицы» поступали из многих стран. После опубликования в 1627 г. «Рудольфовы таблицы» в течение почти двух веков служили людям. Только в начале XIX в. они были заменены более точными астрономическими таблицами движения планет.

Последние годы жизни Кеплера снова были омрачены лишениями и скитаниями. Не было денег на жизнь и на издание трудов. Четыре месяца Кеплер провел в Вене, где тогда находился император, добиваясь выплаты причитающегося ему жалования, но получил лишь ничтожную сумму.

В Линце начались гонения на протестантов. Кеплер забирает семью, грузит книги, рукописи, немудреную домашнюю утварь на судно, идущее вверх по Дунаю, и отправляется в Ульм. Там он прожил около года, из которых девять месяцев ушло на печатание «Таблиц». Наконец, они увидели свет. Кеплер покидает Ульм и отправляется в Прагу повидаться с императором Фердинандом. Тот милостиво встречает Кеплера, принимает от него в подарок экземпляр «Таблиц», но денег не дает.

В судьбу Кеплера вмешивается любимец императора — полководец Альбрехт Валленштейн. Он давно знает Кеплера, так как дважды обращался к нему как астрологу: в 1608 и 1624 годах ученый составлял для Валленштейна гороскопы. (В последнем он предсказал ему смерть в 1634 г. И действительно, полководец был убит 25 февраля 1634 г. офицером, подсланным императором, который за-

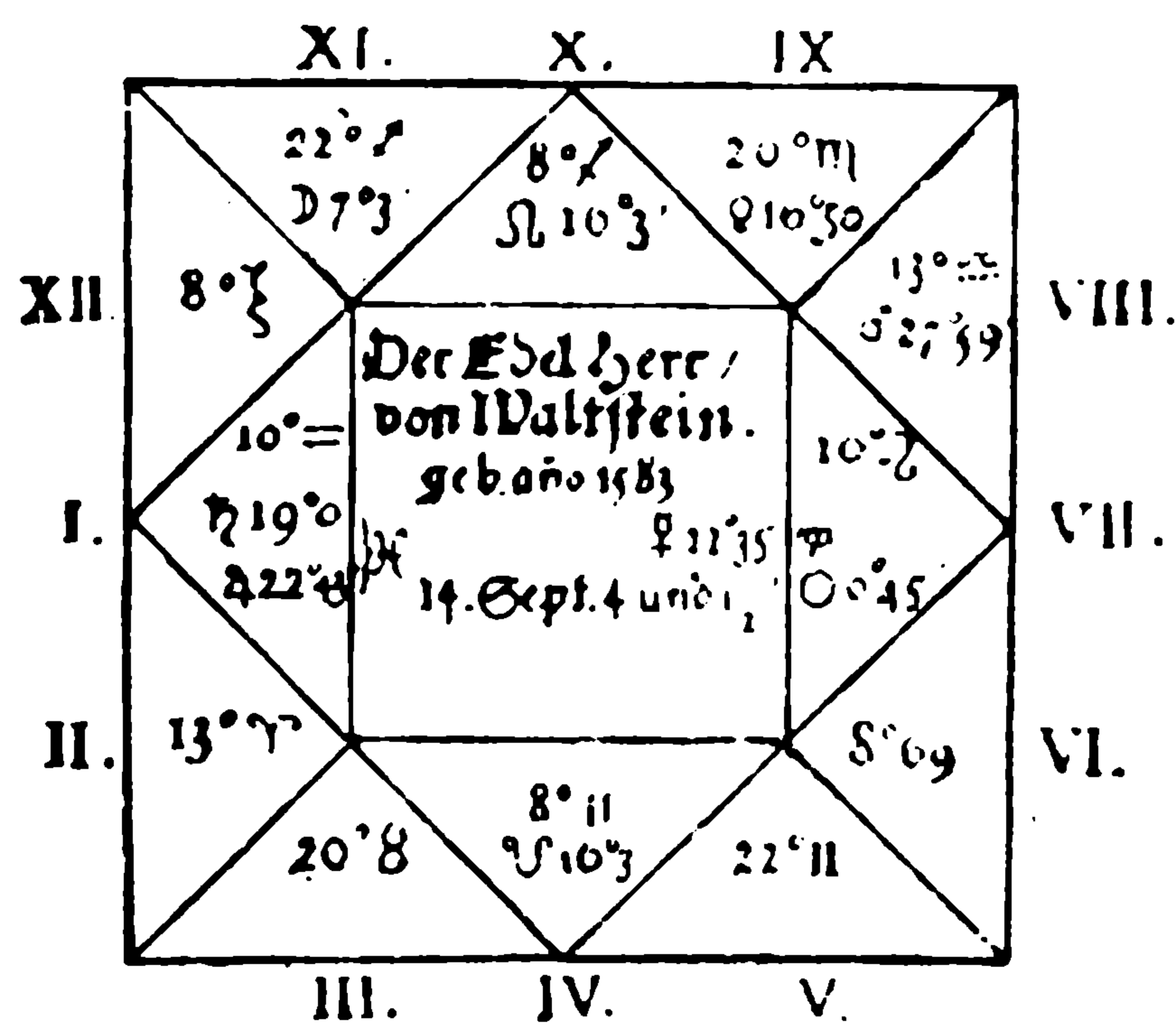
подозрил своего военачальника в тайных контактах с неприятелем...)

Валленштейн предлагает Кеплеру поступить к нему на службу. Ученый соглашается и летом 1628 г. вместе с семьей переезжает в герцогство Саган — владение Валленштейна. В августе 1630 г. полководец получает отставку, и Кеплер вновь остается без покровителя. Осенью того же года он отправляется в Регенсбург на сбор германских князей, где находился император, чтобы получить хотя бы часть причитающегося ему жалования. В дороге простудился и приехал в Регенсбург совершенно больным. Здесь он и умер 15 ноября 1630 г. на 59 году жизни.

Злоключения Кеплера продолжались и после смерти. В ходе Тридцатилетней войны кладбище, на котором его похоронили, было полностью разрушено, и от могилы Кеплера не осталось даже следа...

Кеплеру установлены памятники в Вейль-дер-Штадте и в Регенсбурге. В этих же городах в домах, где он родился и умер, открыты музеи. В

*Horoscopium gestellet durch
Ioannem Keplerum
1608.*



Один из гороскопов, составленных Кеплером для Валленштейна, 1608 г.

его честь названы один из лунных кратеров и малая планета № 1134.

В. П. ЛИШЕВСКИЙ,
кандидат физико-математических наук

Информация

Звезда умирает на глазах?

Получить четкое изображение ядра планетарной туманности, находящейся в другой галактике, до сих пор не удавалось. Впервые это было недавно достигнуто с помощью Космического телескопа им. Хаббла астрономами обсерватории Маунт-Стромло при Австралийском национальном университете (Канберра), обсерваторией Сайдинг-Спрингс (Австралия) и Научным институтом Космического телескопа при

Университете им. Джонса Гопкинса в Балтиморе (штат Мэриленд, США).

Объектом исследования была планетарная туманность SMP 83, находящаяся примерно в 170 тыс. световых лет от нас, в Большом Магеллановом Облаке. Ее ядро — очень горячая сине-фиолетовая звезда массой близкой к солнечной. Поперечник туманности — всего несколько сотен километров, а светимость — в 30 тыс. раз превышает солнечную.

На изображении, полученном камерой на борту телескопа им. Хаббла, туманность выглядит как кольцо диаметром около 1,6 св. года. Она содержит кислород, азот и водород. Из-

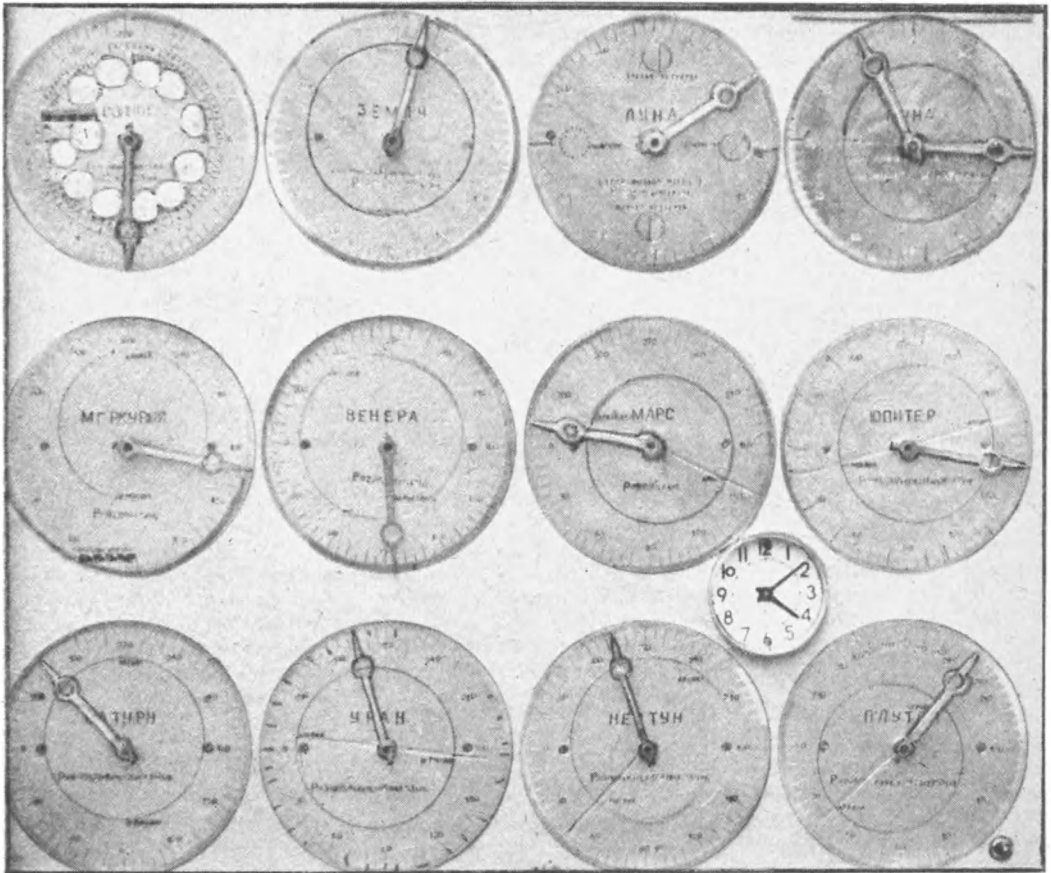
мерения, выполненные Майклом Допитом (обсерватория Маунт-Стромло), показывают: температура поверхности ядра туманности достигает $1,7 \cdot 10^5$ К, т. е. очень высока.

М. Допит считает, что начальная масса SMP 83 составляла около шести солнечных. До последнего времени звезды с такой массой заканчивали свое существование взрывом.

По всей видимости, SMP 83 превратилась в планетарную туманность всего около 5 тыс. лет назад и ей предстоит быстро угаснуть в ближайшее тысячелетие.

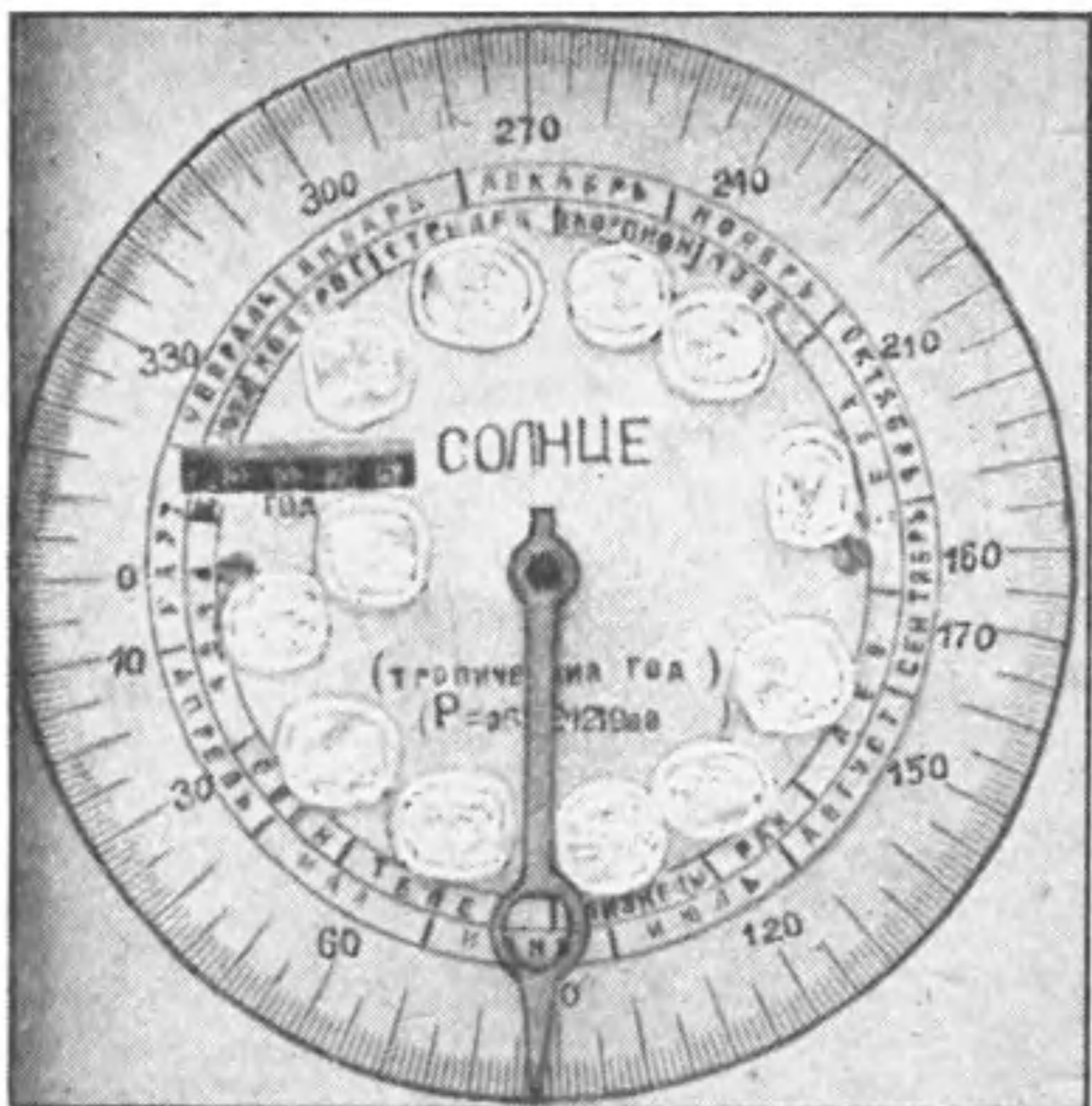
New Scientist, 1993, 1880, 16

Лунно-планетные часы



Лунно-планетными часами условно названа система механизмов, рассчитанных и изготовленных автором в астрономической обсерватории Николаевского

Общий вид лунно-планетных часов. Часы идут непрерывно с апреля 1991 г. В момент съемки 18 июня 1992 г. они показывали 16 ч 9 мин (летнее время, II часовой пояс)



«Солнечный» циферблат

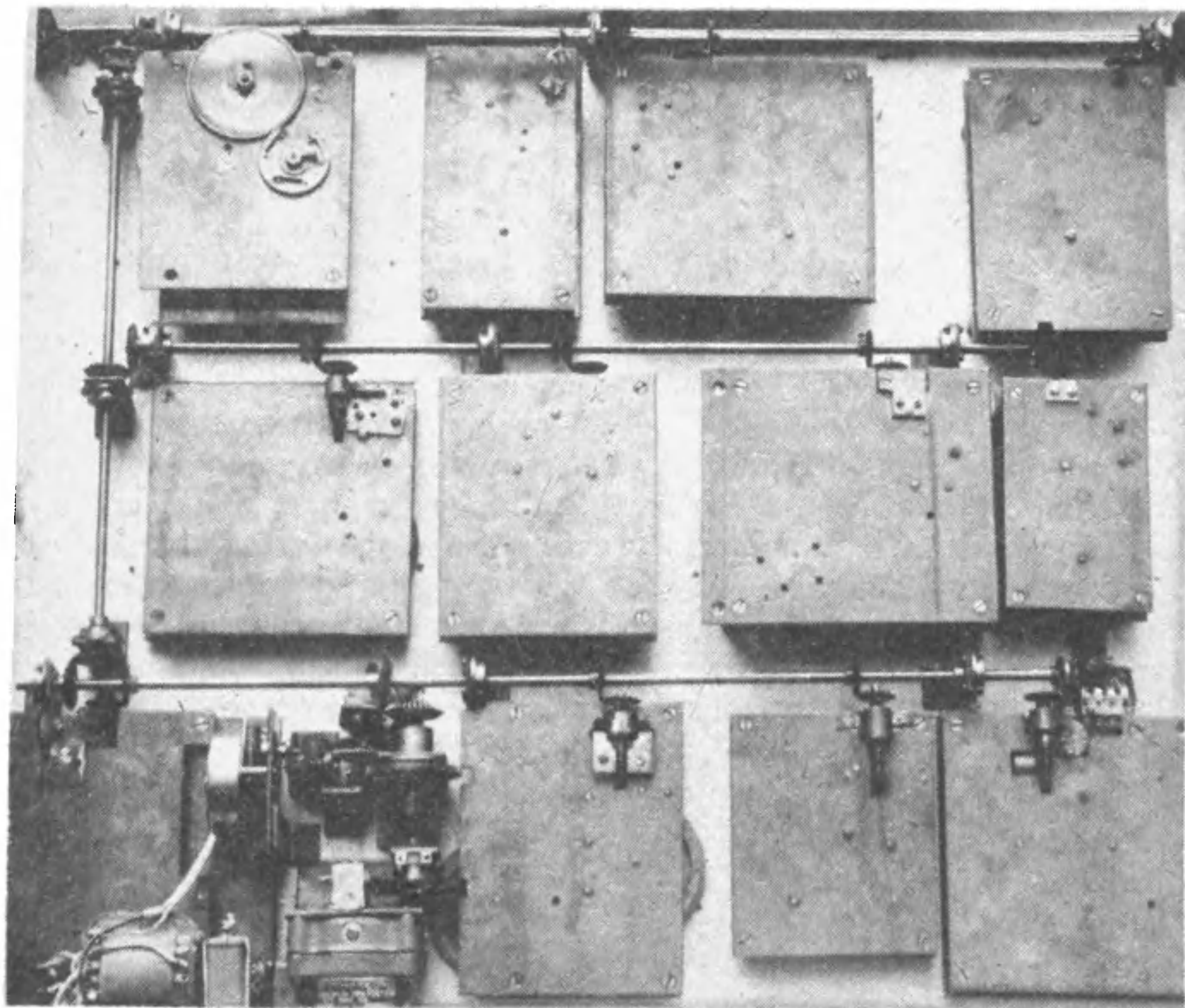
двенадцати циферблатах, имеющих градусные деления, стрелки показывают геоцентрические долготы девяти планет, а также геоцентрические долготы Луны и Солнца, положение Луны относительно перигея. По равенствам или различиям на 180° долгот Земли и планет могут быть определены моменты противостояний или соединений планет с Солнцем.

На «планетных» циферблатах указаны названия планет, прочерчены их орбиты, даны направления больших осей орбит с отметками точек перигелия и афелия (для Луны — перигея и апогея), приведены периоды обращения. Через прорези в циферблатах «Солнце» и «Меркурий» видны номера (с десятичными долями) текущего года и текущего юлианского дня — соответственно. Поясное время показывают стрелки на циферблате обычного вида. На циферблате

педагогического института (Земля и Вселенная, 1987, № 2, с. 53—56).

Размер «часов» $71 \times 61 \times 14$ см. На

Кинематическая система лунно-планетных часов



К расчету редукторов

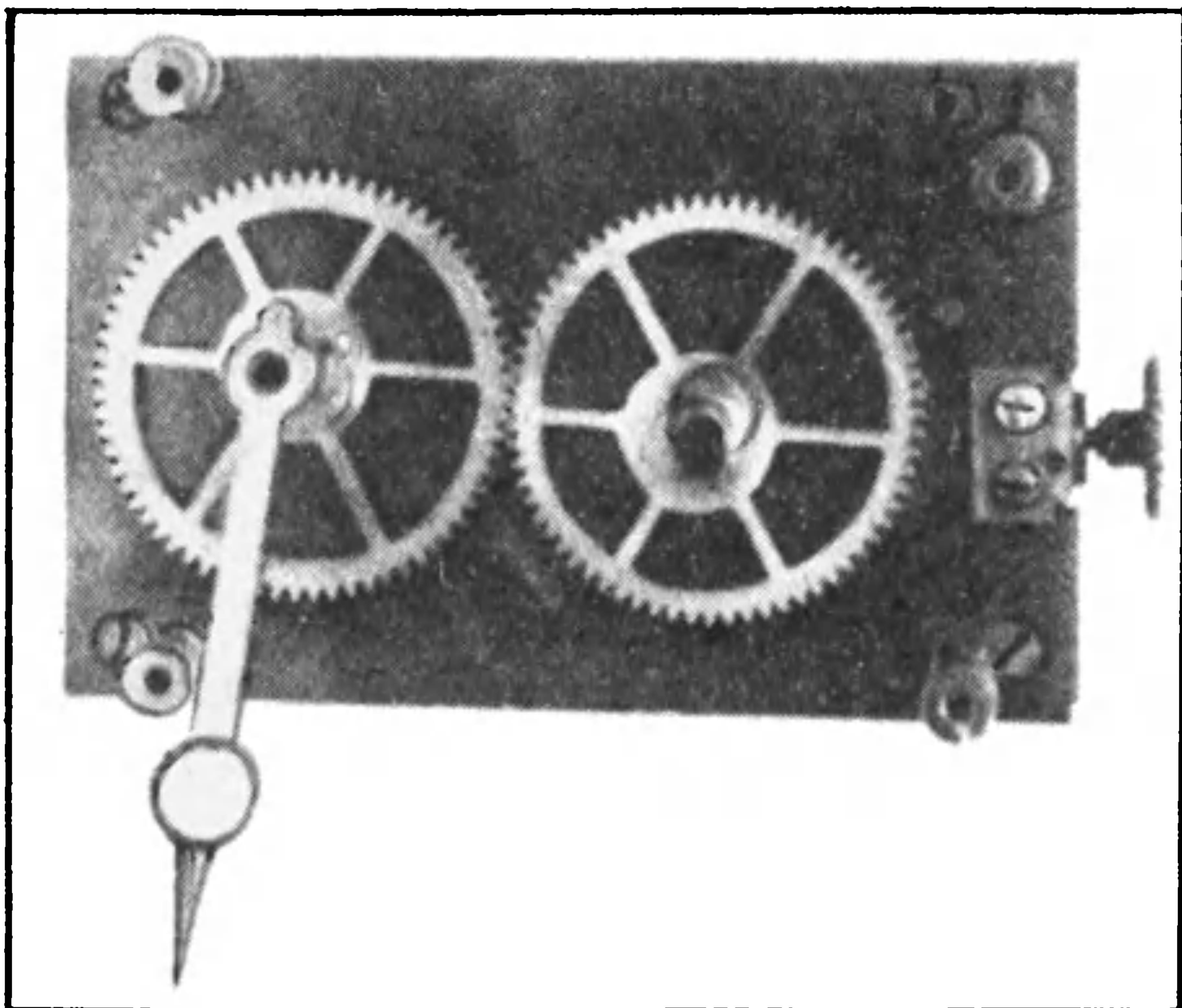
Объект	Табличный период (средних суток)	Реализованный период (средних суток)	Представление числом зубцов в парах шестерен редукторов	Относительная ошибка моделирования
Солнце (тропический год)	365,2421988	365,24221455	$\frac{1}{80} \cdot \frac{68}{93} \cdot \frac{68}{227}$	$4,31 \cdot 10^{-8}$
Земля (звездный год)	365,25636556	365,25636672	$\frac{1}{75} \cdot \frac{31}{27} \cdot \frac{38}{64} \cdot \frac{25}{83}$	$3,18 \cdot 10^{-9}$
Луна (синодический месяц)	29,53058818	29,53058705	$\frac{1}{29} \cdot \frac{59}{56} \cdot \frac{151}{162}$	$1,78 \cdot 10^{-7}$
Луна (сидерический месяц)	27,3216616	27,32166267	$\frac{1}{29} \cdot \frac{45}{71} \cdot \frac{139}{83}$	$3,91 \cdot 10^{-8}$
Луна (аномалистический месяц)	27,5545498	27,55455116	$\frac{1}{29} \cdot \frac{45}{74} \cdot \frac{59}{43} \cdot \frac{54}{72}$	$4,94 \cdot 10^{-8}$
Меркурий	87,969	87,96900726	$\frac{2}{48} \cdot \frac{28}{29} \cdot \frac{20}{58} \cdot \frac{59}{72}$	$8,26 \cdot 10^{-8}$
Венера	224,701	224,70099573	$\frac{1}{64} \cdot \frac{37}{43} \cdot \frac{38}{41} \cdot \frac{25}{70}$	$1,90 \cdot 10^{-8}$
Марс	686,980	686,97991968	$\frac{2}{60} \cdot \frac{18}{62} \cdot \frac{20}{62} \cdot \frac{32}{64} \cdot \frac{83}{89}$	$1,17 \cdot 10^{-7}$
Юпитер	4332,589	4332,58863526	$\frac{1}{56} \cdot \frac{1}{48} \cdot \frac{71}{60} \cdot \frac{58}{59} \cdot \frac{40}{75}$	$8,42 \cdot 10^{-8}$
Сатурн	10759,22	10759,21992199	$\frac{1}{64} \cdot \frac{1}{64} \cdot \frac{33}{85} \cdot \frac{101}{103}$	$7,25 \cdot 10^{-9}$
Уран	30685,4	30685,39915966	$\frac{1}{50} \cdot \frac{1}{41} \cdot \frac{17}{38} \cdot \frac{14}{60} \cdot \frac{48}{75}$	$2,74 \cdot 10^{-8}$
Нептун	60189	60189,99780059	$\frac{1}{81} \cdot \frac{1}{81} \cdot \frac{22}{72} \cdot \frac{62}{43} \cdot \frac{24}{97}$	$3,65 \cdot 10^{-8}$
Плутон	90465	90465,0	$\frac{1}{48} \cdot \frac{2}{74} \cdot \frac{16}{80} \cdot \frac{16}{163}$	0

«Солнце», кроме градусных делений, отмечены месяцы и зодиакальные созвездия, а также помещены фигурки знаков Зодиака.

Как действуют «часы»? От общего исходного вращательного движения со скоростью один оборот в средние сутки, реализуемого через пары конических шестерен, приводятся в действие редукторы, моделирующие периоды обращения небесных объектов. Для планет — это сидерические периоды обращения их вокруг Солнца, для Солнца — тропический год, для Луны — синодический, сидерический и аномалистический месяцы. Последние два представлены на одном циферблате стрелками с вы-

гравированными на них названиями. Определенная сложность математического расчета редукторов обусловлена несоизмеримостью моделируемых периодов с продолжительностью земных суток, в то время, как количества зубцов на шестеренках могут быть лишь целочисленными. Кроме того, по габаритным соображениям числа зубцов не могут быть ни слишком большими, ни очень малыми. Результаты расчета приведены в табл. 1. Пояснения требует, пожалуй, лишь четвертый столбец этой таблицы, где в виде простых дробей даются числа зубцов в парах шестерен (числитель — у шестерни ведущей, знаменатель — у ведомой). Дробям с числителем, равным

Эксцентричная пара шестерен, моделирующая неравномерность орбитального движения Меркурия



единице или двум, соответствуют червячные пары.

При изготовлении «часов» пришлось учитывать неравномерность движения Луны и планет по их эллиптическим орбитам. Так как эксцентриситеты орбит и наклонов их плоскостей к плоскости эклиптики невелики, то оказалось возможным добиться точности не хуже $0,2^\circ$ по долготе с помощью пар обычных круглых шестерен. Насажены они несколько

необычно: одна — на выходе редуктора, другая — на оси вращения стрелки. Причем, наибольшему «радиусу» ведущей шестерни соответствует наименьший на ведомой (на оси стрелки). Такое положение соответствует моментам прохождения планетами их перигелиев (Луной — перигея).

Величины смещений осей вращения (табл. 2) вычислены по соотношениям линейных скоростей движений планет в перигелии и афелии (в перигее и апогее — для Луны). Эти соотношения обусловлены значениями эксцентриситетов орбит.

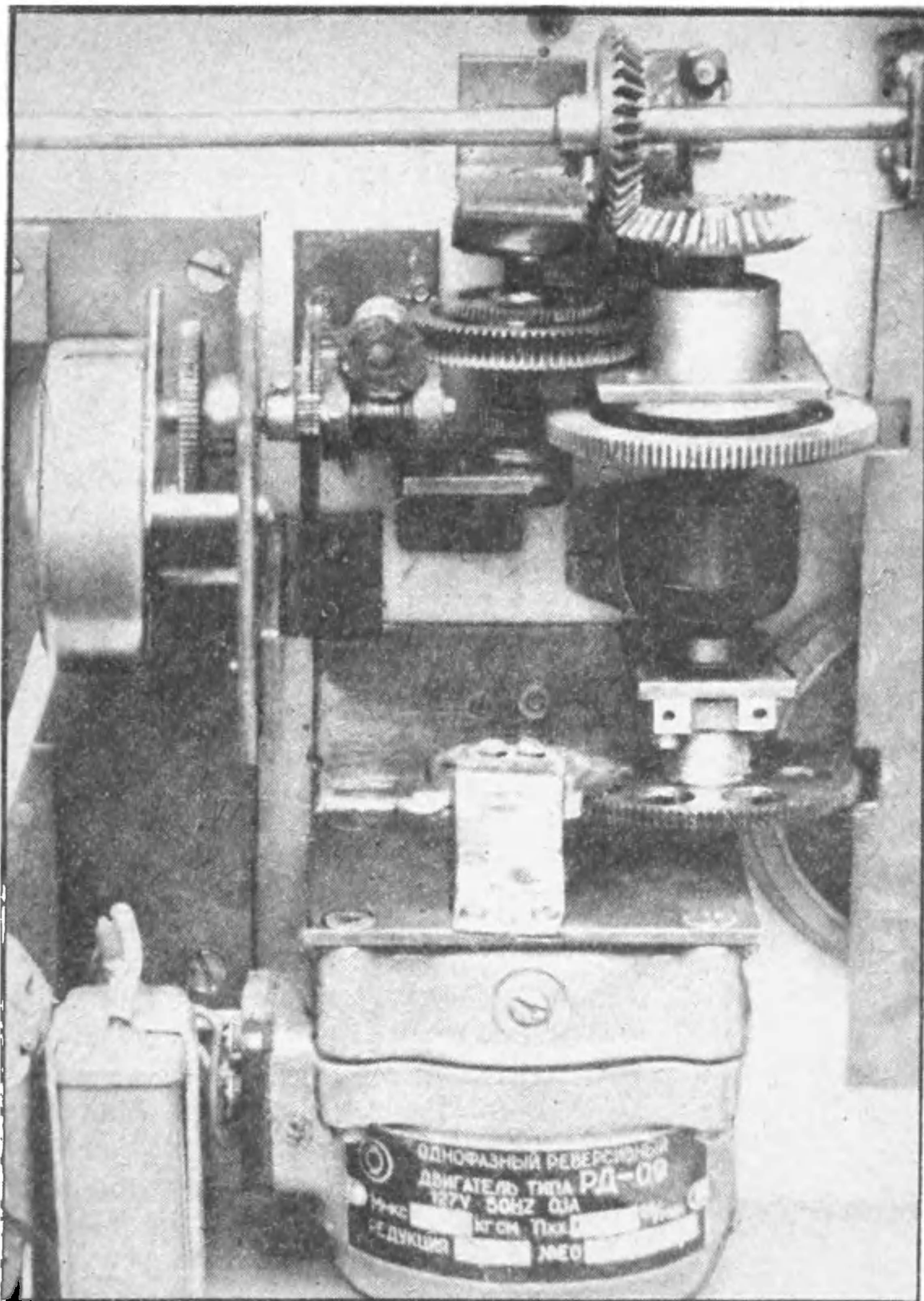
Суточное вращение приводных осей, исходное для всех механизмов — редукторов, предусмотрено в двух вариантах:

— через редуктор $1 : 540\,000$ — от сетевого электродвигателя (электропитание 220 В, 375 об/мин, мощность — 4 Вт);

— с помощью шагового двигателя от кварцевого генератора (поворот на $1/6$ оборота двигателя через каждые 48 с последующей редукцией $1 : 300$). В цепь привода от двигателя к оси, имеющей один оборот в сутки, включен дифференциальный механизм, чтобы можно было бы по «часам» получать положения светил для моментов будущего или про-

Таблица 2
Величины смещения осей вращения
(в единицах делительных радиусов шестерен)

Объект	Принятый эксцентриситет	Величина смещения
Меркурий	0,206625	0,1044
Венера	0,00793	0,0034
Земля	0,016729	0,0084
Марс	0,093357	0,0468
Юпитер	0,048417	0,0242
Сатурн	0,0572	0,0279
Уран	0,0471	0,0236
Нептун	0,0087	0,00435



Механизмы суточного вращения приводных осей от электродвигателя

шедшего времени. Коррекция движения осуществляется от реверсивного электромотора.

Мы ограничимся этим общим описанием, имея в виду, что интересующиеся изготовлением «часов» и методикой их использования в учебном процессе суме-

ют получить у нас необходимую консультацию.

Н. Д. КАЛИНЕНКОВ,
профессор
327030, Украина, г. Николаев,
ул. Розы Люксембург, 24, Пединститут,
Обсерватория

II. Черные дыры и космогония *

Ф. А. ЦИЦИН,
кандидат физико-математических наук, ГАИШ МГУ

Открытое В. Ф. Шварцманом быстрое проникновение аккрецируемой массы в черную дыру означает, что практически все вещество этого объекта сосредоточено в его центральной (неточечной) планковской сингулярности, где оно не подчиняется фундаментальным законам нашей физики. Поэтому не исключена возможность обратных выбросов материи из черной дыры, причем с ха-

рактеристиками, невозможными с позиций нашей физики. В этом отношении данный объект напоминает никак не «гравитационную могилу» — обычный образ черной дыры, а скорее воспроизводит свойства... «Д-тела», исходного объекта космогонического процесса по В. А. Амбарцумяну! Сочетание у квантово-гравитационного объекта некоторых основных свойств черной дыры

и Д-тела (при радикальной коррекции других их свойств) может привести к синтезу концепций, несколько десятилетий противостоящих друг другу в космогонии — классической («диффузной») и «бюраканской» и, возможно, открывает новые перспективы в старой проблеме построения единой гравитационно-квантовой теории математики.

Ночью он иногда просыпался с жалобным воплем, в холодном поту, ибо ему снилась черная дыра /.../.

Анатолий Франс «Восстание ангелов»

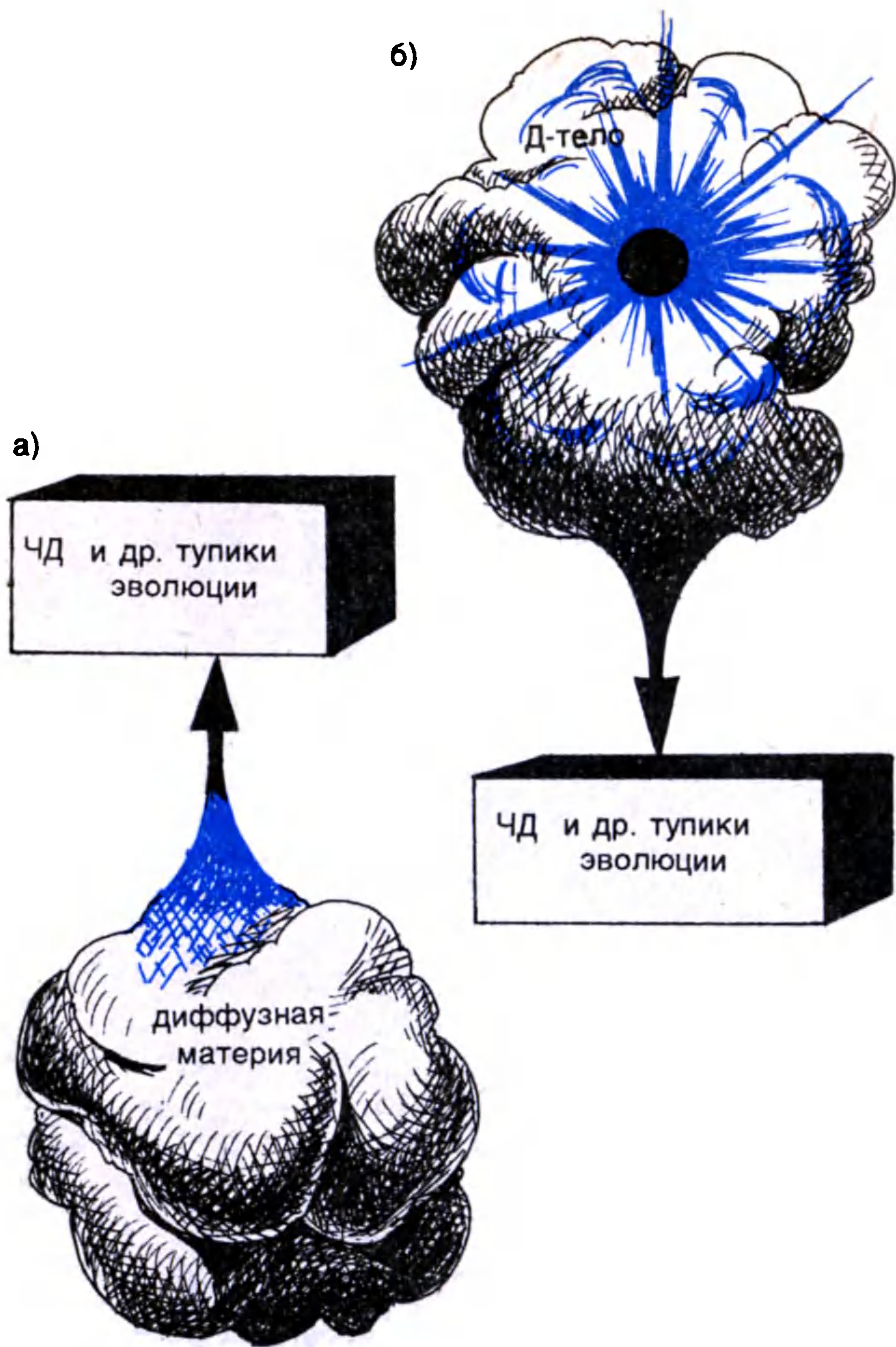
КОСМОГОНИЧЕСКИЙ СПОР

В крупномасштабной космогонии, как известно,

* 1. «Черные дыры: сегодня и завтра» (Земля и Вселенная, 1993, № 4, с. 75—82).

в течение уже свыше четырех десятилетий противостоят классическая (диффузная) и «неклассическая» (бюраканская) концепции космогонического процесса. Первая восходит к идеям и по-

строениям В. Гершеля конца XVIII века; вторая выдвинута В. А. Амбарцумяном в конце 40-х гг. века XX-го. Первая условно господствовала полтора века и, видимо, не в последней степени



Общие тенденции эволюции космической материи, согласно: (а) «классической» (диффузной) и (б) «бюраканской» концепции космогонии. На этом и следующем рисунках не указаны такие общие объекты обеих концепций, как космологическая сингулярность (равно исходная для последующей эволюции в обоих подходах) и промежуточные объекты и фазы космогонического процесса (звезды и т. п.), а только исходные и финальные (на рис. 2 узловые) объекты, в соответствии с той или иной версией космогонического процесса

вследствие этого монополюсного положения к середине XX в. основательно захирела и зашла, если не в тупик, то в болото.

Звездная (а затем и более крупномасштабная) космогония получила стимул к обновлению и, как оказалось, быстрому и успешному развитию парадоксальным образом: благодаря возникновению отрицавшей (и этим пробудившей ее) космогонической концепции академика В. А. Амбарцумяна (Земля и Вселенная, 1991, № 2, с. 9—19). Последняя

развивалась весьма неравномерно. После бурного начала, связанного с концепцией звездных ассоциаций (сначала активно отвергавшихся, а затем признанных, объявленных, как обычно в таких случаях, «давно известными» и объясненных классической диффузной космогонией), наступали долгие перерывы, изредка перемежавшиеся продвижением В. А. Амбарцумяном и его соратниками новых космогонических идей. Изредка эти идеи триумфально оправдывались (предсказание

активности галактических центров — может быть, важнейшего открытия в астрономии с середины XX века — а она богата открытиями!); чаще они были существенно менее удачными и не находили подтверждения и признания (например, попытка С. К. Всехсвятского приспособить «амбарцумяновский механизм» выбросов и взрывов «дозвездного вещества» для оправдания идеи эрупции (взрывного выброса) комет с планет-гигантов или их спутников; попытки построить гиперонную теорию дозвездного вещества; «объяснение» ряда феноменов звездной переменности и особенно вспыхивающих звезд выносом реликтового сверхплотного дозвездного вещества из недр звезды с его последующей взрывной дисагрегацией, распадом... В целом к настоящему времени «бюраканская космогония» уже не может конкурировать с классической «диффузной» в проблеме звездообразова-

ния, но сохраняет сильные позиции «в ядрах активных галактик» и аналогичных объектах.

«АХИЛЛЕСОВА ПЯТА» БЮРАКАНСКОЙ КОНЦЕПЦИИ

Взаимоотношения двух глобальных концепций космогонического процесса, как мы знаем, строятся на принципе взаимоотрицания и тканевой несовместимости... Сторонники каждой из этих двух альтернативных концепций в большей или меньшей степени пренебрежительно относятся к конкурирующей («диффузионники» — с большим основанием, бюраканцы — с меньшим основанием, но с большим напором...). Каждая из «враждующих партий» в завершении длительной дискуссии допускает только свою победу и полный разгром и капитуляцию неприятеля...

Для нас существенно в этой ситуации то, что «бюраканцы» с зарождения своей концепции в конце 40-х гг. постулируют в качестве исходного пункта всей дальнейшей эволюции космической материи некое до сих пор гипотетическое «дозвездное вещество», структурно состоящее из отдельных «дозвездных тел» (Д-тела). Вещество это полагается реликтовым наследием космологической сингулярности, положившей при Большом Взрыве начало нашей Вселенной. В духе этой идеи дозвездное вещество (и, следовательно, Д-тела) пред-

полагаются **сверхплотными** и, что особенно существенно, находящимися в состоянии, **не подвластном фундаментальным законам современной физики**. Взрывная дисагрегация Д-тел, начиная с самых крупных, видимо со **сверхгалактической** массой, дает начало галактикам, звездам, диффузной материи нашей Вселенной. Таким образом, характерным направлением космогонического процесса у бюраканской школы космогонии считается **дисагрегационный** переход, уже охватываемый, описываемый **фундаментальной физикой от реликтовых, сверхплотных, управляемых неизвестными физическими законами Д-тел**, к гораздо менее плотным звездам и диффузной материи

Сторонники диффузной космогонии четыре с лишком десятилетия, и чем дальше, тем, видимо, основательнее требуют от Амбарцумяна и вообще от бюраканской школы космогонии **физически конкретизировать** природу гипотетических Д-тел, утверждая, что без этого бюраканская концепция остается квазиобъяснением неизвестного (а тем более известного...) через неизвестное. Вероятно, бюраканцы ощущают свою серьезную слабость в этом пункте. Известны их (пока безуспешные) попытки такой конкретизации (например, упомянутая теория гиперонной природы дозвездного вещества).

МИР В ЧЕРНЫХ ДЫРАХ...

Тем не менее, две конкурирующие и даже взаимоисключающие концепции космогонического процесса кое в чем сходятся. Помимо общности космологических предпосылок (происхождение Вселенной из сингулярного состояния путем Большого Взрыва) и физико-теоретического фундамента современной науки (впрочем, бюраканцы более раскованно обращаются с ним...), это в первую очередь признание **обеими школами черных дыр (ЧД)**. Так, видный сторонник и защитник «диффузной космогонии» академик В. Л. Гинзбург пишет: «В рамках ОТО (общей теории относительности) черные дыры, безусловно, могут существовать». В свою очередь, сам академик В. А. Амбарцумян констатирует: «Существование черных дыр во Вселенной вполне возможно, так как оно предсказывается релятивистской теорией тяготения».

Заметим, что обе стороны считают ЧД **релятивистским** объектом. Однако с учетом выдающихся, но прошедших мимо внимания астрофизиков результатов В. Ф. Шварцмана (позже подтвержденных И. Д. Новиковым и В. П. Фроловым) это, мягко говоря, не вполне корректно, а говоря откровеннее, совершенно **ошибочно!**.. Ибо падающая на ЧД материя, вопреки общепринятой картине ЧД как «застывшей звезды», быстро

«заглатывается» ею. Затем она еще быстрее оказывается в **центральной неточечной**, с размером $\approx 10^{-33}$ см (планковской) **сингулярности ЧД**, где наша фундаментальная физика, включая ОТО и квантовую механику, по общему признанию специалистов, уже «не работает». Таким образом, **практически все вещество ЧД находится за пределами ОТО!** Так что ЧД — не только постньютоновский, но и **постэйнштейновский, пострелятивистский объект!** Это тело следующего, **более глубокого, квантово-гравитационного уровня физической теории.** Наиболее глубокие свойства ЧД столь же бессмысленно относить на счет ОТО, как **энерговыведение Солнца** объяснять химическим горением его вещества. Принципиальная разница этих ситуаций, однако, в том, что **на ныне известны границы ОТО**, и известно, что при **образовании ЧД** вещество ее уходит за эти рамки, как и при **аккреции материи на ЧД.**

ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПУТЯМИ, НО В РАЗНЫЕ СТОРОНЫ

Итак, для **обеих конкурирующих концепций космогонии черные дыры — закономерный финал, безысходный тупик эволюции космической материи.** Но для **диффузной космогонии ЧД — логичное завершение процесса прогрессирующего уплотнения вещества.** Для **бюраканской же концепции**

ЧД — **опасный прецедент реализации процесса, противоположного основной тенденции падения плотности материи в ее эволюции.** Кстати, поскольку **В. А. Амбарцумян связывает образование ЧД с ОТО**, очевидно, эти объекты и у **бюраканцев должны формироваться в процессах коллапса диффузной материи, а не непосредственно из Д-тел.**

Различие концепций представляется их **адептам принципиальным и непримиримым, а сами концепции, таким образом, полностью взаимоисключающими.** Так ли это? Похоже, совсем не обязательно!

КРАЙНОСТИ СХОДЯТСЯ?

Напомним, что **практически все вещество ЧД сконцентрировано в центральной планковской сингулярности** и представляет «зафизичный» объект, управляемый **неизвестными нам фундаментальными физическими законами.** В связи с этим логически не исключен **выброс из недр ЧД, из ее центральной неточечной планковской сингулярности, вещества высокого энергетического потенциала.** В силу «зафизичных» **начальных условий** такого выброса, **коренящихся в планковской сингулярности, извергнутая из нее материя также может оказаться не подчиняющейся нашей физике** (с 1917 г. и до сих пор не понята выбросы из центров галактик — «джеты» и т. д.).

Свойства эти, как легко видеть, весьма сближают скорректированные выше характеристики ЧД со свойствами **гораздо более гипотетичных Д-тел!** Единственное существенное различие Д-тела Амбарцумяна и «модернизированной» ЧД, с учетом открытия Шварцмана, состоит в том, что **Д-тело, по предположению, представляет собой реликтовый остаток космологической сингулярности, а ЧД — формируется в наше (и в любое другое) время, причем из известного (и находящегося в рамках нашей фундаментальной физики) вещества (диффузной и прочей космической материи), и известным же (и опять-таки подчиненным нашей физике) путем (ньютоновский, а далее эйнштейновский релятивистский гравитационный коллапс).**

Однако **происхождение (реликтовое или коллапсарное) вещества, не находящегося в сфере влияния (господства!) фундаментальных законов нашей физики — это свойство, которое не менее туманно, чем «неизвестные законы физики».** Влияет ли это **происхождение на современные основные (неизвестные нам!..) физические свойства этого вещества и, таким образом, состоящего из данного вещества объекта?**

Мы можем лишь предположительно очертить два возможных варианта. Если эволюция **неизвестного нам вещественного компонента объекта динамическая (не содержит**

элементов случайности и хаоса, влекущего неустойчивость эволюционного пути), то наблюдаемые свойства объекта, в принципе, зависят от его истории и, в конечном счете, от его происхождения и возраста.

Если же сингулярный объект обладает свойствами термодинамической системы, то в нем следы начальной структуры быстро замываются и по истечении нескольких времен релаксации принципиально невозможны. В такой системе происхождение и возраст объекта наблюдательно не проявляются и не играют никакой роли в его свойствах в данный момент. В этом случае отличить систему реликтового происхождения с возрастом 10^{10} лет от «только что» образовавшейся принципиально невозможно.

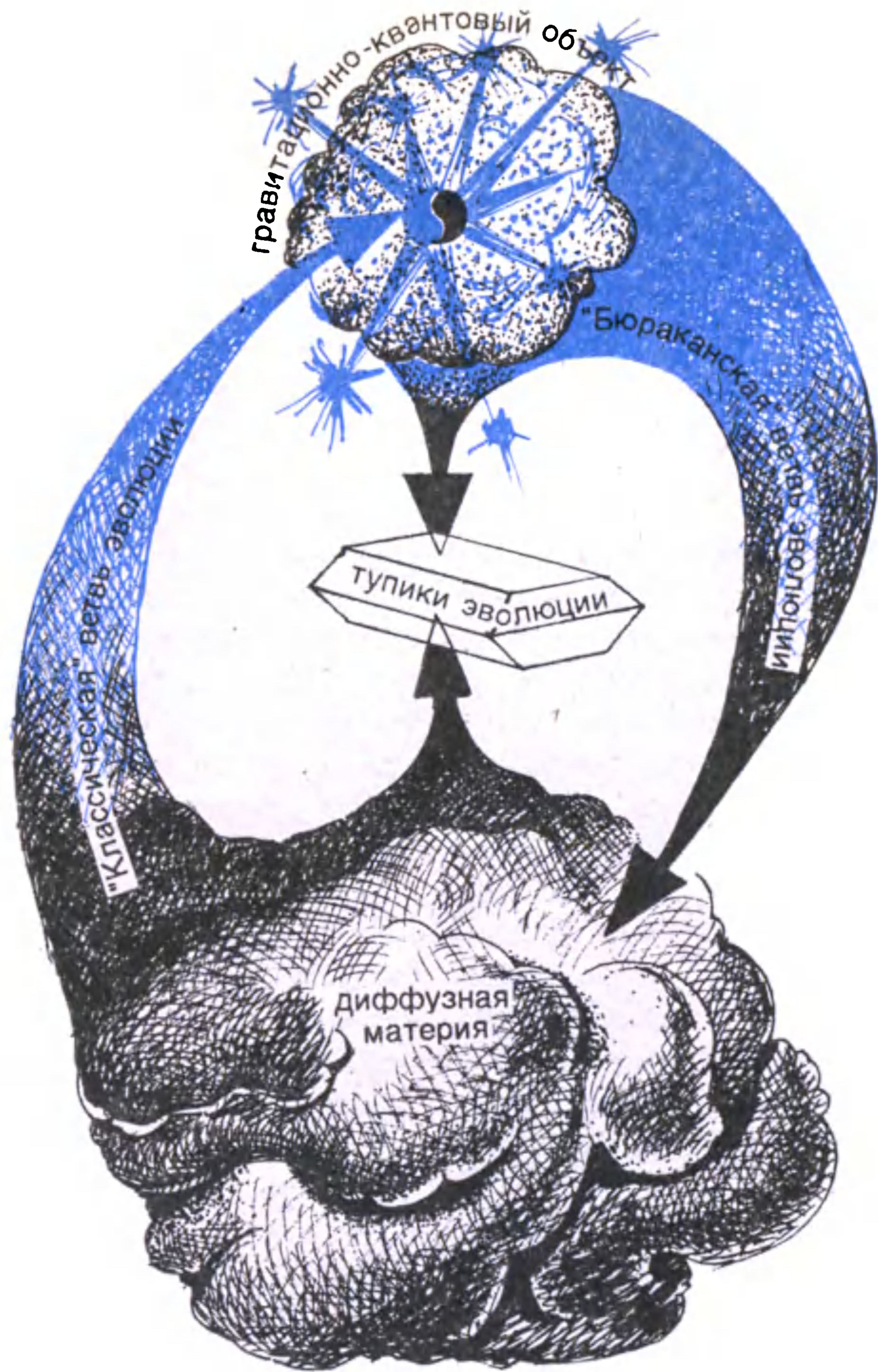
Заметим еще, что термодинамический характер системы, предполагающий и термодинамическую, а точнее, статистическую равновесность ее по истечении времени релаксации от формирования, в нашем случае вовсе не означает, что вещество этой системы или объекта должно пребывать в состоянии макропокоя или, говоря несколько архаичным языком, «тепловой смерти». Дело в том, что при размерах тела порядка планковских (именно таковы масштабы физической планковской сингулярности, в которой сосредоточено практически все вещество ЧД) характерная флуктуационная ячейка оказывается срав-

нимой по размерам со всей системой! А это означает, что относительные флуктуации параметра (формы, плотности энергии, момента и т. п.) оказываются в системе порядка единицы, т. е. сравнимы с самим значением этого параметра. Это скорее напоминает состояние бурного «макрокипения» объекта, а не макропокоя или «тепловую смерть».

Все это и позволяет в «основном» (не чисто динамическом) варианте эволюции отождествить (!) Д-тело с ЧД. Разумеется, подобное отождествление несовместимо с

Общая схема и тенденции эволюции космической материи в соответствии с «синтетической» концепцией космогонии, предлагаемой автором данной статьи

обычной трактовкой бюраканской концепции, в которой реликтовый характер Д-тел предполагается изначально. Отказываясь от него, мы получаем, конечно, не ортодоксально бюраканскую, а радикально скорректированную концепцию. Исконно бюраканская, однако, превращается в нее, если принять современное образование Д-тел из



обычной космической материи, и к тому же известным нашей физике путем (признаваемый бюрокранцами гравитационный коллапс). Но ведь он не останавливается в релятивистских рамках, а уводит коллапсар в квантово-гравитационную зону состояний материи. Продукт такого коллапса — тело, несколько неожиданным образом сочетающее свойства «почти открытого» и пользующегося всеобщим признанием своей почти доказанной реальности объекта — **черной дыры**, с одной стороны, и крайне сомнительного с точки зрения подавляющего большинства научного сообщества, вроде бы обоснованно третируемого и мало кому интересного **Д-тела**, — с другой.

В свете данных рассуждений основным различием между ЧД и Д-телом оказывается то, что в отношении ЧД нам все же известны некоторые ее свойства, определяемые самим коллапсарно-релятивистским путем ее образования. Это — сверхмощное (в окрестности горизонта) гравитационное поле; это — существование самого горизонта; это — ненаблюдаемость материи, пересекшей в ходе коллапса горизонт и продолжающей движение к центральной сингулярности. Впрочем, и у Д-тела нет оснований отрицать наличие аналогичных свойств, — и сверхсильного гравитационного поля, и поверхности Шварцшильда и т. д. Соответственно, нет оснований останавливаться на полдо-

роге в отождествлении ЧД и Д-тел. Ничто не исключает возможности, что это **одни и те же** объекты в модернизированной выше их трактовке.

Заметим, что в таком отождествлении «больше пострадали» (потребовали большей корректировки в сравнении с ортодоксальными представлениями) именно Д-тела. Главная коррекция относится к предположению (постулату) об их природе, как отмечено выше. Это — отказ от представления о их **реликтовой** природе, от их блистательной родословной — прямого происхождения от сверхплотной материи начальной (для нашей Вселенной) космологической сингулярности.

Коррекция картины ЧД, впрочем, также достаточно существенна (отказ от образа ЧД как «застывшей звезды»; отказ от представления о ЧД как о «всего лишь» релятивистском объекте; отказ от модели ЧД как «гравитационной могилы»; да и заключение о том, что вместе с (практически) всей массой своего вещества ЧД лежит за пределами не только релятивистской теории, но и вообще **всей современной фундаментальной физики**. В целом все это, в логически возможном варианте, радикально усиливает и актуализирует в количественном плане вывод С. Хокинга о том, что ЧД не есть **абсолютный тупик** космической эволюции материи. Не исключено, кстати, что выбросы энергии и массы из объектов, считающихся

возможными черными дырами, сколь угодно превосходят хокинговские меры и лимиты. В частности, именно эти эффекты могут обуславливать основную энергетику и вообще феноменологию квазаров и т. п.

АСТРОТЯНИТОЛКАЙ

Итак, узловые объекты диффузной и бюрокранской концепций космогонии — ЧД и Д-тело — сливаются в нашем подходе в единый, пока не менее загадочный объект. Это своеобразный космогонический «тянитолкай» известной повести-сказки, сочетающий свойства ЧД (тяги!) и Д-тела (толкай!)... Естественно, этот центральный объект предлагаемой синтетической концепции космогонии, подобно ЧД и Д-телу, находится за рамками современной фундаментальной физики. Но он не только «пострелятивистский» и «постквантовый», но в основных своих свойствах **квантово-гравитационный «конструкт»**, как выражаются философы. В современной картине мира это чуждый, дикий элемент, гость из более глубоких, чем пока познанных нами, слоев физической реальности. И он уже не «исходный» (в отличие от Д-тела бюрокранской концепции) и не финальный (в отличие от ЧД) пункт космогонического процесса.

Эволюция материи, согласно синтетической концепции космогонии, приобретает (еще в одном, существенно новом ас-

пекте) циклический характер. Разумеется, при этом не исчезают «термодинамические отходы» в форме довольно разнообразных типов космических тел и объектов (от реликтового излучения до нейтронных звезд), уходящие в тупики эволюции. Тем не менее, черные дыры — один из таких тупиков, возможно, основной как в классической диффузной космогонии, так и в бюраканской космогонической картине, у нас устраняется. Вместо него появляются, напротив, космогонически **весьма активные** объекты — квантово-гравитационные гибриды коллапсара и антиколлапсара. С этой точки зрения необходимо взглянуть на активные ядра галактик, на квазары и т. п., да и на подозреваемые ныне ЧД звездной массы.

РОЖКИ ДА НОЖКИ?..

Не они ли остаются от ЧД и Д-тел при синтезе их в вырисовывающейся объединенной концепции космогонии? С точки зрения этой синтетической концепции те астрономические объекты, в которых современные альтернативные теории усматривают свои экстремальные образования — ЧД и Д-тела, являются, во-первых, **одними и теми же** объектами, притом **существенно квантово-гравитационными**, не подчиняющимися нашей фундаментальной физике. Это, как отмечено выше, объекты следующего (за нашим), более глубокого уровня физической ре-

альности, в которых возможны (логически и физически не исключены) параллельно протекающие, либо перемежающиеся во времени (и пространстве) как коллапсарные, так и антиколлапсарные эффекты.

Неподчинение нашей фундаментальной физике нельзя, разумеется, трактовать слишком всеобъемлюще. Какие-то из фундаментальных физических законов нашего уровня могут сохранить силу и для этих объектов. В первую очередь это можно заподозрить в отношении некоторых законов сохранения, корни которых находятся, возможно, даже глубже «гравитационно-квантового» слоя действительности. Конкретно, однородность и изотропия пространства, лежащие, согласно Э. Нетер, в фундаменте законов сохранения, могут (в какой-то мере?) сохраниться и на гравитационно-квантовом уровне реальности (хотя бы как флуктуирующие, но в среднем, статистически имеющие место). Как известно, в 30-х гг. такой статистический характер законов сохранения допускался, например, Н. Бором и другими ведущими теоретиками даже и на нашем уровне фундаментальной физики, что впоследствии не подтвердилось.

Нечто подобное можно ожидать и в отношении сохранения на квантово-гравитационном уровне материи такого фундаментального статистического физического закона, как «принцип роста эн-

тропии» — второе начало термодинамики. (Кстати, и оно не обязано в гравитационно-квантовом мире сохранять ту меру достоверности, какой обладает, согласно господствующим представлениям, в классической и в квантово-релятивистской атомно-молекулярной Вселенной.) Ограничения области справедливости второго начала могут быть связаны и с другими факторами, лежащими за рамками интересующей нас здесь проблематики, где «должна» решаться и проблема «тепловой смерти».

ЛЕГКО ЛИ ВИДЕТЬ?..

В наблюдательном аспекте, с точки зрения предлагаемой синтетической концепции космогонии, необходима детальная ревизия феноменологической картины тех объектов, где современная астрофизика подозревает наличие ЧД (или менее популярных Д-тел...), для выявления эффектов антиколлапсарной природы среди уже известных, но объясняемых в рамках традиционной теории или, тем более, не находящихся удовлетворительного объяснения явлений. Возможно, не укладывающиеся в современную фундаментальную физику явления исследователи не замечают просто потому, что считают невозможными. Ведь наблюдатели видят лишь то, что разрешает господствующая теория, — подчеркивал А. Эйнштейн!

Не пора ли нам в свете

синтетической концепции космогонического процесса попробовать увидеть, например, в «самом таинственном объекте в современной астрофизике» — в γ -всплесках (Земля и Вселенная, 1993, № 2, с. 3) — эффект заключительных «хокинговских»

взрывов «ЧД», а точнее — квантово-гравитационных объектов?!

Не исключено, что наблюдательное отождествление, а тем самым открытие и исследование этих или других эффектов гравитационно-квантового характера, окажется и на-

более прямым и эффективным путем для расширения исходной наблюдательной базы и, в конечном счете, для построения столь долго ожидаемой, но упорно не дающейся физикам единой гравитационно-квантовой теории материи.

НОВЫЕ КНИГИ

Сказки, придуманные девушкой-звездочетом

Любе Талимановой немногим больше двадцати лет, а она уже известна своими книгами и картинками. В 1993 г. издательство «Машиностроение» выпустило ее книгу «Сказки о созвездиях». Любовь Алексеевна не только сочинила эти сказки, но и нарисовала оригинальные иллюстрации к ним. В результате получилась интересная и красивая книжка.

Более сорока сказок Л. А. Талимановой посвящены происхождению названий созвездий и Млечного Пути. Но это не пересказ известных мифов и легенд, а именно придуманные автором сказки. В них, например, говорится о том, что Млечный Путь — это дорога из песка, жемчуга и слез, оставленных на небе умными и добрыми жителями берегов Атлантики; Большой Пес и Малый Пес — вовсе не собаки охотника Ориона, а постоянно спорившие и вздорившие братья; Водолей — королевич, которому пришлось стать водносом; Телец — мудрый вожак дикого стада; Овен — волшебный пушистый баран, подаривший людям много золотых монет; Большая Медведица — добрая девушка, согласившаяся отдать свои глаза, чтобы спасти жизнь маленькому белому медвежонку, превратившемуся потом в Малую Медведицу...

Предисловие к книжке Тали-

мановой написал летчик-космонавт Анатолий Соловьев, сообщивший юным читателям, что он и его товарищи по экспедиции на

станцию «Мир» — Сергей Авдеев и французский космонавт Мишель Тонини — взяли с собой некоторые картины Любы.



Еще раз о столкновении кометы с Юпитером

К. И. ЧУРЮМОВ,
доктор физико-математических наук
Киевский государственный университет

Необычная комета была открыта американскими астрономами Кэрлаин и Юджином Шумейкерами вместе с Дэвидом Леви 24 марта 1993 г. на негативах, полученных с помощью 0,46-метрового телескопа Шмидта на Паломаре (Земля и Вселенная, 1993, № 6, с. 93). Комета находилась в созвездии Девы в 4° от Юпитера и выглядела странным диффузным объектом длиной $\sim 1'$, вытянутым в направлении запад-восток. Блеск ее составлял 14^m . По наблюдениям Дж. Скотти на обсерватории Китт Пик с 0,91-метровым рефлектором на следующую ночь, объект действительно оказался протяженным, имеющим размеры $47'' \times 11''$. Вскоре объект обнаружили на негативах, полученных еще 15 марта в Японии К. Эндате с помощью 0,25-метровой камеры Шмидта, а также 17 марта

С. Отото таким же инструментом. На Паломарской обсерватории эту же область за пять дней до Шумейкеров и Леви фотографировала Э. Хелин, и она первой (но уже после объявления об открытии Шумейкеров и Леви) обратила внимание, что вытянутость изображения кометы объясняется наличием нескольких «отдельных комет», расположенных на одной линии и являющихся вторичными ядрами распавшейся материнской кометы. Образно названный «ниткой жемчуга», объект действительно напоминал жемчужины, нанизанные на нить. Это хорошо видно на фотографии, полученной Э. Хелин и К. Лоуренсом 31 марта 1993 г. с помощью 60-дюймового рефлектора. Дж. Скотти 28 марта на негативе, полученном с автоматическим телескопом «Спейсвоч», обнаружил у кометы 11 вто-

ричных ядер. Еще более поразительную фотографию получили на Гавайской обсерватории с помощью 2,2-метрового рефлектора с ПЗС-камерой Дж. Луу и Д. Джюитт — на их снимке можно насчитать уже 20 вторичных ядер. Это уже был настоящий «кометный поезд», как окрестили распавшуюся комету многие наблюдатели редчайшего феномена. Визуальные оценки блеска кометы 1993е, а именно такое обозначение она получила, были сделаны любителями в США, Японии, Словении и других странах. А. Хейл с помощью 0,41-метрового рефлектора в Лас-Крусес 28 марта оценил блеск (m_1) в $13,3^m$, а один из открывателей кометы, Д. Леви, 30 марта с 0,40-метровым рефлектором определил m_1 в $12,1^m$ и 31 марта в $12,3^m$. 14 апреля Дж. Бортель с 0,50-метровым рефлектором на обсерватории

Брукса в Стормвилле нашел $m_1 = 12,8^m$. 18 июня Г. Микуц в Словении оценил $m_1 = 14,1^m$.

Что же случилось с кометой? Вычисления показали, что прежде орбита кометы была эллиптической, почти круговой и располагалась в тесной близости от орбиты Юпитера. Это привело к захвату ее Юпитером, превращению в свой спутник. Причем, как показали вычисления, наиболее тесное сближение кометы с Юпитером произошло 9 июля 1992 г., когда комета Шумейкеров-Леви прошла в «опасной близости», на расстоянии всего в 0,5 радиуса Юпитера, от поверхности облачной атмосферы планеты. Иными словами, комета глубоко проникла в зону Роша, где приливные силы планеты разорвали первичное ядро кометы (радиус которого был по некоторым оценкам равен 20 км) на множество вторичных фрагментов. Каждый из них представлял собой самостоятельную комету со своим газово-пылевым хвостом, что хорошо видно на снимке Луу и Джюитта. А что же будет дальше?

Известные небесные механики Б. Марсден, Д. Йоманс и Д. Карузи рассчитали, что наблюдателей ждет не менее эффектное событие: комета должна столкнуться с Юпитером, причем это, видимо, произойдет в интервале между 17 и 27 июля 1994 г. (с вероятностью 64%). Уникальное событие взволновало весь ученый мир. Еще бы! Ведь подобные столкно-

вения ядер комет неоднократно происходили и с Землей, правда, в далеком прошлом. Последнее такое столкновение с 10-километровым кометным ядром произошло, предположительно, 65 млн лет назад, что, возможно, привело к гибели динозавров. Столкновения небесных тел подобного размера, будь то кометные ядра или астероиды, согласно некоторым расчетам, происходят в среднем один раз за 50 млн лет. И конечно, для Земли столкновение с кометой, подобной комете Шумейкеров-Леви, стало бы глобальной катастрофой: сильное запыление атмосферы, падение температуры в течение трех месяцев до -50°C , а следовательно, и гибель всего живого. А как такое столкновение отразится на Юпитере? Ясно, что вследствие огромной массы Юпитера для него это столкновение не будет иметь глобальных последствий (раскол на отдельные части или заметное изменение орбиты). Однако эффекты вторичного характера, несомненно, будут зафиксированы. Какие именно?

На нескольких крупных международных конференциях, посвященных этому событию (в США в мае и октябре, на Сицилии в мае, в Италии в июне 1993 г.) прошли горячие дискуссии. Крайне заинтересовался уникальным событием крупнейший физик Эдвард Теллер, «отец» водородной бомбы. По его расчетам, при столкновении

самого крупного фрагмента (если его диаметр окажется 10 км) «кометного поезда» с Юпитером, выделится гигантская энергия, равная энергии 10 млрд мегатонн тринитротолуола, или десятков или даже сотен миллионов Тунгусских метеоритов. Наблюдатель, находившийся на одном из спутников Юпитера (например, на Ио), смог бы увидеть в июле 1994 г. потрясающий воображение фейерверк вблизи Юпитера. Вхождение в зону Роша привело бы к еще большему дроблению вторичных ядер кометы Шумейкеров-Леви и полному распылению некоторых из них. А следовательно, прямо на глазах у наблюдателя произошло бы рождение нового газо-пылевого кольца вокруг экватора Юпитера, возможно, даже более мощного, чем уже открытое ранее по замечательным снимкам, сделанным с борта пролетных аппаратов «Вояджер-1» и «Вояджер-2» в 1979 и 1980 гг. (Земля и Вселенная, 1979, № 5, с. 15; 1980, № 1, с. 20). Не распылившись обломки вторичных ядер кометы, долетев до верхних слоев атмосферы Юпитера, взрывались бы в них через определенные промежутки времени, что выглядело как усиление свечения в отдельных местах атмосферы в экваториальной зоне — своеобразный салют последним мгновениям жизни когда-то огромной кометы. Энергия, выделившаяся при взрыве фрагментов, приведет к образованию

новых «больших» и «малых» Красных пятен в атмосфере Юпитера, одним словом, новых вихревых образований в атмосфере, типа земных циклонов и антициклонов. Некоторые обломки, упавшие на поверхность спутников планеты-гиганта, привели бы к образованию на них новых метеоритных кратеров, а на Ио — к извержению новых вулканов. Таким образом, сдво уникальное событие, столкновение кометы с Юпитером, сразу прояснит природу многих загадочных образований в системе Юпитера: колец, атмосферных вихрей, молодых кратеров на спутниках, извержение вулканов на Ио

и др. Жаль лишь, что летящий к Юпитеру космический зонд «Галлилео» прибудет в окрестности планеты только через 16 месяцев после этого знаменательного события. Однако наблюдения Юпитера с его борта, которые начнутся в 1996 г., все равно будут весьма интересны. Возможно, на переданных снимках мы увидим несколько новых узких колец вокруг планеты, а также новое «Большое Красное пятно» в экваториальной зоне Юпитера, конкурирующее с известным Большим Красным пятном в южной тропической зоне. В 1993 г. астрономы приложили много усилий, чтобы вы-

полнить обширную комплексную программу наблюдений кометы Шумейкеров-Леви как с Земли, так и из космоса с помощью космического телескопа «Хаббла» и ультрафиолетового спутника IUE.

Комета Шумейкеров-Леви оказалась новой короткопериодической кометой — 124 членом кометного семейства Юпитера (ее период равняется 16,6 годам, перигелийное расстояние — 5,382 а. е.). А так как это девятая периодическая комета, открытая совместно тремя открывателями, она также получила название кометы Шумейкеров-Леви 9.

Информация

Откуда берутся кометы

Некоторые астрономы считают, что за орбитой Нептуна лежит пояс Койпера — скопление сравнительно небольших небесных тел, которые могут стать кометами. Однако до сих пор это предположение оставалось, хотя и правдоподобной, но всего лишь гипотезой.

Ее доказательством занялись математики Х. Левисон из Юго-Западного исследовательского института в Сан-Антонио (США) и М. Данкен из Королевского университета в Кингстоне (Канада). Они ввели в память новейшей мощной ЭВМ все имеющиеся сведения об орбитах мелких небесных тел, наблюдаемых в этой области, и вычислили действие на них сил тяготения Нептуна и Урана. При этом математическая модель должна была условно охватить по меньшей мере 1 млрд лет, чтобы установить возникающее в результате всех взаимодействий поведение комет.

Для проверки своей модели ученые первоначально вычислили орбиты четырех планет-гигантов — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Затем они приложили ту же программу более чем к тысяче мелких небесных тел, находящихся на орбитах, лежащих между 30 и 50 а. е. от Солнца.

Модель не только подтвердила реальное существование пояса Койпера, но и показала, что он имеет весьма сложное строение. К настоящему времени почти все кометы, находившиеся в пределах 34 а. е., уже оказались «вымыты» силами тяготения из него.

Однако все еще существуют две области особенно стабильных орбит, где эти небесные тела еще держатся достаточно прочно. Одна из них расположена на расстоянии 36 а. е., а другая — 40 а. е. от Солнца.

Астрономический объект, попавший на эти стабильные орбиты,

может там пребывать длительное время, но и он в конце концов под действием сил тяготения перейдет на орбиту, которая пересекает орбиту Нептуна, а затем начнет движение в направлении Солнца. Видимо, такой была и судьба знаменитой кометы Галлея.

Весьма вероятно, что недавно открытый объект 1992 QB1 также рожден в поясе Койпера. Он находится на почти правильной круговой орбите, проходящей в 41 а. е. от светила, т. е. достаточно точно в одной из зон стабильности, определенных исследователями. Возможно, это — лишь первый из большого числа объектов, которые предстоит открыть между 35 и 45 а. е. от Солнца.

Astrophysical Journal, 1993, 406, 35
New Scientist, 1993, 138, 1875

Движущиеся «объекты» на Луне

А. В. АРХИПОВ

Тема движущихся объектов на Луне фактически отдана на откуп уфологической прессе, известной своим мифотворчеством (Земля и Вселенная, 1993, № 2). Тем не менее о странных образованиях, перемещавшихся на фоне лунного диска или в его окрестностях, сообщали такие авторитеты как Э. Галлей,

Ш. Мессье, И. И. Шрётер, Ж. Е. де Лувилль, У. Р. Брукс, В. Шафаржик, У. Г. Пикеринг, И. Классен. В астрономической литературе опубликовано шесть снимков (из них пара цветных), на которых документально зафиксировано движение на Луне. Но эта интересная тема до сих пор остается практически неизученной... Ав-

тор, сотрудник Научно-исследовательского института по изучению аномальных явлений (НИИАЯ), уже 12 лет собирает и анализирует редкие сообщения очевидцев таких феноменов. Что же удалось узнать об объектах, которые часто отождествляют с земными НЛО?

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

По-видимому, впервые мелькание неких объектов на лунном диске описали известные астрономы Э. Галлей и Ж. Е. де Лувилль при наблюдении в Лондоне солнечного затмения 3 мая 1715 г. Ж. Е. де Лувилль упоминал «какие-то вспышки или мгновенные вибрации световых лучей, как если бы кто-то поджигал пороховые дорожки, с помощью которых взрывают мины... Эти световые вспышки были очень кратковременны и появлялись то в одном, то в другом

месте, но всегда со стороны тени». Если то были метеоры, то трудно объяснить, почему они вспыхивали только на лунном диске, у его западного края (в селенографической системе координат). В 1783 г. движущиеся свечения в центре лунного диска описал знаменитый «ловец» комет Ш. Мессье. А 15 октября 1789 г. два скопления крошечных искорок пе-

ресекли Море Дождей на виду у И. И. Шрётера (Земля и Вселенная, 1993, № 2). В XIX в. подобные сообщения появлялись чаще. Набор гипотез о природе необычных явлений был весьма широк: от земных метеоров (Ф. Араго) до лунных молний (Ж. Е. де Лувилль).

И в текущем столетии движущиеся объекты продолжали удивлять наблюдателей. В 20-х годах их специально изучал американский астроном У. Г. Пикеринг и пришел к забавному выводу о Луне: «Мы нашли здесь живой мир, лежащий у самых наших дверей, чья

¹ Здесь и далее автор не будет приводить точных библиографических ссылок (цитируются преимущественно работы, которые не были переведены на русский язык), но готов сообщить их интересующимся.

жизнь совершенно непохожа на все, найденное на нашей планете,— мир, которым большинство астрономов систематически пренебрегает и игнорирует его на протяжении последних пятидесяти лет». Но все же в научной среде первой половины XX в. возобладало мнение, что Луна мертва не только в биологическом, но и в геологическом смысле. Селенологи скептически относились ко всем сообщениям о кратковременных лунных явлениях (КЛЯ) любых типов. О движущихся феноменах, если и вспоминали тогда, то лишь любители различных курьезов.

Заметный интерес к проблеме вновь возник в 50-х годах на волне шумихи вокруг неопознанных летающих объектов. Появился ряд книг, авторы которых (Д. Лесли, Х. Т. Уилкинз, М. К. Джессеп) опубликовали сводки сообщений о «летающих тарелках на Луне», ставших впоследствии канонической частью уфологического фольклора. Разумеется, научная среда в целом игнорировала не только спекуляции о лунных НЛО, но и сами сообщения очевидцев. Этому способствовали и фотоподделки «тарелок» на фоне Луны, изготовленные известным мистификатором — контактером Дж. Адамски.

Однако после исторического выброса газа в кратере Альфонс 3 ноября 1958 г., сфотографированного Н. А. Козыревым, проблема кратковременных лунных явлений

была «реабилитирована»: И движущимися «объектами» на Луне заинтересовались, наконец, специалисты. Так некоторые подобные явления были включены в каталоги КЛЯ, изданные НАСА. Сообщения о движущихся феноменах можно найти и в каталогах П. Мура, П. В. Флоренского и В. М. Чернова. Упомянул о них в своих статьях и директор астрономической обсерватории Пулсниц И. Классен. 25 апреля 1972 г. в обсерватории Пассау были получены четыре снимка, показывающие движение «фонтана света» в районе кратеров Аристарх и Геродот. А 5 сентября 1981 г. американцу Г. Слейтону удалось сделать даже цветные снимки светлого пятна, медленно перемещавшегося в кратере Питиск.

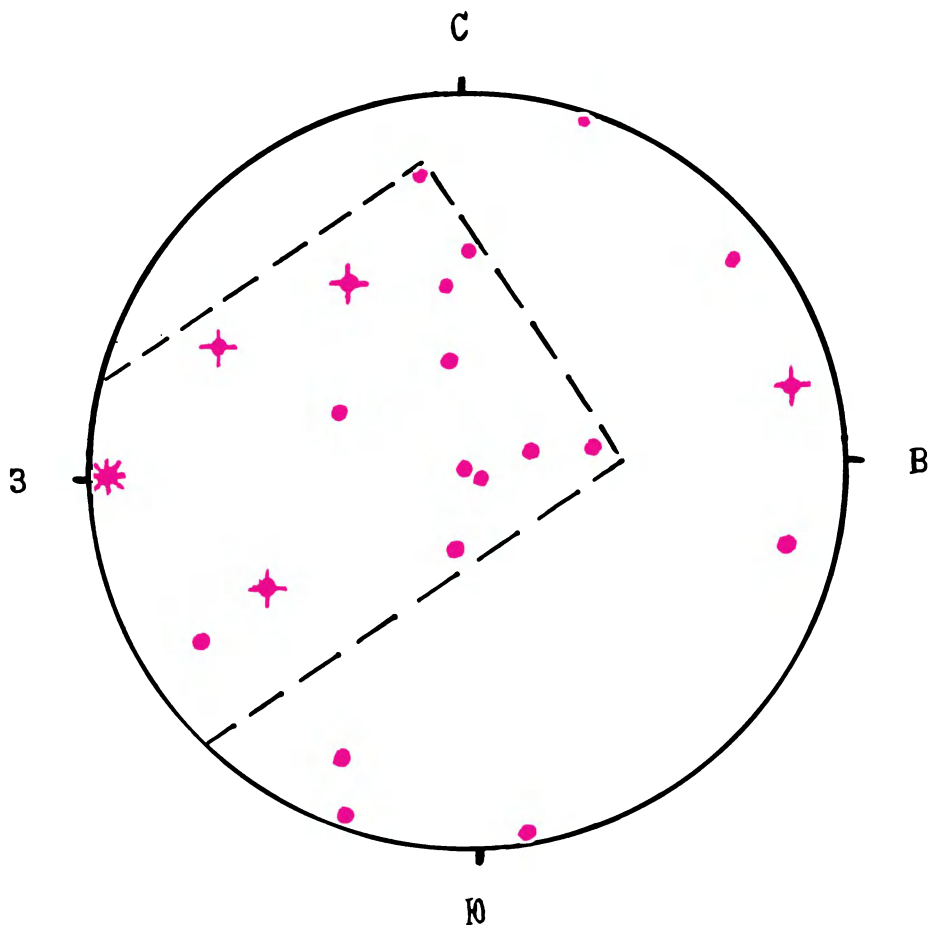
Но, к сожалению, дальше упоминаний и описаний отдельных случаев дело не шло. А ведь иногда встречались странные феномены, явно не согласующиеся с гипотезой о проекции на лунный диск земных метеоров, птиц, насекомых и пуха. Они заслуживали внимания. Вот поэтому автор и решил на исследование увлекательной темы.

КОЛЛЕКЦИЯ СООБЩЕНИЙ

Сообщения о движущихся объектах на Луне оказались редкостью среди редкостей. Искать их было весьма непросто: в российских библиотеках далеко не всегда имеется нужная литература, а многое и вообще не пуб-

ликовалось, а организации и отдельные коллекционеры часто не желают делиться информацией. Например, в постоянной части «Астрономического календаря» (М.: Наука, 1981, с. 332) наблюдателям рекомендуется сообщать о кратковременных лунных явлениях в ЦС ВАГО. Но, когда автор обратился по указанному адресу с запросом о движущихся объектах на Луне, то получил в ответ... подробные рекомендации как стать астрономом. Поскольку диплом астронома второй раз получать было ни к чему, пришлось постараться наладить непосредственные контакты с отечественными наблюдателями и зарубежными исследователями. В результате удалось собрать, по-видимому, наиболее полную (но, конечно, не всеобъемлющую) коллекцию сведений о редких феноменах. В картотеке содержится 88 сообщений, что составляет примерно 5% явлений. Из этих 88 сообщений 63% фигурировали в астрономической литературе, а 16% встречались только в уфологической прессе, 15% нигде не публиковались и были получены непосредственно от наблюдателей. Оставшиеся 6% обнаружены в различных популярных изданиях.

Несмотря на небольшое число случаев (их немного более 132), оказалось возможным выделить три типа феноменов: пятна, облака и быстродвижущиеся образования (БДО).



ПЯТНА

Некоторые постоянные пятна поверхности Луны иногда медленно перемещаются. По-видимому, впервые подобное явление описал английский селенолог Т. Г. Элджер, отметивший, что одно из пятен на дне кратера Платон в 1870 г. сместилось. В 20-х годах нашего века феномен движения лунных пятен специально изучал У. Г. Пикеринг. Зарисовки и микрометрические измерения поверхности Луны позволили ему обнаружить перио-

дичность движений некоторых темных пятен в кратере Эратосфен. Это не были тривиальные перемещения теней, поскольку пятна иногда двигались в противоположном направлении, нежели следовало простой тени. Скорость смещения была порядка 2 км/сут. Американский астроном объяснял движение... миграциями скоплений лунных животных, стремящихся к солнечному свету. Впрочем, и в 50-х годах астрономы Х. П. Уилкинз и В. А. Фирсов писали о лунной растительности. Но боль-

Распределение точек начала движения быстро движущихся образований по диску Луны. Стороны света даны в селенографической системе координат; точки — одиночные события; кресты — два феномена; звездочка — не менее двух феноменов; пунктир — условные границы области концентрации точек

шинство селенологов относили периодическое движение пятен к сложным фотометрическим эффектам и особенностям лунного рельефа. По-видимому, в большинстве случаев движение долгоживущих пятен все-

го лишь иллюзия, хотя и не исключены отдельные реальные изменения альbedo небольших участков лунной поверхности. Такие изменения, в принципе, возможны при перемешивании грунта (например, из-за оползней, выделения газов, падений метеоритов) и выносе на поверхность незрелого, более светлого реголита.

ОБЛАКА

На данный тип КЛЯ приходится четверть сообщений о движущихся объектах. Существуют они от одной минуты до 3 ч, выглядят как светлые или темные, бесцветные или красноватые пятна, размерами более нескольких километров. Угловые скорости их перемещения порядка $10^{-7} \div 10^{-3}$ град./с, что соответствует линейным скоростям на Луне от $7 \cdot 10^{-4}$ км/с до 7 км/с. Чаще всего облака появлялись в полосе Море Спокойствия — Море Кризисов — Море Краевое. На эту зону, охватывающую около 10% площади лунного диска, пришлось не менее 48% двигавшихся облаков. Если бы это были земные образования, вероятность случайного попадания в указанную полосу более 10 точек (начала движения облаков) оказалась бы пренебрежимо малой. В сообщениях говорится не только о возникновении пятен на фоне лунного диска, но и о их постепенном «рассасывании» и исчезновении на фоне Луны.

Скорее всего мы имеем дело с облаками за-

ряженной пыли, перемещающимися в неоднородном электрическом поле нашего спутника. Как показывают расчеты, достаточно мелкие частицы грунта, отталкиваясь от одноименно заряженной лунной поверхности (заряд создается солнечным ветром, космическими лучами), могут левитировать. Наличием слоя взвешенной пыли объясняются лунные зори, наблюдавшиеся на только с Земли, но и с космических аппаратов («Сервейоры», «Аполлон-17»).

БЫСТРОДВИЖУЩИЕСЯ ОБРАЗОВАНИЯ

К этому типу можно отнести 58% сообщений. Это объекты, наблюдавшиеся менее минуты и двигавшиеся с угловыми скоростями $10^{-3} \div 1$ град./с. Чтобы отсеять случаи проекции на Луну земных предметов и образований, рассмотрим лишь те сообщения, в которых подчеркивалось, что точка начала движения объекта находилась на диске Луны. Удалось собрать информацию почти 30 объектов такого рода. Распределение точек начала движения по лунному диску явно неоднородно. Они, например, избегают юго-восточный сектор диска (кстати, вообще обедненный КЛЯ всех типов). Допустим, мы имеем дело со случайными проекциями земных предметов или метеоров на Луну. Тогда можно вычислить верхний предел вероятности случайного попадания не менее 20 точек в определенную зо-

ну. Вероятность получается всего лишь 1/1321. Этот результат трудно объяснить селекцией наблюдений: западное полушарие Луны наблюдается реже восточного, но событий там замечено больше. Видимость же метеоров практически не зависит от яркости фона — участка лунной поверхности.

Следовательно, вклад земной атмосферы в статистику БДО, по-видимому, невелик, если ограничиваться рассмотрением феноменов, возникших в пределах лунного диска.

Выглядят эти образования по-разному: звездобразные объекты, иногда с небольшими хвостами (43% случаев); темные объекты круглых и угловатых очертаний размерами от 2'' до 6'' (32%); светлые полосы (14%). Движение чаще всего бывает по прямой траектории (79% случаев), хотя не менее чем в 14% случаев траектории были сильно искривлены (извилистые, концентрические по отношению к лунному лимбу, зигзагообразная, С-образная).

Природа этой разновидности КЛЯ пока еще совершенно неясна.

КОСМИЧЕСКИЕ ЧУДЕСА?

Иногда встречаются описания совершенно необычных феноменов. В пользу их реальности свидетельствует сходство данных, представленных очевидцами из разных стран (и даже эпох). Рассмотрим несколько примеров.

24 мая 1955 г. «За южным рогом узкого серпа (Луны.— Авт.) находились две яркие точки, где Солнце касалось вершин области Лейбница. ... Кроме того, там был еще огонь между ними, более слабый, чем два другие, но только он скакал и искрился. Наконец слабый пучок света отделился от него и взмыл вертикально в небо над Луной, разгораясь при подъеме и одновременно потухая у основания, а затем исчез. Полная длина пучка без учета проекции была бы 100 миль, и поднимался он 2 с, возможно, немного более... Я пытался манипулировать с изображением в поле зрения телескопа, чтобы увидеть, может ли подобный эффект возникнуть только благодаря оптическим особенностям инструмента, но безуспешно; так что феномен, пожалуй, представляется реальным». Это свидетельство английского астронома В. А. Фирсова опубликовано в 1960 г. Оно не было известно московскому рабочему В. И. Тимкову, который в октябре-ноябре 1954 г. невооруженным глазом (!) тоже увидел полет светлой полосы:

21—23 часа, г. Орджоникидзе, полнолуние. «И вдруг, сверху, точно от центра, от края диска быстро пошла вверх белая полоска. Она поднялась где-то на 8—10 мм (около 6', согласно рисунку очевидца.— Авт.) и, круто завернув вправо, пошла вниз, огибая лунный диск по правильной дуге, сохраняя от края диска

прежнее расстояние в 8—10 мм. Полоса была видна очень хорошо, четкая, ровная, белая. Словно чья-то уверенная рука вела мелом по черной доске. Обогнув диск с правой стороны, полоса вернула круто на вертикаль и так же стремительно слилась с диском точно по середине с нижним краем. Весь путь она проделала секунд за 6—8... Сама дуга имела ширину примерно 2—3 мм (около 1,5'.— Авт.), после того как она уткнулась в диск, она продержалась примерно 3—4 с в пространстве, потом начала быстро бледнеть, за 2—3 с исчезла полностью по всей длине... Где-то минут 20—30 я ждал, что это «нечто», двигаясь с такой скоростью, появится вновь, но оно не появилось...»

А вот пример корреляции сообщений о звездообразных феноменах: 1943 г. Май. Утро. «Вдруг слышу, как кто-то из бойцов кричит: «Глядите, по середине затемненной Луны звезда светит». Посмотрели мы, и точно: месяц, а рядом с ним — яркая звездочка. Поднялся тут удивленный галдеж, мол, как это сквозь Луну звезда может просвечивать? А она вдруг пришла в движение. Постепенно вышла из лунного диска, обогнула его и стала удаляться... Все описанное мной могут подтвердить мои однополчане, кто остался в живых» (В. Зайцев).

1955 г. Середина августа. Наблюдения в самодельный телескоп. «Над диском, параллельно его

краю, на расстоянии примерно 0,2 лунного радиуса летело светящееся тело, подобное звезде 3-й величины при обычном наблюдении. Пролетев треть окружности (это заняло 4—5 с), тело по крутой траектории опустилось на лунную поверхность». (В. Яременко).

1968 г. 30 июля, 22 ч 10 м. М. Береш (Румыния) заметил светящееся тело, подобное одинокой звезде, расположенное в 10' — 15' к востоку от края молодой Луны. Затем объект прыжками описал четырехугольник, большая часть которого пришлась на лунный диск. При этом «звезда» задерживалась в вершинах четырехугольника на 2-3 с. Повисев очередной раз в 10' от края диска, объект двинулся к Луне и внезапно исчез, по-видимому, скрывшись за ее западным (в селенографической системе координат) краем.

Весьма необычно и сообщение опытного наблюдателя КЛЯ, московского энтузиаста Е. В. Арсюхина, заметившего 15 марта 1992 г. движение на Луне: «В 16 ч 45 мин в течение 2,5 с наблюдался стремительный полет по зигзаговидной траектории черного квадратного тела. Тело явилось словно бы из ничего в точке 1° ю. ш., 1° в. д. в Центральном Заливе и, полетев сначала на Восток, затем на Запад, исчезло в недрах кратера Альфонс. Длина траектории — около 500 км, скорость порядка 200 км/с. Размеры тела около 5 км. Движение было равномерным. В реальности

уверен абсолютно. Качество изображения на момент наблюдения было очень хорошим».

Стоит ли игнорировать подобные сообщения? Не будет ли при этом упущено нечто важное? Вспомним, ведь долгое время отрицалась реальность существования вообще всяких кратковре-

менных явлений на Луне, что отнюдь не способствовало выяснению истины. Разумеется, полученные результаты исследования движущихся феноменов на Луне носят предварительный характер и нуждаются в уточнении. Необходимо собирать, накапливать и изучать новые свидетельства очевидцев.

Только такой подход позволит аргументированно и научно судить о природе потенциальных «космических чудес». Читатели, желающие поделиться своим опытом наблюдений, могут написать автору по адресу: 310022 Украина, г. Харьков, а/я 4684, НИИАЯ.

Информация

Отлито самое большое зеркало в мире!

25 июня 1993 г. Европейская Южная обсерватория (ЕЮО) официально приняла свой заказ у оптической фирмы «Шотт» (Германия), получив отливку уникальной стеклянной заготовки, диаметр которой — 8,2 м, масса — 22 т, а толщина — всего лишь 17,7 см. Заготовка отлита из церодура —

стеклокерамического материала с нулевым коэффициентом линейного расширения. Ее перевезут речным и морским путем из Германии во Францию, где уже построен специальный завод для полировки таких гигантов, готово же зеркало будет через два года. Фирме «Шотт» предстоит изготовить еще три аналогичных «громадины», из которых по проекту ЕЮО и будет состоять «Очень Большой Телескоп» (Very Large Telescope), по своей собирающей свет площади эквивалентный 16-метровому

инструменту. Телескоп будет установлен на высоте 2700 м. Завершить строительство планируется в конце 90-х годов.

Sky and Space, 1993, v. 6, № 2

Готовая 8-метровая заготовка устанавливается в оправу для перевозки к месту полировки. Впереди дорога во Францию, в Сен-Пьер...



Интересная долгопериодическая переменная

Любители астрономии многих стран мира, вооружившись даже весьма скромными средствами, такими, например, как телескопы с диаметром объектива около 10 см или бинокли, уже многие десятилетия успешно наблюдают переменные звезды. Причем помимо удовлетворения собственного интереса они оказывают существенную помощь астрономам-профессионалам, которые просто не в состоянии «отслеживать» многие и многие тысячи переменных, чей список постоянно пополняется. Активны любители и в нашей стране: по всей России этим увлекательным делом заняты сотни энтузиастов-одиночек, а во многих городах работают группы. Особой популярностью среди них обычно пользуются долгопериодические переменные звезды — мириды (от названия Мира о Кита, самой яркой из звезд этого класса,

открытой Фабрициусом еще в 1596 г.)

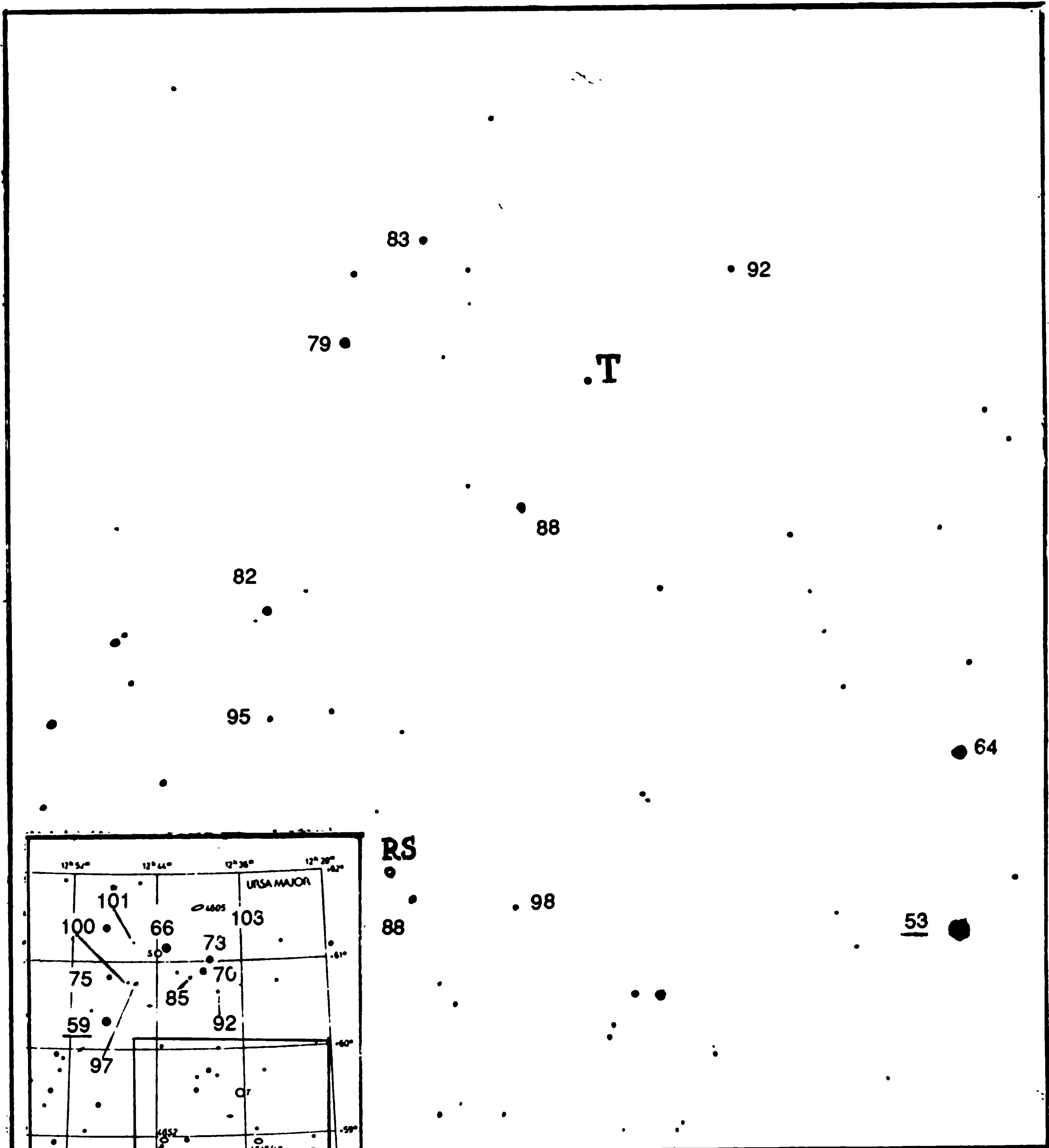
Несколько лет назад «Земля и Вселенная» опубликовала две статьи, посвященные переменным этого класса и их наблюдениям (1988, № 2, с. 17 и № 5, с. 83). Теперь любителям предлагается еще одна из них — Т Большой Медведицы (Т УМа), удобно расположенная на небе весной 1994 г.

Т УМа — типичная мирида, в максимуме блеска иногда достигающая $6,6^m$, однако высота максимума у переменных звезд этого класса от цикла к циклу может значительно меняться (разность достигает 2^m). В минимуме блеск звезды падает примерно до $13,5^m$. Средний период этих колебаний — 256,6 сут. Данные наблюдений последних лет позволяют предсказать, что ближайший максимум блеска Т УМа может произойти около 2 мая 1994 г.

Основная характери-

стика мирид — период — как и блеск в максимуме, чрезвычайно изменчив. У редкой из этих звезд он остается постоянным на протяжении длительного времени, поэтому точно предсказать момент максимума невозможно, и основная задача любителейских наблюдений мириды — определение момента максимума, звездной величины в этот момент и кривой блеска. Получить указанные результаты — несложная задача даже для малоопытного астронома-любителя, главное лишь в том, чтобы наблюдения велись регулярно.

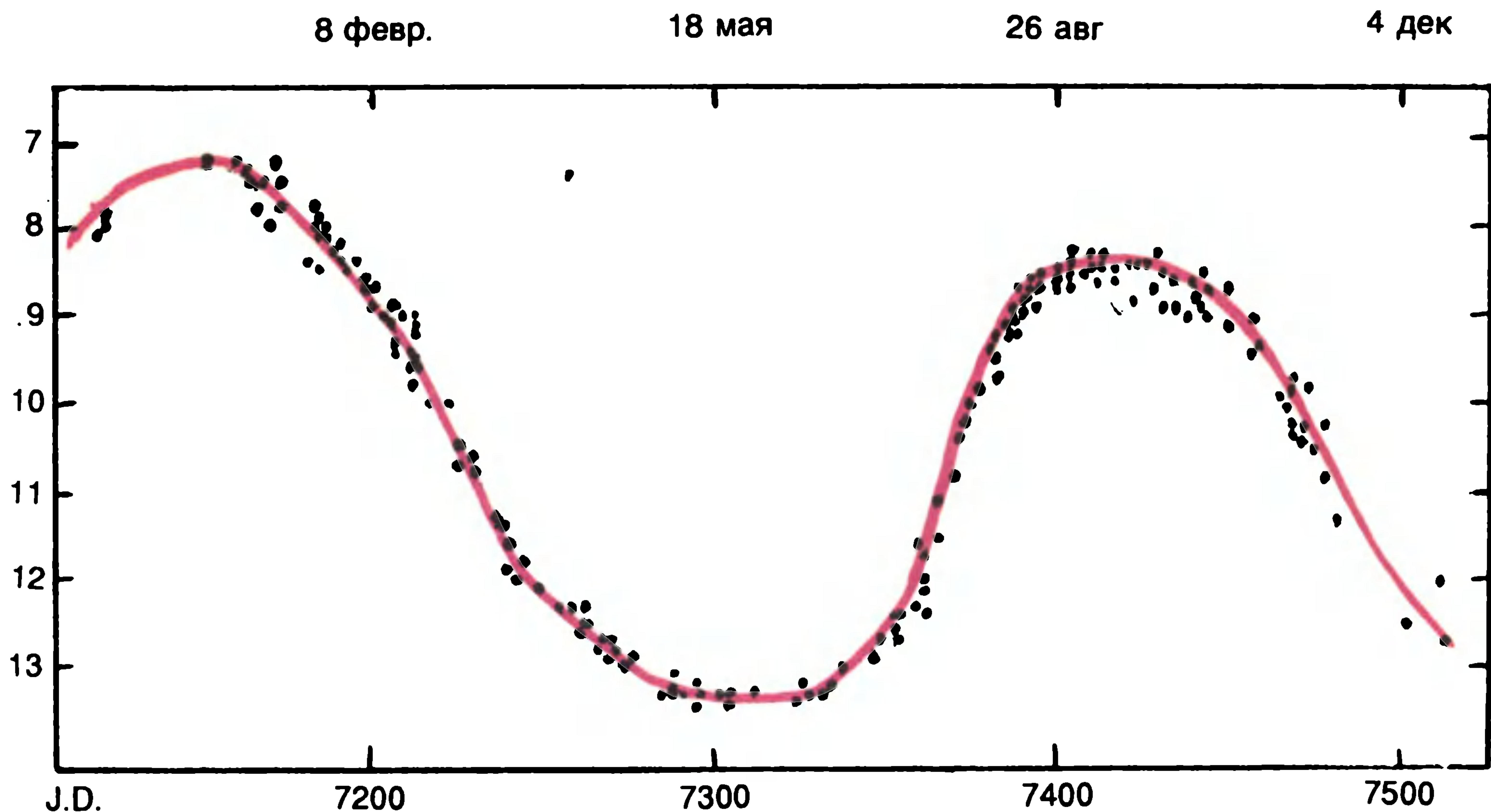
Помимо перечисленных особенностей, известен еще один феномен поведения мирид — кратковременные вспышки блеска с амплитудой от $0,4$ до $1,5^m$. Происходит это обычно вблизи максимума блеска и продолжается в течение нескольких часов или дней. Такие явления регистрировались у переменных звезд R



Фотография окрестности долгопериодической переменной звезды T UMa, полученная автором на обсерватории «Вега» г. Железнодорожного, Московской обл., 15 октября 1994 г. Объектив Таир-3, F=300 мм, экспозиция 14 мин, фотопленка 130 ед. После проявления с негатива была получена высококонтрастная копия-негатив на фотопластинке FU-5

На врезке: часть карты из атласа «Uranometria 2000.0»; указаны величины звезд сравнения. Яркая звезда в левом нижнем углу карты — ε Большой Медведицы

Орла, Т Треугольника, R мечены и у T UMa и наблюдения необходимо Льва. Есть основания ожи- других звезд. Но нужно вести очень тщательно дать, что они будут за- иметь в виду, что такие и желательно не раз-



делять их большими интервалами.

Наблюдения производят глазомерной оценкой блеска звезды одним из известных методов (см. книги «Справочник любителя астрономии» П. Г. Куликовского, «Что и как наблюдать на небе» В. П. Цесевича, заметку «Наблюдения переменных звезд простейшими методами» Н. Н. Самуся в «Астрономическом календаре» ВАГО за 1989 г.). Достаточно делать три-четыре оценки блеска звезды за наблюдательную ночь, в случае же попытки зарегистрировать кратковременные явления — это следует делать каждые 10—15 мин и, если вспышка обнаружена, уменьшить интервал до 3—5 мин.

Кроме звезды T UMa,

весной 1994 г. для наблюдений удобны еще несколько ярких мирид: R Дракона (максимум в конце середины апреля), R Льва и U Геркулеса (максимумы в конце марта). Карты окрестностей последних двух переменных со звездами сравнения можно найти в «Земле и Вселенной» (1988, № 5, с. 83). Кстати, вблизи T UMa расположены еще две мириды: S UMa и RS UMa, ближайшие максимумы блеска которых ожидаются в конце сентября 1994 г. Для их наблюдения можно воспользоваться указанными на приведенной здесь карте звездами сравнения.

Когда у наблюдателей накопятся ряды наблюдений, они могут высылать их для дальнейшей об-

Кривая блеска звезды T UMa, построенная по результатам наблюдений за 1988 г. (Бюллетень AFOEV, Французская ассоциация наблюдателей переменных звезд)

работки и изучения по адресу: 119899, Москва, Университетский пр-т, д. 13, ГАИШ МГУ, отдел «Переменные звезды» с пометкой на конверте «T UMa», или автору статьи. Консультации по наблюдениям переменных можно получить в отделе переменных звезд ГАИШ или в ДНТТМ г. Москвы. Интересные фотоснимки или наблюдения могут быть опубликованы. Присылайте также результаты других своих наблюдений.

В. И. ЩИВЬЕВ
117419, Москва, ул. Донская,
д. 37, ДНТТМ, Обсерватория

Звездный ларец: январь — февраль

Безлунная февральская полночь. На черном бархате небосвода ни облачка, лишь необычно яркие зимние звезды усеивают его от горизонта до горизонта. В кажущемся хаосе привычный глаз легко находит знакомые фигуры: Близнецы, Возничий, Малый Пес, Телец, но в центре внимания, конечно, Орион...

Но не только за прекрасный облик это созвездие пользуется любовью. Едва ли хоть один любитель удержится от того, чтобы хотя бы на минуту не навести телескоп на **Большую Туманность Ориона, M 42**, какая бы напряженная программа наблюдений у него не была намечена на эту ночь.

M 42 — одна из жемчужин любительской астрономии. Наверное нет ни одной книги по астрономии, где бы она не встретилась хотя бы однажды. Слава ее вполне заслуженна: M 42 — ярчайшая диффузная туманность зимнего неба, и даже самый скромный те-

лескоп покажет в ней многочисленные детали. Она хорошо видна невооруженным глазом, особенно боковым зрением, как беловатое сияние, окружающее среднюю звездочку «меча Ориона». В бинокль здесь уже можно рассмотреть большую, около 1° в поперечнике, слегка овальную светящуюся область, окружающую красивую двойную звезду θ Ori. Если ночь очень прозрачная, можно подметить, что свет в туманности распределен неравномерно. Но наведите туда даже небольшой телескоп, к примеру, 8-сантиметровый рефрактор, и вы увидите замечательную картину: каждая из казавшихся одиночными компонент двойной системы θ Ori распалась на части — θ^2 на две, а θ^1 — на целых четыре! Эти последние, тесно сгрудившись в самом центре туманности, образуют крошечную трапецию. А туманность? Уже стали отчетливо видны два светлых «крыла», отходящие в разные сто-

роны от ее яркой центральной области, а сама она уже привлекает внимание своими очертаниями: два ее края кажутся обрезанными по линейке и сходятся точно под прямым углом. Трудно поверить, что это всего лишь игра случая, причудливо закрутившего огромные облака пыли и газа.

С увеличением диаметра телескопа глаз замечает все больше и больше тонких деталей в структуре туманности. Черный «провал» между «крыльями» уже не кажется совершенно темным, на фоне яркого центра теперь различимы десятки темных пятен и полос, и вроде бы простая прежде задача — зарисовать туманность — кажется невыполнимой. Когда диаметр телескопа достигает 20—30 см, центральная область туманности напоминает кусок старой древесины, изъеденной короедом, столь замысловатыми и отчетливыми кажутся темные «ходы» на ее фоне. Крылья разделяются на отдельные



Большая туманность Ориона, М 42. Снимок сделан в 1988 г. на 50-сантиметровой (1 : 2,8) мерцисковой камере обсерватории «Каменское Плато» АФИ (близ Алма-Аты). Выдержка 10 мин., пластинка ZU-21

струи, а туманность той. Впечатление, возникающее при взгляде на М 43, небольшой фрагмент комплекса, отделенный пылевой полосой от М 42, приобретает явно различимую форму загля- лишь отметить, что в такой



инструмент туманность уже не кажется серой, как и большинство небесных объектов, а приобретает отчетливо выраженный зеленоватый цвет.

В этом же созвездии, недалеко от М 42 расположен еще один объект, безусловно знакомый всем интересующимся астрономией. Это «Конская голова».

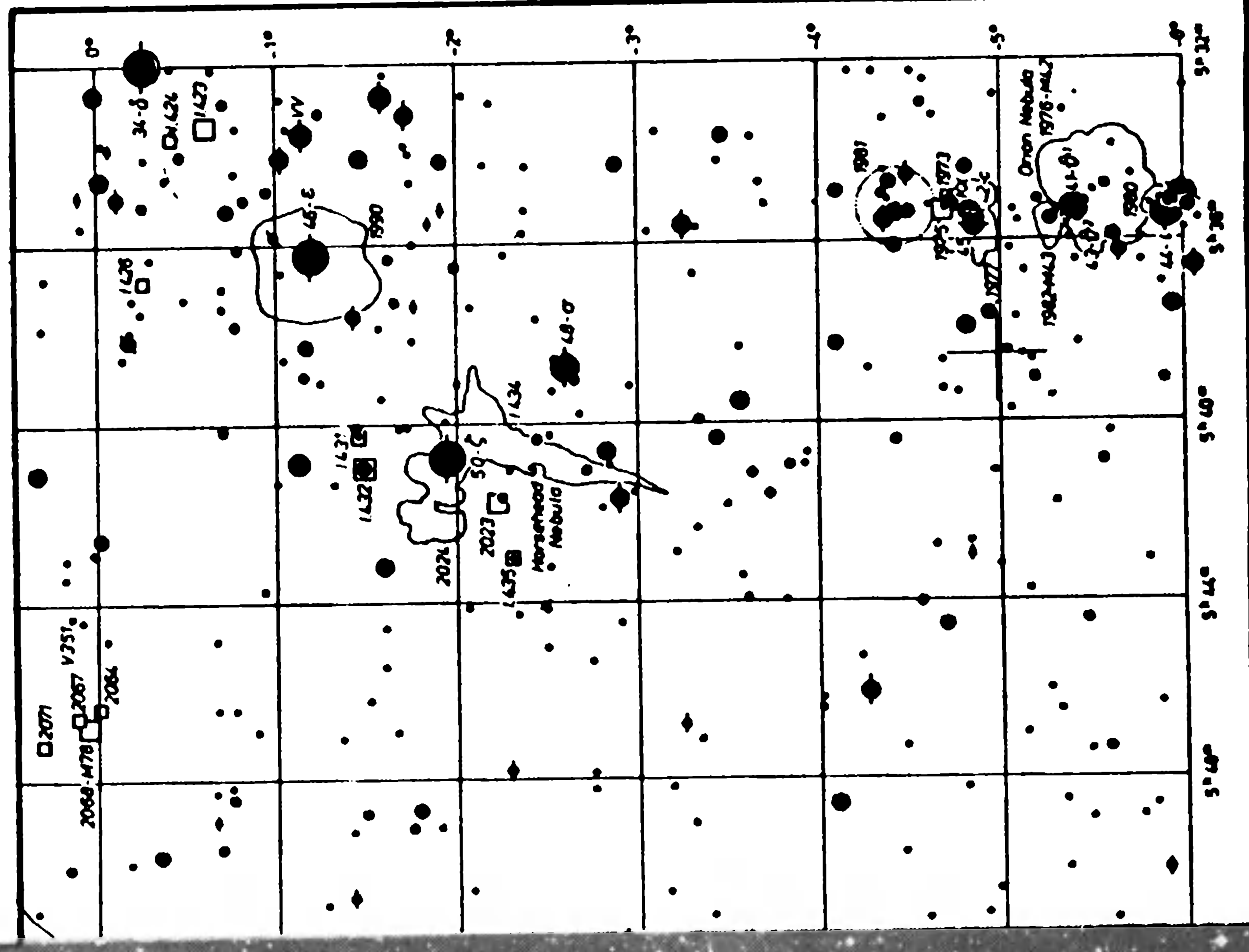
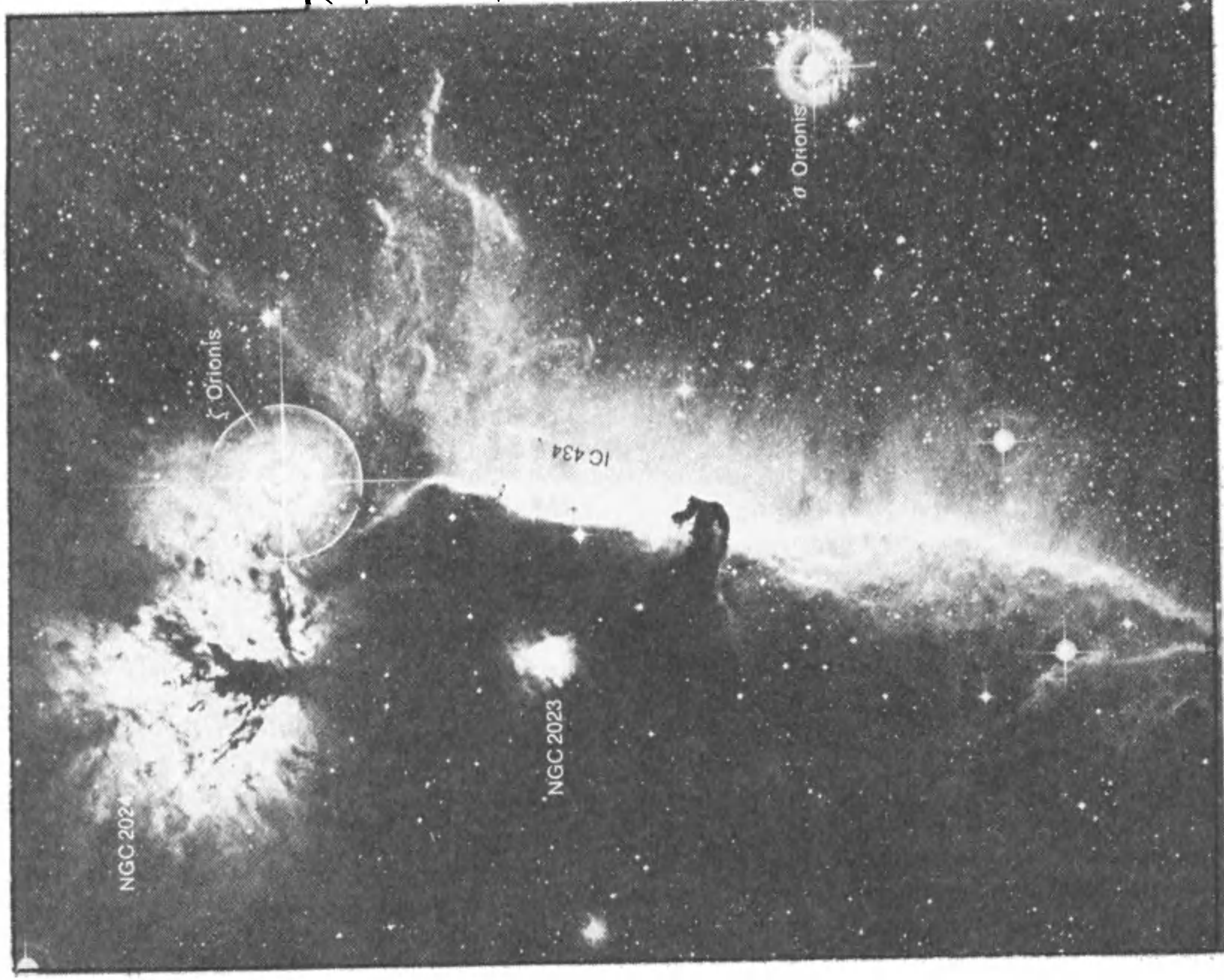
Туманность очень трудна для наблюдений, и очень немногие смогут похвастаться, что видели ее. Две проблемы подстерегают тех, кто решил все же отыскать знаменитое облако межзвездной пыли. Первая — мало кто представляет себе,

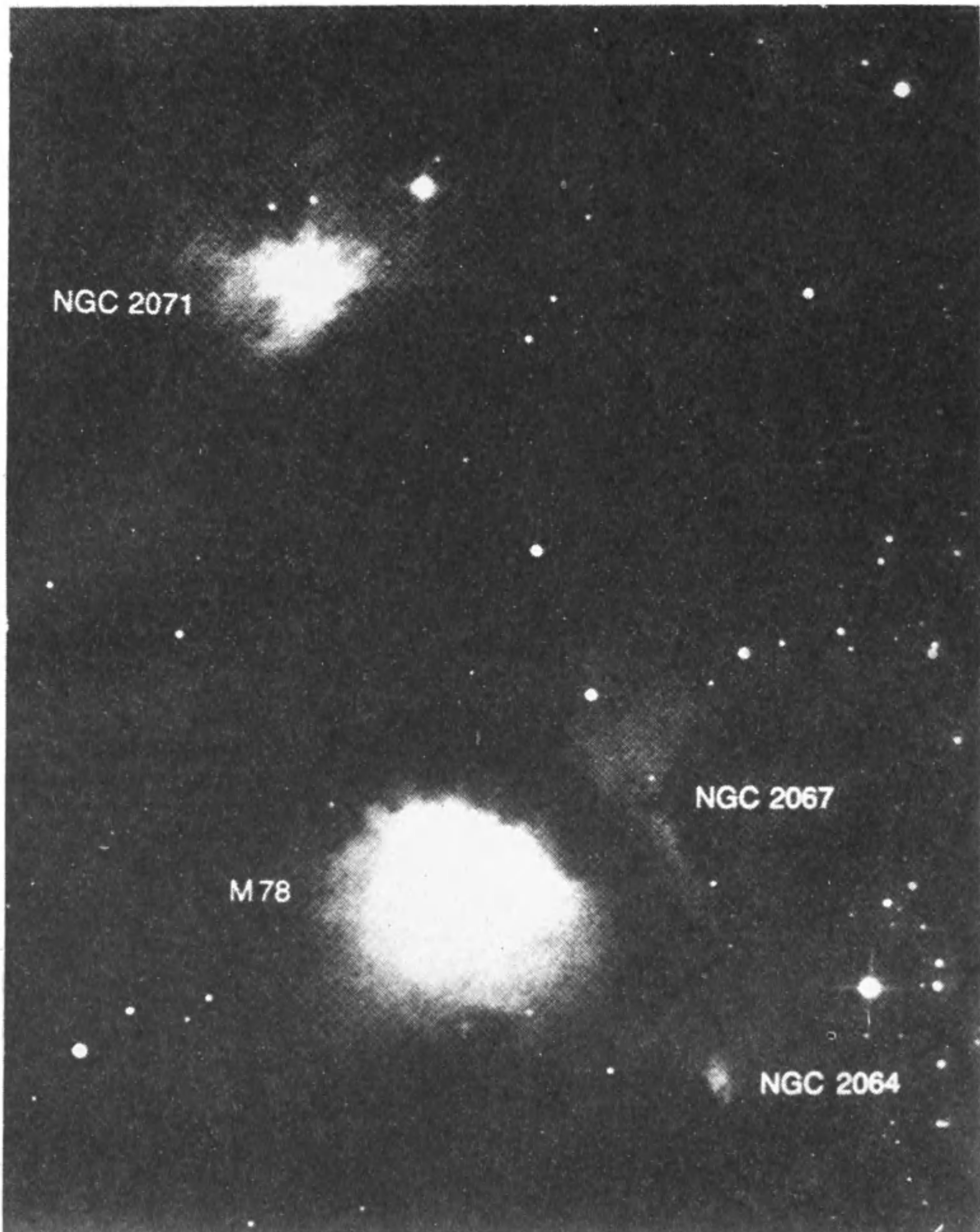
как же она должна выглядеть на самом деле. Того, кто ожидал увидеть большой красивый черныи провал, четко выделяющийся на ярком фоне, ждет разочарование. Прежде всего, туманность довольно мала, всего лишь около 5', а поскольку светлый фон, столь плотный на фотографиях, оказывается вовсе не ярким, а скорее, совсем уж слабым, чуть-чуть ярче остального фона неба, то «голову» почти наверняка наблюдатель не заметит. Лишь дав глазу адаптироваться, можно заметить, по меткому выражению одного американского астронома, «маленький кусочек темноты,

Зарисовка туманности Ориона (М 42 и М 43 вверху), выполненная в середине прошлого века Дж. Бондом. Он пользовался для этого 36-сантиметровым рефрактором Гарвардской обсерватории США. В центре туманности хорошо видна «трапеция» из четырех небольших звездочек

еще более черный, чем окружающий мрак». Форма туманности, если все же ее удалось заметить, угадывается почти сразу. Вторая трудность вытекает из первой: не пытайтесь начинать поиски, если небо хоть чуть-чуть засвечено. В завершение стоит отметить, что

Фрагмент карты из атласа «Uranometria 2000.0» поможет отыскать многие из сокровищ созвездия Ориона. Блеск самых слабых звезд около 9,5^m. Слева — участок неба вблизи звезды ζ Ori, сфотографированный на 1,2-метровой камере Шмидта обсерватории Сайдинг-Спринг в Австралии. Применяя технологию «нерезкого маскирования», Д. Мэлину удалось воспроизвести тонкую структуру большинства туманностей. Хорошо видна «Конская голова» и темная туманность, пересекающая NGC 2024. Снимок из журнала «Sky and Telescope», 1988, 73, 3





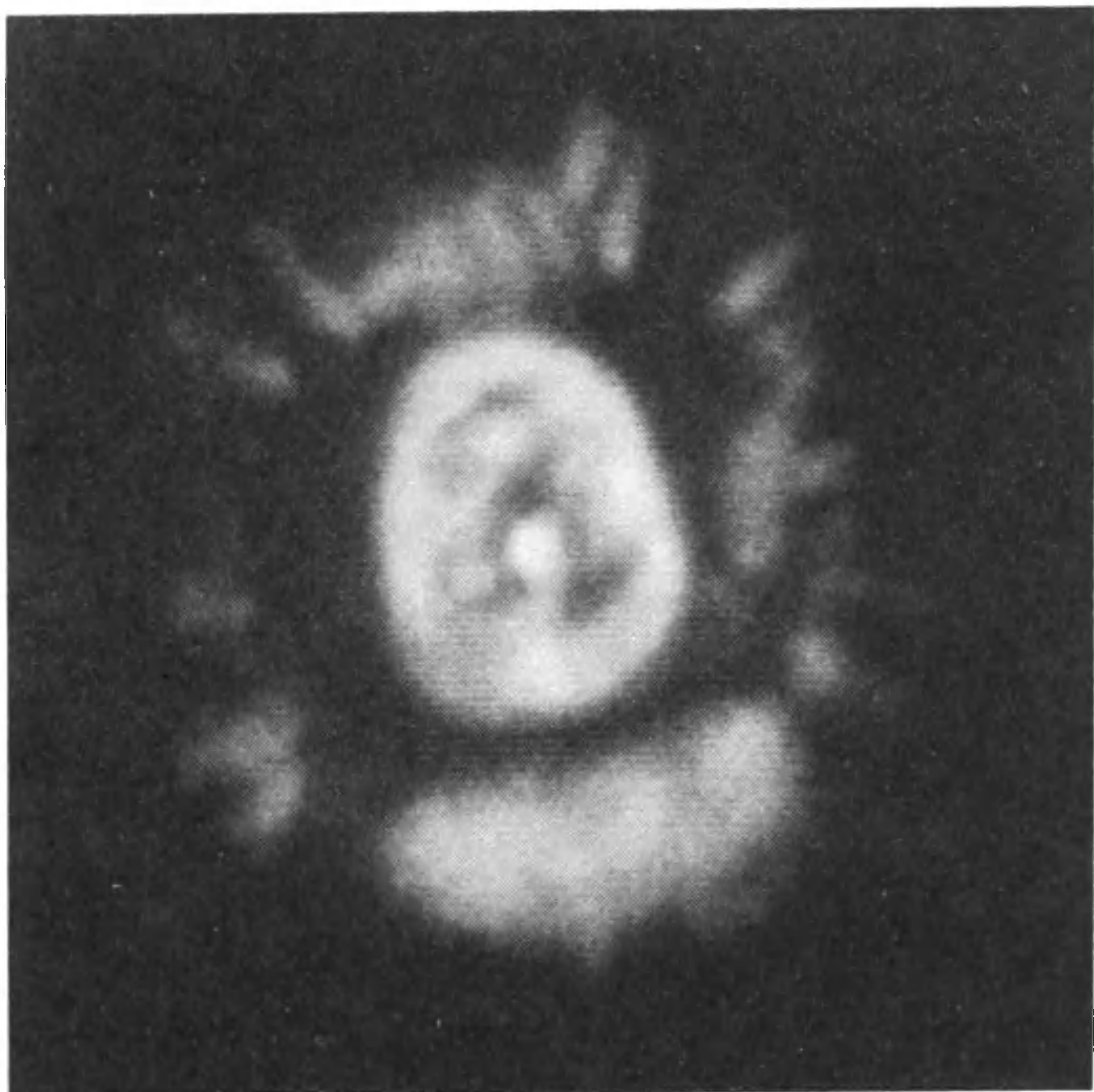
Отражательные туманности NGC 2071 и M 78 доступны даже небольшим любительским телескопам. Снимок М. Джермано, США. 20-сантиметровый рефлектор Ньютона. Выдержка — 1 ч

жен быть меньше 150 мм.

Вблизи ζ Ori находится не только «Конская голова», но и множество других объектов, входящих с нею в один газопылевой комплекс, частью которого является их знаменитая соседка (кстати,

гораздо более яркие, чем она). Крупная, 30'x30', диффузная туманность NGC 2024 хорошо видна в 15-сантиметровый рефлектор. Уже при небольшом увеличении глаз различает четкую темную полосу пыли, делящую туманность надвое. NGC

диаметр телескопа для успешной «охоты» не дол-



2023 в полуградусе южнее нее также вполне доступна такому инструменту. От NGC 2024 ее отличает заметное повышение яркости к центру, где сверкает звезда $7,8^m$. Сложнее заметить IC 434, на фоне которой и видна «Конская голова», но ее резко очерченный восточный край все же вполне различим, особенно если подвигать телескоп в направлении, перпендикулярном ему, т. е. с востока на запад.

В противоположность всем этим неброским объектам, диффузная туманность М 78 в $2,5^\circ$ северо-восточнее ζ Ori — объект по-настоящему яркий. Она имеет блеск около $8,5^m$ и размеры $8' \times 6'$. Удивляет ее внешнее сходство с кометой: яркое ядро, постепенно «сходящая на нет» эллиптическая оболочка. Портит вид лишь «посторонняя» звезда рядом с «ядром». Сходство здесь обманчиво: туманность — облако межзвездной пыли, освещаемое изнутри звездой (той, что ближе к центру). Один край туманности имеет четкую границу: он как бы обрезан. Впервые наблюдая М 78 в Москве со своим «Мицаром» много лет назад, я неожиданно с удивлением обнаружил, что в одном поле зрения с ней видна еще одна туманность, до странности напоминающая свою соседку: такое же округлое пятнышко, разве что размером чуть поменьше, да звезда в центре послабее, около 10^m . Звездный атлас показал, что «открытая» туманность носит обозначение NGC

Фотоснимки планетарных туманностей NGC 2371—72 и NGC 2392 в созвездии Близнецов, сделанные крупными инструментами. Любой наблюдатель отыщет их без труда в небольшой телескоп

2071, а поблизости отмечены еще две — **NGC 2067** и **NGC 2064**. Найти их с «Мицаром» тогда не удалось, и прошло еще много лет, прежде чем мне посчастливилось отыскать их (с большим трудом) в 35-сантиметровый «Ньютон».

Теперь обратимся от туманностей к объектам совсем другого класса — к рассеянному звездным скоплениям. Одно из самых замечательных, **M 35**, расположено в созвездии Близнецов в 3° к северо-западу от звезды η этого созвездия. Оно наверняка хорошо знакомо всем наблюдателям, поскольку отлично видно в любой инструмент. Самые яркие звезды скопления образуют треугольный силуэт, напоминающий наконечник стрелы, сверкающий на фоне десятков более слабых звездочек. И все же опытные наблюдатели любят его не только за яркость и эффектность. В $0,5^\circ$ от центра **M 35**, там, где его звезды уже редуют, видно туманное круглое пятнышко, почти неразделяемое небольшим телескопом на звезды. Это **NGC 2158**, маленькое рассеянное скопление. Контраст между яркими и широко рассыпанными звездами **M 35** и этим неясным, едва заметным сгустком света, очень впечатляет. К сожалению, наблюдают **NGC 2158** довольно редко. Относительно блеска этого скопления есть разногласия. В каталогах обычно дается значение $12-12,5^m$, однако **NGC 2158**, на мой взгляд, значительно ярче,

и оценка $8,6^m$, приведенная в новом «Sky Catalogue 2000.0», больше похожа на правду. Иногда его удастся рассмотреть в темную ночь в «Мицар» при увеличении $54\times$. Скопление имеет хорошо заметную треугольную форму, хотя на фотографиях представляется круглым. Переведя телескоп на 1° западнее, попытайтесь найти еще одно, более слабое, скопление **IC 2157**, содержащее около 20 звезд, рассыпанных на площади диаметром $7'$. Скопление плохо сконденсировано и поэтому едва-едва выделяется на богатом звездном фоне. Его интегральный блеск — около $8,4^m$. В $1,5^\circ$ юго-западнее от него расположено другое скопление — **NGC 2159**. Оно также очень разрежено, бедно звездами (каталоги указывают, что оно насчитывает около 30 звезд и имеет размер $6'$) и почти невидимо на ярком фоне. Небольшой телескоп обычно показывает в нем не более десятка звезд.

В звездных глубинах Близнецов скрываются две планетарные туманности, доступные даже небольшим любительским инструментам. Первая из них, **NGC 2371—72**, находится поблизости от Кастора и Поллукса, главных звезд созвездия. Туманность имеет размер $54'' \times 35''$, высокую поверхностную яркость и хорошо видна в небольшие инструменты. В 20-сантиметровый телескоп можно увидеть два соприкасающихся светлых пят-

нышка, южное из которых выглядит несколько ярче.

Вторая туманность — **NGC 2392** — одна из самых доступных на небе, и ее легко отличить от звезд даже в малый школьный рефрактор, а «Мицар» уже позволяет уверенно рассмотреть маленький яркий овал размером $13'' \times 43''$ с заметной центральной звездой $10,5^m$. Как и у **NGC 2371—72**, у этой туманности вокруг яркой внутренней части имеется более широкая и слабая внешняя оболочка. В условиях очень высокой прозрачности атмосферы ее можно было заметить в рефрактор **ABP-1** ($D = 200$ мм, $1:15$) московской обсерватории **ГАИШ** с увеличением $216\times$. При этом, на фоне яркой центральной части были отчетливо видны темные структуры. Туманность красива и носит название «Эскимос» за действительно заметное сходство с физиономией эскимоса, одетого в парку.

Поблизости от **NGC 2392** расположено довольно симпатичное рассеянное скопление **NGC 2420**. Оно имеет блеск $10,2^m$, размер $7'$ и насчитывает около 20 звезд. Отыскать его нетрудно.

Есть в Близнецах и «своя» галактика **NGC 2339** (ее блеск — $11,5^m$, видимые размеры $1,9' \times 1,5'$ и отыскать ее можно даже в 10-сантиметровый телескоп), однако этот случай, хотя и интересен (галактика находится на краю Млечного Пути), но все же не уникален, чего не скажешь о другом. В 7° севернее

Кастора находится объектом, совершенно нетипичный для этой области неба. Шаровые звездные скопления, как известно, концентрируются к центру нашей Галактики, и то, что одно из них, **NGC 2419**, можно увидеть в направлении почти строго противоположном ему (галактическая долгота скопления почти 180°), факт довольно примечательный. Скопление находится в созвездии Рыси и заслуживает особого внимания еще по одной причине: из-за своей удаленности от нас. До него 300 тыс. св. лет, т. е. оно расположено от Солнца вдвое дальше, чем Большое Магелланово Облако! Вот

уж, поистине, межгалактический скиталец! Однако, даже находясь так далеко, скопление светит как звезда $10,3^m$. Его видимый диаметр — $1,7'$ (класс — II). Открыл его В. Гершель в декабре 1788 г.

А. Ю. ОСТАПЕНКО
129224 Москва, ул. Широкая, д. 25/24, кв. 356

Информация

Снова Тунгусский метеорит?

В марте 1993 г. в Эннеси (Великобритания) состоялся международный семинар «Изучение бурильных колонок льда и глобальные биохимические циклы», организованный Исследовательским управлением НАТО. Выступая на семинаре, научный сотрудник Лаборатории гляциологии и геофизики природной среды (Гренобль, Франция) М. Лэгран сообщил о результатах анализа колонок, взятых на ледниках Гренландии.

Установлено, что в слоях гренландского льда, относящихся к 1908 г., резко возрастает по сравнению с фоном содержание аммиака; оно достигает максимума за весь текущий век. Датировка этого максимума совпадает с загадочным событием 1908 г. на берегах реки Верхняя Тунгуска в Восточной Сибири, приведшим к вывалу леса и пожарам на огромной таежной территории, но не давшим в руки ученых каких-либо надежных материальных свидетельств своего происхождения. Возможность простого совпадения

внезапного «всплеска» содержания аммиака в леднике с этим событием теоретически допустима, но она мало вероятна. Тем более, что другой участник семинара — А. Кашье из Центра исследования слабой радиоактивности (Жив-сюр-Иветт, Франция) обнаружил наличие в тех же слоях твердых аэрозольных частиц, связанных с массовым сгоранием содержащих углерод веществ. Другого, кроме Тунгусского, события, способного произвести такой эффект, в 1908 г. на Земле не наблюдалось. Хотя существует опасность упрощенного подхода к интерпретации роли активных составляющих льда, взятого при бурении.

По-видимому, то явление, которое большинство ученых считает падением крупного метеорита в районе Нижней Тунгуски, привело и к иным значительным последствиям для природной среды нашей планеты. Согласно некоторым подсчетам, в нашем столетии масса органических веществ, подвергавшаяся сгоранию, была на

50% больше, чем в предыдущем, а выброс в атмосферу аммиака резко возрос втрое. Однако в последние десятилетия, судя по химическому составу гренландских льдов, такое повышение продолжалось сравнительно плавно.

Специалисты по химии атмосферы объясняют это «маскирующим эффектом» сернистых аэрозолей, поступающих в воздушное пространство в результате человеческой деятельности. Аэрозоли могли поглотить аммиак, находившийся «в пути» к Гренландии.

Новейшие данные бурения ледникового щита этого острова, действительно, указывают на заметное в последнее столетие возрастание концентрации хлоридов, имеющих неморское происхождение. Оно может быть также связано с недавним увеличением кислотности атмосферы в результате активных реакций между серной кислотой и хлористым натрием.

Nature, 1993, 343, 6428

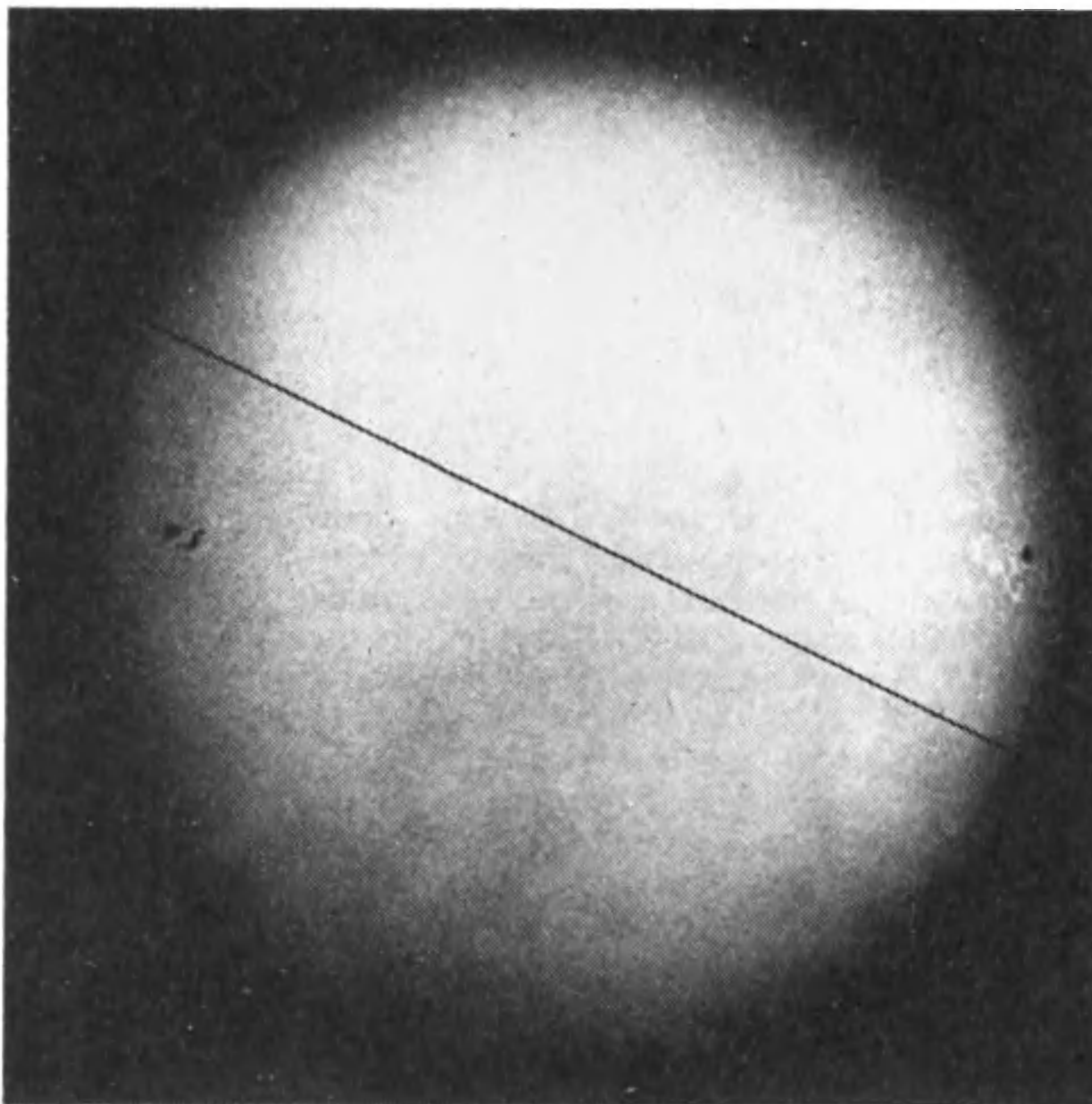
Солнце в августе—сентябре 1993 г.

Большую часть августа на диске находилось 2-3 группы пятен, индекс W при этом не превышал 40. Наиболее активными можно считать первые половины второй и третьей декад, когда число групп достигало 4-5, а число W поднималось до 65-80. Однако возрастания активности были связаны преимущественно с появлением новых небольших короткоживущих пятен и выглядели поэтому как случайные флуктуации (основные группы не испытывали резких изменений).

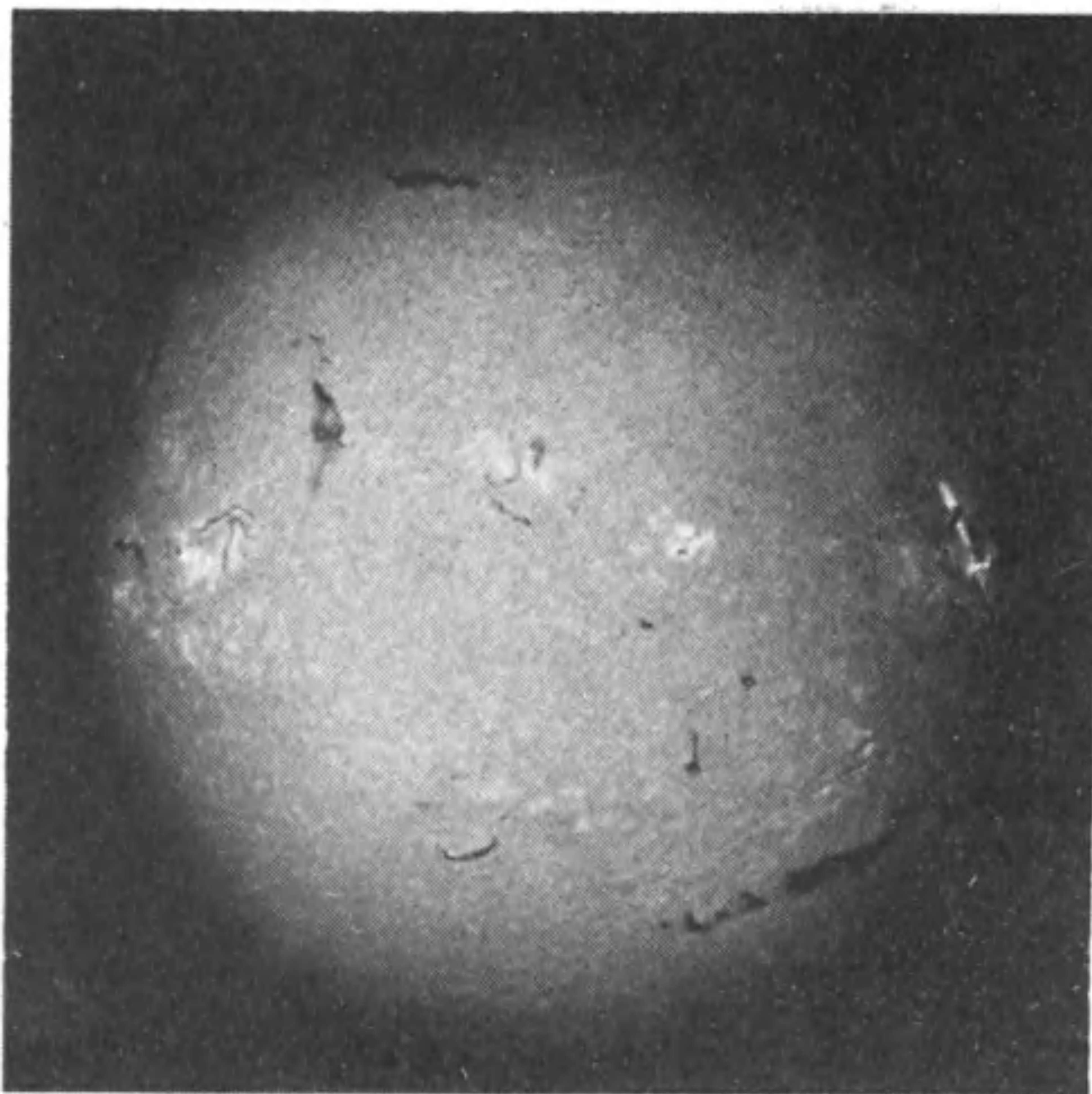
В сентябре Солнце было относительно спокойным. В начале месяца на диске еще наблюдались заходящие за западный край 2-3 пятна, затем, почти до конца месяца, пятен либо не было вообще, либо 1-2 группы появлялись на короткое время. Так что до второй половины третьей декады среднее значение числа Вольфа было около 10. Пятнообразовательная деятельность замерла на всей солнечной поверхности. Но в конце месяца из-за восточного лимба вышла крупная группа пятен. Довольно крупное пятно возникло и на видимом диске. Индекс W резко возрос, достигнув 50-60.

Похоже, в сентябре завершился процесс глобального спада активности, признаки которого проявились еще в марте 1993 г. Это не означает, что в ближайшие месяцы Солнце будет спокойным, ведь цикл еще на закончился.

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



Типичный вид фотосферы Солнца в августе 1993 г. (сравнительно небольшие группы пятен, разбросанные по диску)



Хромосфера в августе 1993 г. Активные структуры маловыразительны. Вблизи западного края видны небольшая вспышка и флоккула. Снимки получены С. А. Язевым (Институт солнечно-земной физики 13.08.1993 г. в БАО)

СОЛНЦЕ СОЗДАЕТ ОЗОННУЮ ДЫРУ?

В Исследовательском центре им. Лэнгли (Гринбелт, США) группа научных сотрудников, руководимая Л. Каллисом, изучает данные, переданные с борта американского ИСЗ SAMPEX (Solar Anomalous and Magnetic Explorer), запущенного в июле 1992 г.

Ученые обнаружили, что электроны, выбрасываемые во время солнечных вспышек и достигающие Земли, не только вызывают полярные сияния, но и способствуют образованию озонных дыр. Потоки частиц приближаются к Земле главным образом в полярных районах, в так называемых авроральных зонах, опоясывающих географические полюса. Границы основных озонных дыр приблизительно совпадают с ними.

По мнению исследователей, электроны, извергнутые Солнцем, могут служить «спусковым крючком» химических реакций в верхних слоях атмосферы, существенно влияющих на содержание озона в воздушном пространстве планеты. Подобные потоки электронов возникают взрывообразно, чаще всего — в периоды минимума солнечной активности. Соударясь с атмосферой, эти частицы образуют окислы азота, обладающие способностью активно разрушать молекулы озона в стратосфере.

Если всё это так, то эпизоды массового истощения озоносферы должны коррелировать с 11-летними циклами солнечной активности. До сих пор основную «вину» за разрушение озонного слоя большинство специалистов возлагало на человеческую деятельность.

Однако картина несколько осложняется тем, что азотсодержащие вещества одновременно способны и уменьшать разрушающее воздействие хлора, содержащегося в аэрозолях и продуктах холодильной промышленности.

Не все специалисты принимают гипотезу, предложенную Л. Каллисом и его сотрудниками. Так, ее полностью отвергает один из первооткрывателей южно-полярной озонной дыры Д. Фарман из Британского управления антарктических исследований. Он считает вторжение электронов солнечного происхождения весьма локализованным явлением, ограниченным лишь самыми верхними слоями атмосферы на высотах около 80 км, так что на содержание в ней озона они, по его мнению, влиять практически не в состоянии.

New Scientist, 1993, 138, 1877

ДРЕЙФ «ОЗОННОЙ ДЫРЫ»

Обработку многолетних данных наблюдений солнечной радиации на метеостанции Ушуая в Аргентине выполнили научные сотрудники Чикагского университета (штат Иллинойс, США), возглавляемые Джоном Фредериком. Ушуая — самый южный постоянный населенный пункт на земном шаре, и сравнительно недалеко от него должно особенно ярко проявляться влияние «озонных дыр», ежегодно возникающих над Антарктидой.

Установлено, что в конце весны южного полушария — в декабре 1990 и в декабре 1992 гг. поток ультрафиолетовой радиации, регистрируемый на метеостанции Ушуая, резко возрастал. Это совпало с моментом, когда антарктическая «озонная дыра» разрушалась и сезонные перемещения ат-

мосферы приносили на крайний юг американского континента воздушные массы, бедные озоном. В отдельные сутки прохождения остатков «озонной дыры» над городом интенсивность ультрафиолетового излучения почти на 50% превышала среднюю норму. Это первый зафиксированный случай заметного роста потока ультрафиолетовых лучей над населенной местностью.

Межсуточные колебания уровня ультрафиолетовой радиации в Ушуая очень значительны и подтверждают предположения, согласно которым «пакеты» бедного озоном воздуха спорадически перемещаются над этим районом.

New Scientist, 1993, 138, 1878

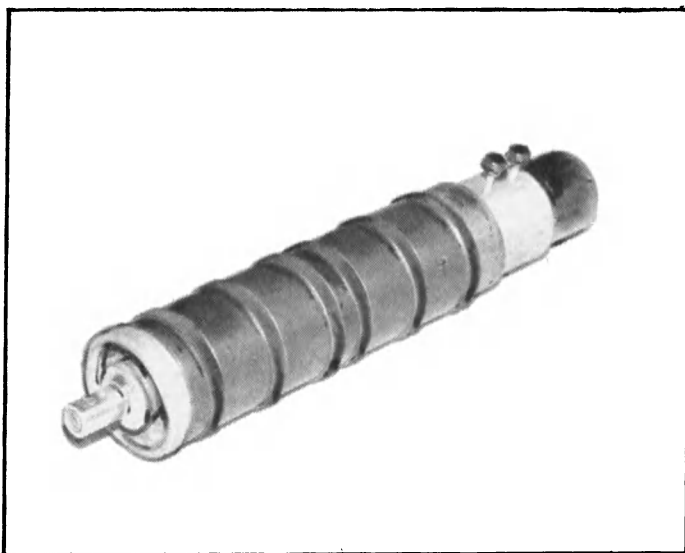
Окуляр-микроскоп для визуальных наблюдений

При наблюдениях Луны и планет каждый астроном-любитель пытается «выжать» из инструмента максимум его возможностей, применяя порой увеличения, намного больше разрешающего. Последнее достигается при фокусном расстоянии окуляра, численно равном $0,7/A$, где A — относительное отверстие телескопа. Если вы распола-

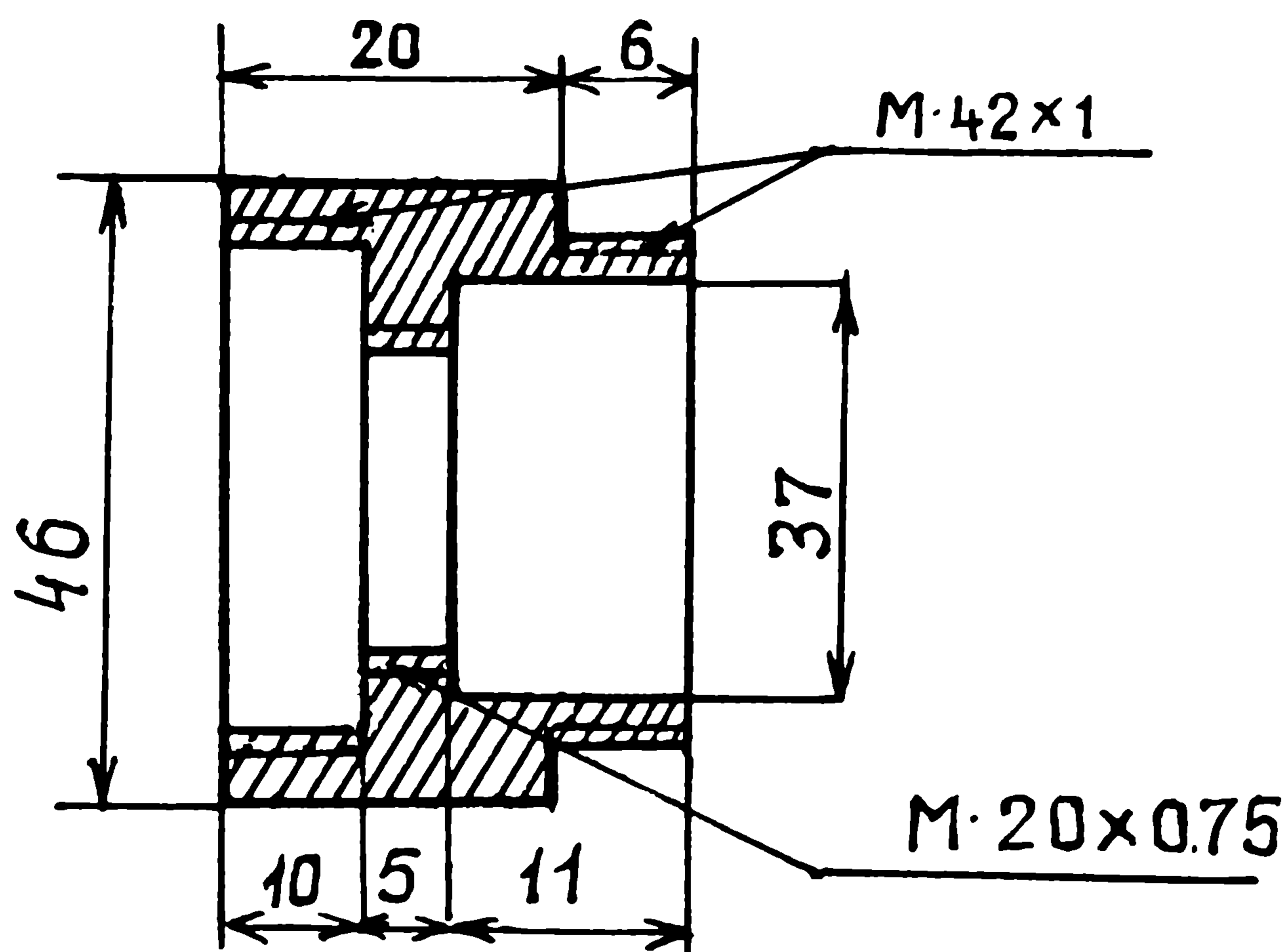
гаете телескопом системы Кассегрена с относительным отверстием $1:20$, то фокусное расстояние окуляра, дающего необходимое увеличение, будет равно 14 мм. Но если у вас «Ньютон» с $A = 1:5$, то понадобится окуляр с $f = 3,5$ мм. К сожалению, найти окуляр с фокусным расстоянием менее 5 мм практически невозможно. Да и при наблюдениях в такой окуляр при-

ходится располагаться слишком близко к линзе, отчего последняя запотеет. Избежать это можно, применив окуляр-микроскоп.

Как правило, на окулярном конце телескопа есть резьба M42×1 для крепления фотоаппарата типа «Зенит». Если у вас есть какой-нибудь объектив от микроскопа (найти его сейчас нетрудно), то, изготовив несложный переходник и воспользовавшись удлинительными кольцами, получаем простой и эффективный микроскоп. Изменение количества колец приведет к изменению длины микроскопа и его увеличения. Таким образом, имея всего одну пару «объектив — окуляр», можно в широких пределах варьировать увеличение телескопа от среднего до максимального. Кроме того, если вместо окуляра на этом устройстве разместить фотоаппарат, то получится высококачественная окулярная камера для съемок Луны и планет с большим увеличением, кратность которого также изменяется в зависимо-



Общий вид самодельного окуляра-микроскопа



Чертеж переходного кольца для крепления объектива микроскопа к корпусу окуляра

фокальной плоскостью объектива и передней фокальной плоскостью окуляра, а f_1 и f_2 — фокусные расстояния объектива и окуляра. Все величины в формуле выражены в миллиметрах. Эквивалентное фокусное расстояние микроскопа будет равно $F_{\text{экв}} = 250/\Gamma$ (в миллиметрах).

сти от количества удлинительных колец.

Увеличение микроскопа можно вычислить по формуле где d — длина микроскопа, т. е. расстояние между задней

$$\Gamma = (250 \cdot d) / (f_1 \cdot f_2),$$

В. Н. ТУМАНОВ
403760, Волгоградская обл.,
г. Жирновск, ул. Ленина, д. 7,
кв. 2

Информация

НОВОЕ ИСПЫТАНИЕ ДЛЯ ОТО

Известно, что общая теория относительности (ОТО) требует, чтобы световые лучи искривлялись в поле тяготения. Первое экспериментальное подтверждение этого, как известно, было получено в 1919 г. Артуром Эддингтоном при наблюдении полного солнечного затмения. С тех пор теория подтверждалась неоднократно, а несколько лет назад ученые даже обнаружили такие квазары, которые, подобно гигантским «линзам», искривляют и фокусируют излучение ещё более далеких галактик. Удалось также зарегистрировать и искажение пути следования радиоволн, проходящих в окрестностях Юпитера.

Несмотря на все это, ученые не отказываются проверять ОТО снова и снова. Интересный эксперимент предлагает ныне Эндрю Гоулд, научный сотрудник Принстонского института высших исследований в штате Нью-Джерси, где Эйнштейн был профессором в последние годы жизни. Гоулд подчеркивает, что до сих пор во всех случаях для наблюдения искривления света «привлекали» весьма массивные тела: от Юпитера, чья масса состав-

ляет около одной тысячной Солнца, и до гигантских галактик (10^{13} солнц).

Масса Земли в 333 000 раз меньше массы Солнца и в 318 раз — меньше массы Юпитера. До недавнего времени просто не было способа измерить отклонение лучей света от такого небесного тела. Теперь же на околоземной орбите находится запущенный Европейским космическим агентством искусственный спутник «Гиппарх» (Земля и Вселенная, 1990, № 1, с. 69. — *Ред.*). Его приборы, по всей видимости, уже в состоянии провести соответствующий эксперимент. В задачу «Гиппарха» входит с большой точностью определить местонахождение множества звезд. Тяготение нашей планеты должно несколько исказить подлинную картину звездного неба, и можно попытаться обнаружить общую «сдвинутость» наблюдаемых светил.

Physical Review Letters, 1993, 4, 337
Astrophysical Journal Letters, 1.09.1993
New Scientist, 1993, 139, 1885

Световые эффекты и «НЛО»

А. В. ЛАВРУХИН

Интерес к аномальным явлениям всегда был высок, а в последние годы еще более усилился. Появилось множество неформальных организаций, которые занимаются исследованием феномена и пытаются интерпретировать свои и чужие наблюдения. Но всегда ли

необычное можно назвать неопознанным? Эта статья, возможно, поможет нашим читателям правильно отождествить то, что они видели или увидят на небе, не прибегая к объяснениям фантастического типа. Сообщения об аномальных явлениях довольно

часто приходят в различные инстанции, которые, как считают авторы писем, могут помочь объяснить природу этих феноменов. Их получают телевидение и радио, редакции газет и журналов, научные и общественные организации.

КЛАССИФИКАЦИЯ

Автор произвел обработку 340 сообщений, поступивших в 1989—92 гг. в АН СССР, в ВАГО, на ЦТ и журнал «Наука и жизнь». В результате анализа в 228 случаях выявлены характерные признаки часто наблюдавшихся аномальных световых эффектов, определены основные районы наблюдений. Выяснилось, что чаще всего они отмечаются в Архангельской, Вологодской, Ивановской, Костромской, Ярославской областях, в Карелии и Тюмени.

По внешнему виду наблюдавшиеся световые эффекты можно разделить на шесть основных форм:

«Дельфин» — в виде лучистой, полупрозрачной газовой оболочки, в передней части которой находится ярко светящийся источник света. За «хвостом дельфина» тянется прямой или изогнутый светлый след.

«Медуза» — яркий шарообразный объект с множеством лучей или струй.

«Крест» — яркий центральный объект, имеющий

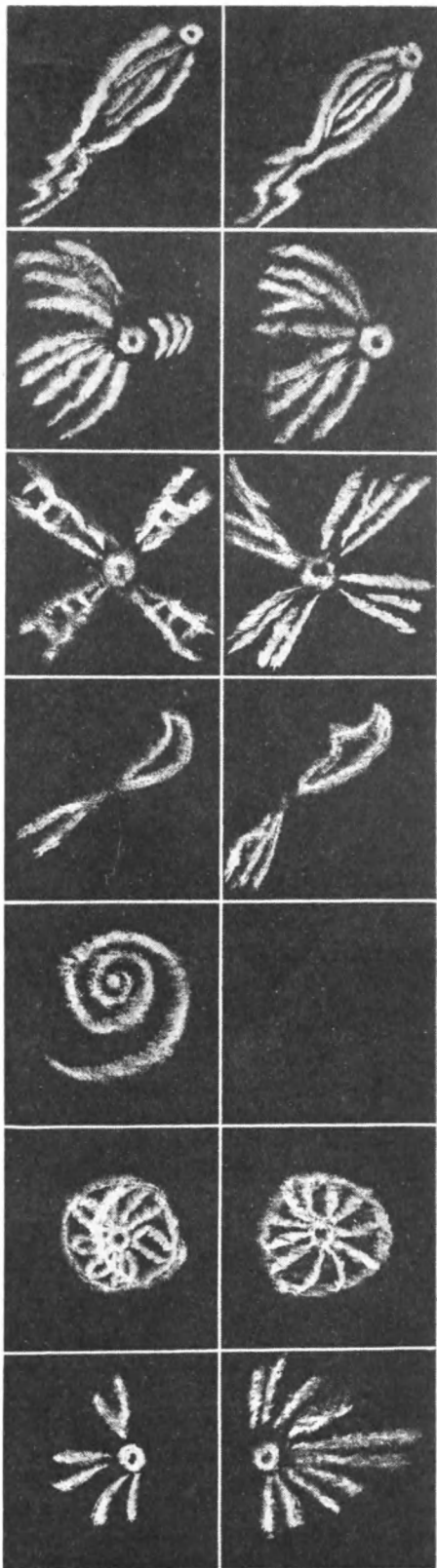
четыре и более диаметрально противоположных расширяющихся луча.

«Юбка», «зонт», «купол» — «тело», от которого истекают светлые изогнутые и переплетающиеся струи.

«Серп» — объект, напоминающий серп Луны. В некоторых случаях сопровождается следом, похожим на инверсионный след от самолета.

«Спираль» — огненный шар, движущийся по спирали, оставляя спиралевидный след.

Существуют и другие

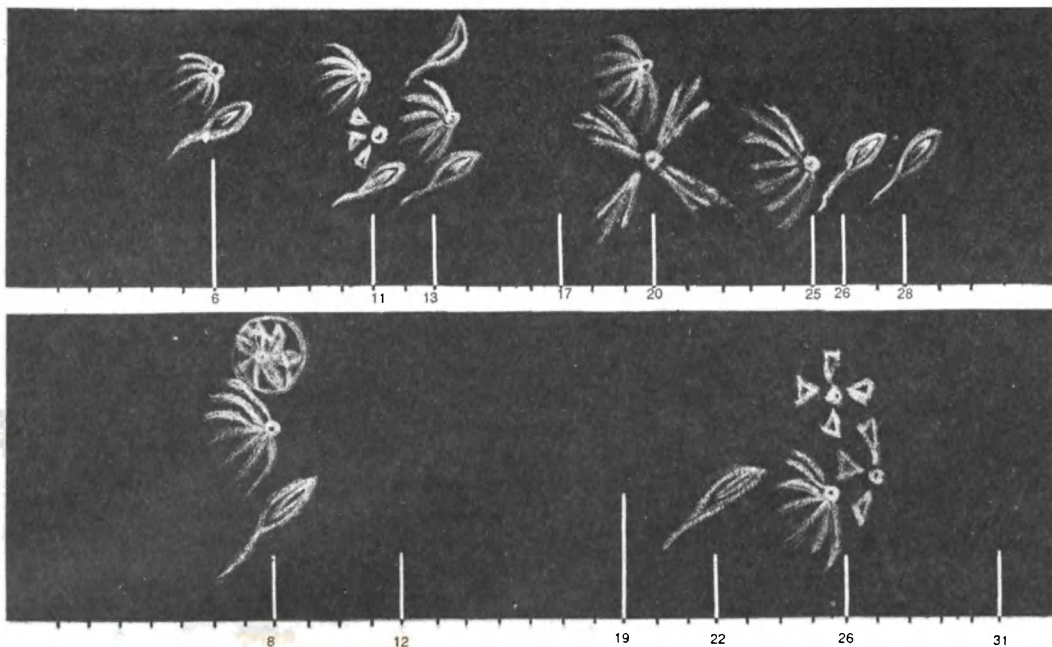


Краткая классификация световых явлений, возникающих в ночном небе при запусках ракет (по внешнему виду)

формы аномальных образований — «шары», «световые столбы», «круги», «чечевицы» и др., но основная часть наблюдателей упоминает перечисленные выше шесть основных видов. Часто видимые формы видоизменяются и переходят из одной в другую или же трансформируются в совершенно новую. Так, например, на конечной стадии развития формы «дельфин» возникают образования типа «зарево» самых разных цветовых оттенков.

Независимо от внешнего вида характерным признаком всех форм образования является наличие яркого источника света в центре или в передней (по направлению движения) части развивающегося эффекта. Его цвет, как правило, огненно-желтый или оранжевый.

В образованиях всех форм почти всегда видна область, отличающаяся струйчатой структурой. Цвет струй может быть каким угодно: дымчато-серым, голубым, зеленым, желтым, а иногда все цвета наблюдаются одновременно. Струи обычно бывают заметны на фоне газовой полупрозрачной «оболочки» различных цветов (чаще всего голубого, розового, светло-зеленого, светло-желтого).



ПОПРОБУЕМ РАЗОБРАТЬСЯ

Чем же может быть вызвано появление каждой из форм необычных образований?

Развитие форм «юбка», «купол», «зонт», «парашют» очевидцы, как правило, описывают одинаково. Наблюдается объект золотисто-желтого цвета размером с «крупный апельсин» или чуть больше. Светлые переплетающиеся струи исходят от яркого «тела» в центре «зонта». «Тело» медленно перемещается, а в это время лучи, образующие «спицы зонта», остаются неподвижными. Затем «тело» исчезает, а в «зонте» возникает отверстие с нечеткими контурами, размером, как правило, больше исчезнувшего тела. Через отверстие хорошо видны звезды. По-

степенно все рассеивается.

Вся эта картина может быть объяснена довольно просто: «тело» золотисто-желтого цвета — факел двигателей второй ступени ракеты-носителя (РН). Светлые струи появляются вследствие рассеивания солнечного света на газопылевом облаке, образующемся за соплом РН. Они возникают в момент отключения двигателей предыдущей ступени РН и включения двигателей следующей. Разлет продуктов сгорания и остатков топлива происходит неравномерно, и эти неравномерности воспринимаются наблюдателями в виде вытянутых струй. До включения двигателей очередной ступени РН движется по инерции, и факел не наблюдается. Затем ракета-носитель уходит, и остается только

Гистограммы запусков ракет с космодрома Плесецк и наблюдений аномальных световых явлений в апреле 1990 г. (вверху) и в марте 1991 г. Цифры, отложенные по горизонтали — числа месяца, вертикальные белые штрихи — моменты стартов. В случае, если старт сопровождался наблюдением необычных явлений, видимые их формы отмечены над соответствующим штрихом

«зонт», подсвеченный Солнцем.

Появление «медузы» совпадает с моментом отделения второй ступени РН: вторая ступень отключается, и срабатывает включение двигателя третьей. Так как отработавшая ступень отделяется на большой высоте, где отсутствует тормозящее действие атмосферы, разлет продуктов сгорания и остатков топлива при-

водит к образованию обширного газопылевого облака, движущегося вместе со ступенью.

При определенных условиях взаимного расположения «медузы» и наблюдателя факел ракеты приобретает форму «серпа» с длинным излучающим свет следом. По мере увеличения высоты полета, серповидное образование снова трансформируется в какую-либо из описанных форм.

Иногда во время полета ракеты для резкого уменьшения (отсечки) тяги ракетного двигателя производят резкий сброс давления в камере сгорания. При этом в ней открываются дополнительные отверстия, как правило, расположенные на боковой поверхности камеры. В этот момент и образуется обширное газопылевое облако. Если же стабилизация ракеты осуществляется вращением вокруг продольной оси, а открывающиеся отверстия расположены на боковой поверхности, струи истекающего вещества образуют спиральную структуру.

Все упомянутые выше образования совершают плавное движение, без резкого изменения направления. Изменение геометрических параметров «объектов» происходит довольно медленно и без длительного зависания в пространстве. Никаких «бешеных» скоростей, внезапных «исчезновений» и «возникновений» не наблюдается, за исключением событий, связанных с включением или выключением двигателей

РН. В этих случаях очевидцы действительно наблюдают внезапное появление точечной (а иногда и более обширной) огненной светящейся области и такое же мгновенное ее исчезновение.

ОЧЕВИДЦЫ ГОВОРЯТ...

Для иллюстрации всего сказанного можно привести ряд сообщений очевидцев, разумеется, с сокращениями, так как многие письма очень эмоциональны и обширны. Перед каждым описанием стоит дата поступления письма в ВАГО.

23.03.90. Наблюдательница сообщает, что низко над горизонтом объект, перемещающийся на северо-восток, «как самолеты над городом перед посадкой». Объект летел с небольшой скоростью совершенно бесшумно. Интервал наблюдения — около двух минут. «Было темно. Вдруг небо осветилось — над городом я увидела движущийся предмет с тремя лучами света... Один расширяющийся луч шел вверх, второй — такой же — книзу, третий шел из хвоста...» Сам объект в месте расхождения лучей имел чуть продолговатую форму желтоватого цвета. «Он как бы переливался несильным светом...»

23.03.90. Очевидец наблюдал «изумительно красивую картину»: под углом 80° к горизонту «с высоты 8—10 км» поднималась крупная звезда золотисто-желтого цвета. Из двух диаметрально противоположных точек

звезды выходили две спирали ярко-бирюзового цвета. Промежутки между спиралями были «млечно-белыми». Спирали окружал светлый полупрозрачный эллипс, а в сторону, противоположную направлению движения, отходил прозрачный ярко-бирюзовый «мешок». «...звезда резко набирала скорость, и через 30—40 с наблюдалась уже следующая картина: спиральные вращения вокруг звезды исчезли. Одновременно с этим появилась «черная дыра», в которую вошла звезда. (При развитии формы «юбка» и др. на определенном этапе возникает аналогичная ситуация. Это один из многих признаков, указывающих на то, что все формы порождены одним источником.— А. Л.). «Черная дыра» закрылась: белый эллипс и бирюзовый «мешок» постепенно рассеивались...»

Иногда световые эффекты бывают настолько необычными, что ставят в тупик даже людей, неоднократно наблюдавших их. Очевидец пишет: «...я был дежурным офицером по части. В 22.30 произвел отбой и вернулся в свой домик. Вдруг в 22.45 в домик вбежал патрульный, рядовой М. Д. Вид у него был перепуганный, карабин болтался за спиной. Он тут же закричал: «Товарищ лейтенант, что-то пролетело!» Я ему сказал, что за полтора года уже пора привыкнуть к ракетам. Но он уверял, что было что-то большое и летело очень быстро. Я вышел вместе с ним на

порог и увидел... огромное свечение, отливающее всеми цветами радуги, и в него шел петлеобразный инверсионный след. Это свечение и след сохранялись до двух часов ночи, а затем на месте свечения появился нежно-голубой свет, как при очень ранней утренней заре. На рассвете все слилось в единый фон, а след размыло в перистые облака...» При мерно в то же время это явление видели и в г. Иванове.

Сравнение описаний очевидцев и их рисунков с фотографиями запусковых эффектов дает веские основания связать явле-

ния, подобные описываемым, с выводом ракет в космическое пространство, хотя ограничиваться только этим нельзя, так как некоторые из явлений имеют более сложный характер. Совпадение моментов запусков ракет с наблюдением необычных образований также наводит на мысль о том, что все они, как правило, — эффекты старта ракет. Кроме того, 90% очевидцев сообщает, что объекты двигались на северо-восток или север-северо-восток, а это соответствует направлению большинства запусков ИСЗ.

Таким образом, очень

большая часть наблюдаемых необычных световых явлений связана не с какими-то внеземными цивилизациями, а с повседневной деятельностью человека. Автор не ставит своей целью дискредитировать деятельность уфологических организаций, а лишь хочет помочь читателям распознать в необычном известное, переклЮчить внимание наблюдателей на поиск действительно неопознанных явлений и объектов. Например, тех, которые резко изменяют направление своего движения, надолго за висают на одном месте, снижаются и взлетают...

Информация

Будет ли реклама в космосе?

Компания «Спейс Маркетинг», специализирующаяся на рекламе, купила у NASA право поместить на боку одной из ракет, подготовленных к запуску, портрет актера Арнольда Шварценеггера — героя очередного боевика.

Сейчас компания задумала использовать в своих целях космическую платформу, которую предстоит запустить в 1996 г. для изучения динамики озонового слоя. На ней «Спейс Маркетинг» намерен разместить надувную «доску объявлений», на которой будут изображены фирменные знаки и

названия компаний, тексты, рекламирующие их продукцию, и тому подобная «крайне необходимая» в космосе информация. Стоит солнечным лучам коснуться поверхности «доски», как на ней засветится отражающая свет реклама, видимая одновременно миллиардам людей. Все это не так уж невинно, как может показаться. Недаром американские астрономы, экологи и активисты движения в защиту покупателя объединились, протестуя против такого начинания.

Они подчеркивают, что это «знамение» будет сиять подобно полной Луне. Оно не только исказит вид привычного для всех небосвода, но и помешает астрономическим наблюдениям. Известный ученый Карл Саган публично назвал этот план омерзительным.

«Рекламщики» оправдываются тем, что каждые сутки их текст будет виден недолго, а через несколько месяцев платформа вообще войдет в плотные слои и сто-

рит, — ведь орбита у нее довольно низкая. Но «звездочеты» непреклонны — стоит один раз уступить и реклама будет «взлетать» на все более высокие орбиты и светить все сильнее. В конце концов слабые небесные объекты станут совсем недоступны для изучения. «Антирекламисты» угрожают объявить бойкот любой фирме, которая решится выступить спонсором скандального проекта. Компания «Спейс Маркетинг» уже пошла на попятный. Она готова заменить девиз и призывы к покупателям на «дружественную экологам» зеленую точку, созвучную стремлениям защитников озонового слоя, и лишь рядом с нею — скромная рекламка. Но своих противников они пока не убедили; те настаивают на полном запрете космической рекламы вообще... Чем этот спор закончится, пока еще не ясно.

Б. И. СИЛКИН

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ И ЧИТАТЕЛИ «ЗЕМЛИ И ВСЕЛЕННОЙ»!

Как Вы, вероятно, представляете, наш журнал, приближающийся к 30-летию своего существования, переживает труднейшие времена. Отсутствие розницы и рекламы, постоянный рост цен на полиграфические работы и почтовые услуги, отсутствие необходимой нам высококачественной бумаги, непрерывно увеличивающиеся опоздания выхода журнала в свет — таков неполный перечень преград, которые сейчас пытается преодолеть редакция.

В 1994 г. лучше не будет. Уже сегодня стала символической подписная цена журнала на первое полугодие 1994 г. (цена номера по каталогу 150 руб. в несколько раз ниже себестоимости!). Не спасет дело и последующий рост подписной цены журнала на второе полугодие 1994 г. Мы наде-

мся, что несколько удешевит выпуск журнала то, что с первого номера 1994 г. мы будем его печатать в типографии № 2 издательства «Наука», где он в свое время печатался, но лишь в два цвета... Мы не теряем надежду, что постепенно найдем возможность снова печатать цветные иллюстрации, но пока придется обходиться без них. Главное — продолжать выпускать журнал Академии наук России, который, как и много лет назад, остается уникальным в нашей стране журналом, необходимым многим астрономам и любителям астрономии, преподавателям школ и вузов, студентам и школьникам, а также всем тем, кого волнуют и увлекают тайны Земли и Вселенной.

Редакция

Заведующая редакцией Г. В. МАТРОСОВА. Зав. отделом астрономии Э. А. СТРЕЛЬЦОВА. Зав. отделом наук о Земле В. А. МАРКИН. Зав. отделом космонавтики А. Ю. ОСТАПЕНКО. Художественный редактор Н. А. БИТЮКОВА. Литературный редактор Е. А. НИКИТИНА. Младший редактор И. В. ЗОТОВА

Корректоры: В. А. ЕРМОЛАЕВА, Л. М. ФЕДОРОВА

Обложку журнала оформил Ю. В. ТИМОФЕЕВ

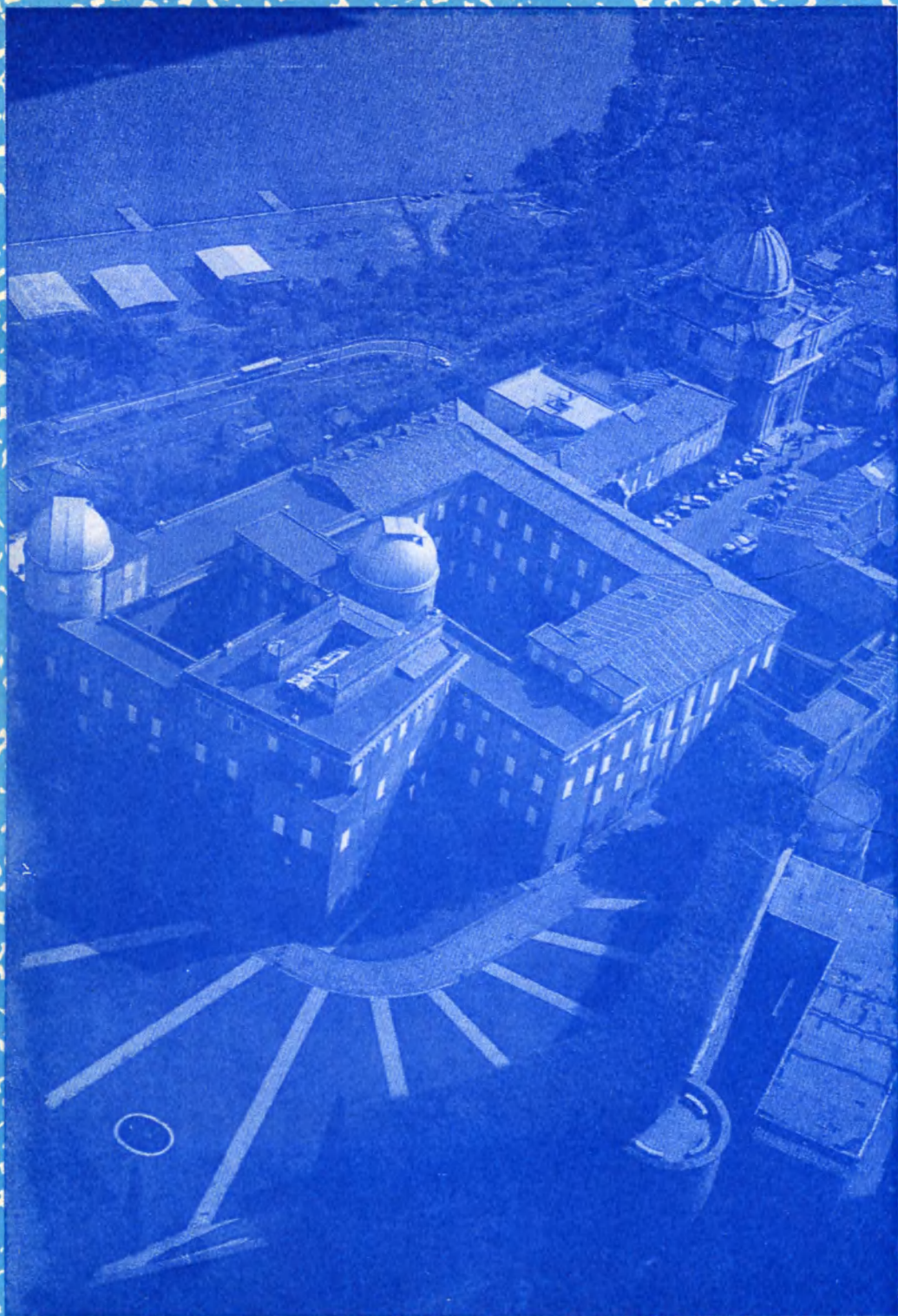
Номер оформили: Ю. А. ТЮРИШЕВ, М. И. РОССИНСКАЯ, Ю. В. ТИМОФЕЕВ

Адрес редакции: 117810, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., д. 26,
ж-я «Земля и Вселенная»
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Сдано в набор 9.11.93. Подписано в печать 11.01.94. Формат бумаги 70 × 100 1/16. Офсетная печать. Уч.-изд. л. 11,3. Усл.-печ. л. 9,1. Усл. кр.-отт. 80 тыс. Бум. л. 3,5. Тираж 7039 экз. Заказ № 512

ВО «Наука» 117810, ГСП-1, Москва, Мароновский пер., 26

Московская типография № 2 ВО «Наука», 121099, Г-99, Шубинский пер., 6



С любовью! Торф!



«Наука»
Цена 150 р.
Индекс 70336