

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

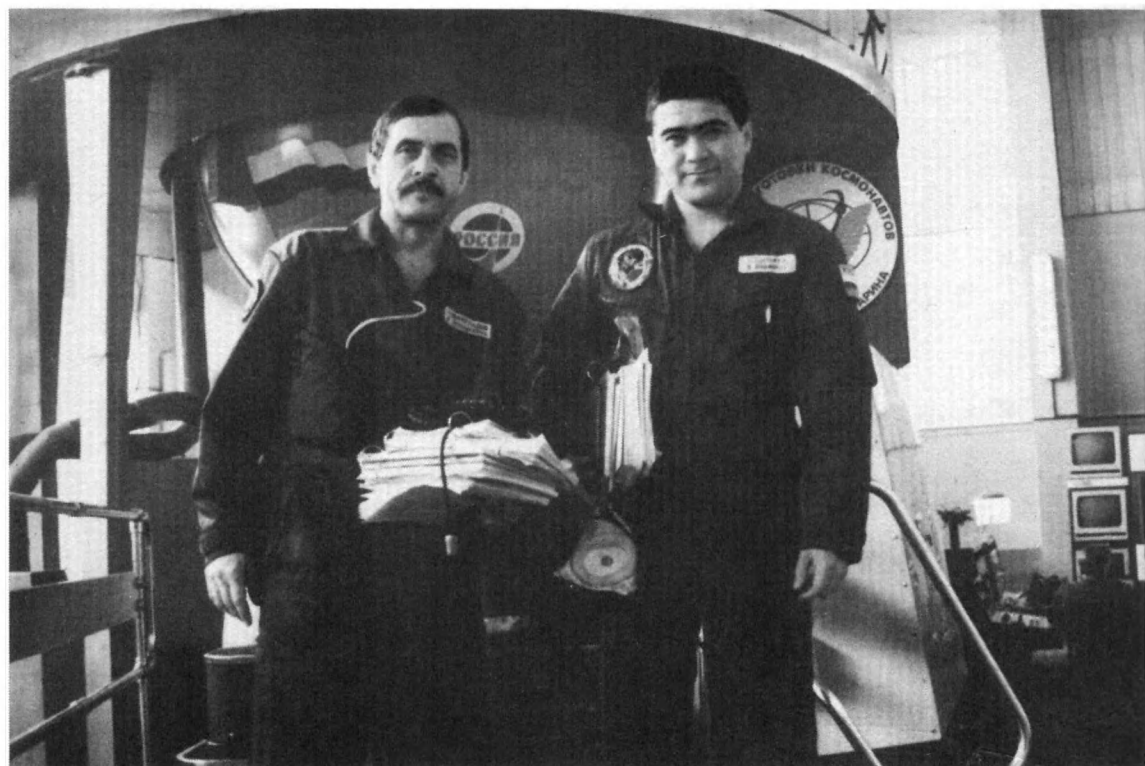
КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

ИЮЛЬ-АВГУСТ

4/2000

МИССИЯ «РАДИОАСТРОН»





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

Издается с января

1965 года

Академиздатцентр "Наука"

Москва



# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

4/2000

**Новости науки и другая информация:** Марс – история магнитного поля [20]; Кольца вокруг звезд [32]; Апрельские чтения в Планетарии Санкт-Петербурга [53]; Уран и Нептун – откуда они? [55]; Газовые оболочки в галактике Кентавр А [57]; Евгения со спутником [68]; Вода на Луне, где она? [75]; Британцы ставят телескоп на Паранале [88]; Солнце в феврале – марте 2000 г. [103]

## В номере:

- 3 КАРДАШЕВ Н.С. Радиотелескоп больше Земли ("Радио-астрон")
- 11 ЛОСЕВ К.С., АНАНИЧЕВА М.Д. Проблема эмиссии парниковых газов
- 21 КУЗЬМИН Р.О. Результаты экспедиции "Марс Патфайндер"

## ЛЮДИ НАУКИ

- 33 ВИКТОР КУЗЬМИЧ АБАЛАКИН (к 70-летию со дня рождения)
- 36 ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ БЕЛЕЦКИЙ (к 70-летию со дня рождения)
- 38 МИХАИЛ КЛАВДИЕВИЧ ТИХОНРАВОВ (к 100-летию со дня рождения)
- 44 ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ ДУБЯГО (к 150-летию со дня рождения)
- 54 Памяти Владимира Исааковича Левантовского
- 56 ВИЛЕН ВАЛЕНТИНОВИЧ НЕСТЕРОВ

## ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 58 ГЕРАСЮТИН С.А. I. Запуски астрофизических обсерваторий.

### II. Полеты автоматических межпланетных станций

## ЭКСПЕДИЦИИ

- 69 АВСЮК Ю.Н., МАРКИН В.А. На Полюсе холода Земли

## АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 76 ЛЕВИТАН Е.П. В помощь изучающим и преподающим астрономии

## ИСТОРИЯ НАУКИ

- 81 КУЗЬМИН А.В. Рождение современной звездной карты: 1922-1928

- 89 ИВАНОВ В.И. Космические помощники природоведов

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 99 Небесный календарь: сентябрь-октябрь 2000 г.

## ПОГОДА ЗЕМЛИ

- 104 БЕЛИНСКИЙ О.Н., БУРЦЕВА Т.Н. Сюрпризы погоды в 1999 году



© Академиздатцентр "Наука"  
Российская академия наук  
журнал "Земля и Вселенная" № 4, 2000 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; 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

**На стр. 1 обложки:** Российский космический радиотелескоп-обсерватория “Спектр-Р”, входящий в создаваемую международную систему радиointерферометра со сверхдлинной базой (до 350 тыс. км) – проект “Радиоастрон”. Рисунок ИКИ РАН (к ст. Н.С. Кардашева)

**На стр. 2 обложки:** сверху – экипаж 28-й основной экспедиции на орбитальный научно-исследовательский комплекс “Мир”, стартовавший на корабле “Союз-ТМ-30” 4 апреля 2000 г. – Сергей Викторович Залетин и Александр Юрьевич Калери; внизу – дублирующий экипаж КК “Союз ТМ-30” – Салижан Шакирович Шарипов и Павел Владимирович Виноградов. Фото С.А. Герасютина

**На стр. 3 обложки:** сверху – санно-тракторный поезд, направляющийся к полюсу недоступности, приближается к станции *Комсомольская* (1958 г.). Фото В.И. Коптева; внизу – внутриконтинентальная антарктическая станция Восток, открытая 16 декабря 1957 г. Полюс холода Земли

**На стр. 4 обложки:** Рентгеновская обсерватория “ИксММ-Ньютон” Европейского космического агентства исследует Вселенную. Рисунок ESA (к ст. С.А. Герасютина)

## In this issue:

- 3 KARDASHIOV N.S. Radiotelescope larger than Earth (“Radioastron”)
- 11 LOSEV K.S., ANANICHEVA M.D. Problem of the emission of greenhouse gases
- 21 KUZMIN R.O. Results of the “Mars Pathfinder” expedition

## PEOPLE OF SCIENCE

- 33 VICTOR KUZMICH ABALAKIN (70 years of birthday)
- 36 VLADIMIR VASILIEVICH BELETSKY (70 years of birthday)
- 38 MIKHAIL KLAVDIEVICH TIKHONRAVOV (100 years of birthday)
- 44 DMITRI IVANOVICH DUBIAGO (150 years of birthday)
- 54 In memory of Vladimir Isaakovich Levantovsky
- 56 VILEN VALENTINOVICH NESTEROV

## FROM NEWS OF THE FOREIGN ASTRONAUTICS

- 58 GERASIUTIN S.A. I. Launching of the astrophysical observatories  
II. Flights of automatic interplanetary stations

## EXPEDITIONS

- 69 AVSIUK Yu.N., MARKIN V.A. On the Pole of Cold of the Earth

## ASTRONOMICAL EDUCATION

- 76 LEVITAN E.P. In the help to the studying and teaching of the astronomy

## HISTORY OF SCIENCE

- 81 KUZMIN A.V. Birth of the modern star map: 1922-1928
- 89 IVANOV V.I. Cosmic assistants of the naturalists

## AMATEUR ASTRONOMY

- 99 Celestial calendar: September-October 2000

## WEATHER OF THE EARTH

- 104 BELINSKY O.N., BURTSEVA T.N. Surprises of the weather in 1999

## 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 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,

член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук Г.Н. ПЕТРОВА, доктор геол.-мин. наук Г.И.

РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,

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, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат.

наук В.В. ШЕВЧЕНКО

## Радиотелескоп больше Земли ("Радиоастрон")

Н.С. КАРДАШЕВ,  
академик  
Астрокосмический центр ФИАН

За последние 15 лет российскими учеными созданы уникальные космические астрофизические обсерватории серии "Спектр", охватывающие почти все спектральные диапазоны. О проектах "Спектр-Рентген-Гамма" и "Спектр-УФ", их научных задачах и аппаратуре уже рассказывалось (Земля и Вселенная, 1997, № 2; 1999, № 2). С проектом



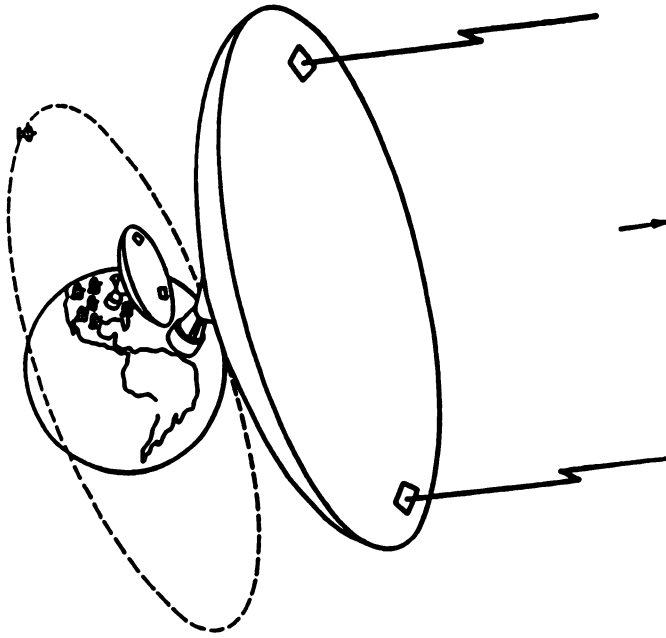
радиоинтерферометра поистине космического масштаба – с базой до 350 тыс. км – знакомит читателей известный астрофизик, автор научной программы исследований с помощью КА "Спектр-Р". Планируется в течение нескольких лет выполнить наблюдения астрономических объектов в радиодиапазоне по международной программе "Радиоастрон".

### НОВЫЕ МЕТОДЫ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Развитие ракетно-космической техники открывает перед астрономией блестящие перспективы. Стало возможным создавать астрономические инструменты принципиально нового типа и доставлять их в наиболее подходящие места космического пространства для проведения наблюдений и исследований.

Международный проект "Радиоастрон" (Земля и Вселенная, 1989, № 1) предусматривает создание радиотелескопов, по размерам значительно превышающих диаметр Земли, что обеспечивает сверхвысокое разрешение при изучении небесных объектов. Современные астрономические приборы способны обнаружить минимально возможную плотность потока энергии да-

лекого источника, зависящую, главным образом, от эффективной площади телескопа, и увеличить угловое разрешение изображений небесных объектов. Оно определяется в оптическом и радиодиапазонах отношением длины волны к размеру зеркала телескопа. В наземных обсерваториях для получения сверхвысокого углового разрешения применяются радиоинтерферометры,



блюдениях невооруженным глазом.

#### НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Основными объектами будущих наблюдений выбраны сотни источников различных типов. К ним относятся сверхмассивные черные дыры в Галактике и центрах других галактик, пульсары, нейтронные звезды, звезды с повышенным уровнем радиоизлучения, области образования звезд и планетных систем. Радиотелескоп будет принимать сигналы из районов внутри этих объектов, обладающих наибольшей мощностью излучения в радиодиапазоне. Генерация радиоизлучения в широком спектральном диапазоне связана либо с частицами сверхвысокой энергии (синхротронное излучение), либо с мазерным излучением, в узких спектральных линиях на волнах 1,35 см для молекул водяного пара и 18 см для молекул гидроксила (Земля и Вселенная, 1998, № 1).

Исследуя различные типы астрономических объектов, ученые будут определять их форму, координаты и направление движения, измерять скорость, спектральные и поляризационные характеристики и их изменения со временем.

состоящие из нескольких радиотелескопов в разных районах планеты, объединенных в систему (Земля и Вселенная, 1983, № 1). В этом случае угловое разрешение интерферометра зависит от расстояния (базы) между их антеннами. Размер радиointерферометра со сверхдлинной базой может достигать диаметра Земли, а при использовании космических аппаратов – расстояния от космического до наземного радиотелескопа.

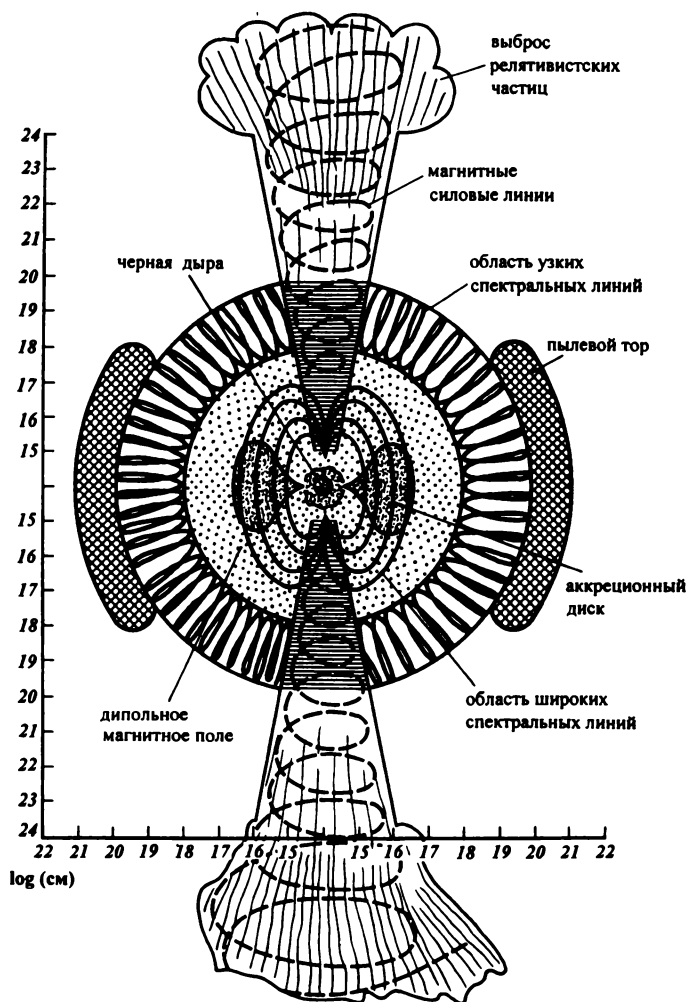
Интерферометры принимают от далекого источника сигналы, которые в каждом пункте усиливают, переводят в цифровую форму, привязывают к сигналам сверхточного атомного времени и записывают на магнитную ленту. Затем магнитные ленты посту-

пают в единые центры обработки информации на ЭВМ. В результате получают высокоточные изображения астрономических объектов, причем фиксируют их детали, динамические процессы, координаты и перемещение по небу.

Проектом “Радиоастрон” планируется создание многоэлементного интерферометра между космическим радиотелескопом (обсерваторией) и глобальной сетью крупнейших наземных радиотелескопов мира. Угловое разрешение такой системы зависит от высоты полета космической обсерватории. Проект “Радиоастрон” позволит достичь углового разрешения исследуемых объектов в миллионные доли угловой секунды, что в миллионы раз выше, чем при на-

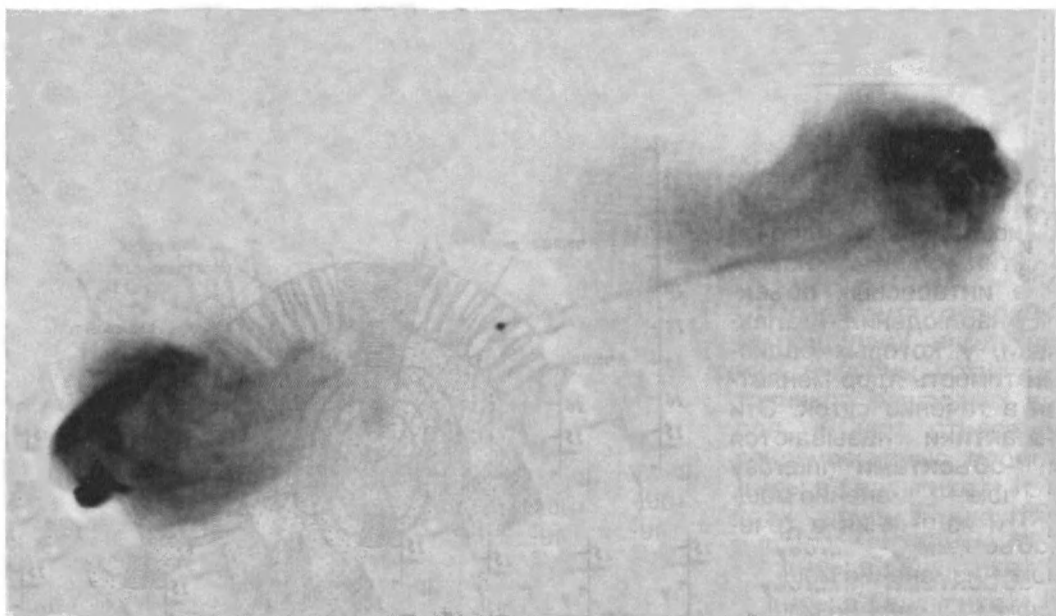
Большую часть научной программы составляет исследование ядер галактик. Одни из наиболее интересных объектов наблюдений – галактики, у которых радиосветимость ядер меняется в течение суток. Эти галактики называются **IDV-объектами** (*interday variable* – изменение мощности излучения в течение около суток). Малое время их переменности, иногда с периодическими колебаниями светимости, свидетельствует о возможности наблюдения очень компактных областей, наиболее близких к поверхности сверхмассивных черных дыр (Земля и Вселенная, 1992, № 3). Радиотелескоп обсерватории “Спектр-Р” позволит изучить происходящие там физические процессы. Какими частицами и полями черные дыры обладают? Как частицы ускоряются и приобретают сверхрелятивистские энергии? Чем обусловлены их периодические и квазипериодические колебания огромной мощности? Вот некоторые вопросы, на которые предстоит ответить в ходе реализации проекта “Радиоастрон”.

Подобные объекты находятся от нас на расстоянии в сотни миллионов и миллиарды световых лет. Изучение зависимо-



сти свойств далеких астрофизических объектов от расстояния до них, вероятно, даст важную информацию о глобальных космологических параметрах Вселенной и “скрытой массе” – материи, проявляющейся по гравитационному воздействию на небесные объекты (Земля и Вселенная, 1991, № 4). Необходимо, например, исследовать зависимость от расстояния таких эффектов, как скорость выброса облаков частиц сверхвысокой

энергии и их расширение (“сверхсветовые” движения); кажущееся движение далеких объектов, обусловленное вращением Галактики и Солнца вокруг ее центра (“реликтовое” движение); перемещение источников мазерных линий – мегмазеров (компактные облака около сверхмассивных черных дыр, генерирующие излучение на тех же длинах волн, что и галактические мазеры, но наблюдаемые на более длинных волнах из-за



расширения Вселенной) и переменное гравитационное линзирование (Земля и Вселенная, 1993, № 2). Эффект гравитационного линзирования возникает, когда на луче зрения между далеким источником большой светимости и наблюдателем оказываются другие массивные объекты (галактики, звездные скопления, отдельные звезды, объекты "скрытой массы" и другие объекты неизвестной природы). Они деформируют и смещают изображение далекого источника. Измерение этого смещения позволит определять массу и другие параметры небесных тел, находящихся на луче зрения между наблюдателем и радиоисточником.

Аналогичные исследования предполагается провести для источников, находящихся внутри

Галактики. Будут определяться не только их физические параметры, но и общие характеристики Галактики и межзвездной среды, вращение и распределение темной материи в Галактике, а также исследоваться источники космических лучей.

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОТЕЛЕСКОПА

Космическая обсерватория "Спектр-Р" международной миссии "Радиоастрон" состоит из радиотелескопа с научным оборудованием и служебного модуля с системами, обеспечивающими длительную работу космического аппарата на орбите ИСЗ. Антенна радиотелескопа представляет собой параболическое зеркало диаметром 10 м с фокусным расстоянием 4,3 м. Конструк-

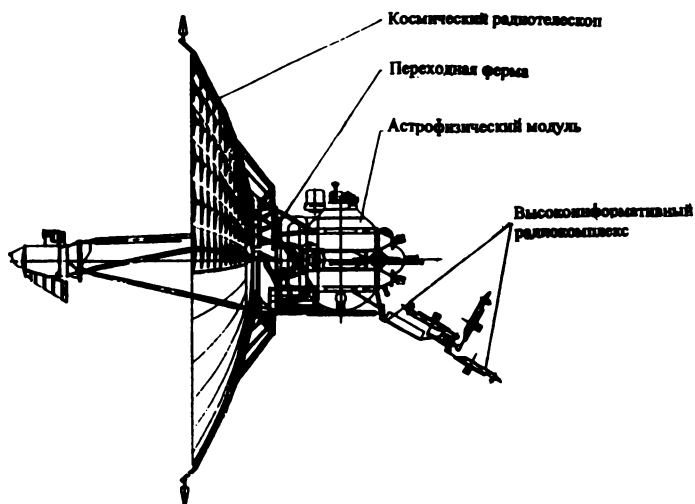
*Радиогалактика в созвездии Лебедя – самый яркий внегалактический источник (Лебедь А), находящийся на расстоянии 700 млн световых лет. Изображение получено на радиоинтерферометре VLA ("Большая система радиотелескопов", США) на длине волны 6 см при угловом разрешении 0,4" дуги*

тивно зеркало телескопа состоит из неподвижной центральной части диаметром 3 м и автоматически раскрывающихся в космосе 27 лепестков. Высокочувствительные радиоприемники располагаются в фокальной кабине, соединенной с главным зеркалом шестью опорами. Зеркало и опоры изготовлены из углепласта – легкого материала, обладающего прочностью стали и малым коэффициентом теплового расширения. Задняя поверхность параболического зеркала



примыкает к приборному отсеку, где размещены сверхстабильный атомный генератор частоты и времени, блок преобразования радиосигналов, высокоскоростная система телеметрии (кодирования и передачи информации), система привязки данных к бортовому и наземным атомным генераторам. Радиотелескоп крепится к служебному модулю с бортовым управляющим компьютером и системами высокоточной ориентации, энергопитания, терморегулирования, связи (командная радиолиния) и управления (реактивные двигатели). Общая масса КА – 5200 кг. Обсерваторию "Спектр-Р" предполагается вывести на орбиту с помощью ракеты-носителя "Протон-К".

Для проведения исследований первоначально выбрали эллиптическую орбиту высотой в апогее около 80 тыс. км и в перигее 2-4 тыс. км, периодом обращения 28 ч. Недавние наблюдения с помощью наземных радиointерферометров и японской космической обсерватории с радиотелескопом "HALCA" (запущена в феврале 1997 г.) показывают необходимость вывода на более высокую орбиту, позволяющую увеличить разрешение еще в несколько раз. Проработана воз-



можность запуска обсерватории "Спектр-Р" на орбиту с апогеем до 350 тыс. км, период обращения увеличится до 8-10 сут. Орбита выбрана так, чтобы под влиянием Луны эллипс плавно поворачивался вокруг большой оси на угол до 150° за время в 1,5 года, одновременно меняется и высота перигея – от 1 до 70 тыс. км. Важно отметить, что параметры такой орбиты позволят использовать различные значения углового разрешения космического интерферометра при исследовании одного и того же источ-

ника. Угловое разрешение определяется отношением длины волны к проекции расстояния между КА и Землей на плоскость, перпендикулярную к направлению на исследуемый объект. Поэтому различная ориентация плоскости орбиты по отношению к источнику позволит выявить в его изображении детали различного углового размера (от микро- до миллисекунд дуги). Максимальное угловое разрешение реализуется в том случае, когда плоскость орбиты перпендикулярна направлению на источ-

Таблица 1

**Основные параметры космического радиотелескопа**

Обозначение диапазона	P	L	C	K
Длина волны, см	92	18	6,2	1,35
Частота, МГц	327	1660	4850	22220
Полоса канала, МГц	4	32	32	32
Температура шумов, К	70	50	50	60
Эффективность антенны, %	30	50	50	30



ник, а космический аппарат находится в районе апогея. В таблице 1 указаны, кроме прочего, международное обозначение (индекс) радиодиапазона наблюдения и процентное отношение рабочей площади к геометрической площади зеркала телескопа – эффективность использования антенны.

Для изучения быстропеременных источников, например IDV-объектов, предполагается использовать быструю смену длины волн интерферометра. Такая операция также приводит к изменению углового разрешения, и тогда в течение суток наблюдений можно будет обнаружить изменение структуры этих источников излучения.

Космическая обсерватория “Спектр-Р” будет

работать совместно с крупнейшими наземными радиотелескопами 10 стран мира. Предполагается, что в программе “Радиоастрон” примут участие более **30 радиотелескопов** диаметром антенны от 20 до 240 м. Большинство из них указаны в таблице 2, где цифрами обозначено место их расположения и выделенное время наблюдений на каждом радиотелескопе по данной программе (в долях от полного времени загрузки в процентах).

Миссия “Радиоастрон” позволяет исследовать любые из многих тысяч небесных объектов. Из них будут выбраны и включены в программу лишь сотни наиболее интересных. Наиболее высокой чувствительности во время наблюдений возможно достигнуть

*Наземная сеть радиотелескопов, которые будут участвовать в работе по международной научной программе “Радиоастрон”*

лишь при совместной работе космической обсерватории “Спектр-Р” с крупнейшими наземными радиотелескопами, например совместно с антенной решеткой VLA американской национальной радиоастрономической обсерватории (Земля и Вселенная, 1995, № 4). Условия обнаружения предельно слабых источников и измерения их угловых размеров задаются с помощью основных радиотехнических параметров, которые приведены в таблице 3.

**Участие в программе "Радиоастрон"  
крупнейших наземных радиотелескопов мира**

Название или место расположения радиотелескопа, страна	Эффективный диаметр антенны, м	Обозначение на карте мира	Диапазон P L C K	Ожидаемое время работы, %
Алгонкин, Канада	45	1	? + + +	40
Аресибо, Пуэрто-Рико, США	200	2	+ + + -	5
АТСА, Австралия	50	3	- + + +	10
Эффельсберг, Германия	100	4	- - + +	20
GBT, США	100	5	- - + +	15
GMRT, Индия	240	6	+ - - -	5
Голдстоун, США	70	7	- + + +	15
Джодрел Бэнк, Англия	76	8	+ + - -	15
Калязин, Россия	64	9	+ + + ?	50
Мадрид, Испания	70	10	- + + ?	15
Паркс, Австралия	64	11	+ + + ?	10
Тидбинбилла, Австралия	70	12	- + + +	15
VLA, США	116	13	+ + + +	15
VLBA, США	80	14	+ + + +	20
WSRT, Голландия	90	15	+ + + -	20

Международный проект "Радиоастрон" – один из нескольких основных научных проектов в Федеральной космической программе России. Космический аппарат и радиотелескоп разрабатывает НПО им. С.А. Лавочкина совместно с Астрокосмическим центром ФИАН, а научное оборудование – НИИ космического приборостроения и организации России и других стран.

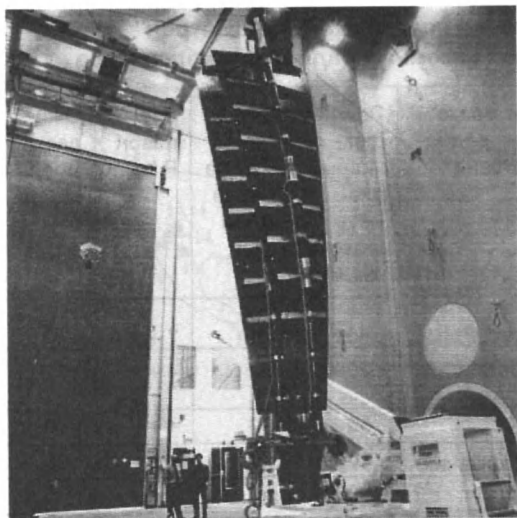
Приемники излучения созданы в кооперации с Индией (диапазон 92 см), Австралией (диапазон 18 см), Финляндией (диапазон 1,35 см) и Европейским интерферометрическим консорциумом (диапазон 6 см). Бортовые атомные генераторы частоты и времени изготовлены в сотрудничестве с ESA в Швейцарии. Элементы конструкции космической радиоантенны – лепестки параболического зеркала – созданы в России. NASA построило телеметрическую сеть из станций с антеннами для приема научной информации обсерватории "Спектр-Р" в США, Испании и Австралии. Аналогичная станция приема информации создается в Пушино (Московская обл.). Координирует работу по подготовке проекта Международный научный комитет. Затем, когда начнутся наблюдения, его полномочия будут переданы Международному про-

Таблица 3

**Чувствительность и разрешающая способность  
интерферометра КА "Спектр-Р" – радиотелескоп VLA**

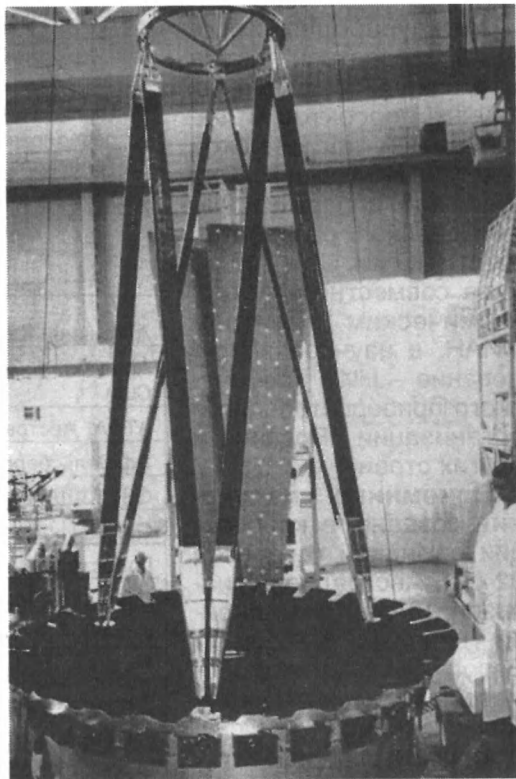
Диапазон	P	L	C	K
Среднеквадратичное значение спектральной плотности потока, в мЯнских*, время накопления принимаемого излучения – 300 с	11	1,6	1,7	4,0
Ширина интерферометрического лепестка, мкс**дуги				
База между антеннами: а) 80 тыс. км	2400	460	160	36
б) 350 тыс. км	540	110	37	8

\*1 миллианский = 10<sup>-29</sup> Вт/м<sup>2</sup> Гц.\*\*1 мкс = 10<sup>-6</sup> угловой секунды.



а)

**Наземные испытания элементов конструкции радиотелескопа для КА "Спектр-Р": а – лепестков антенны в Нордвейке, Голландия (ESA), б – макета центральной части зеркала антенны в НПО им. С.А. Лавочкина**



б)

граммному комитету. Он займется рассмотрением заявок на проведение исследований от ученых всего мира и согласованием работы космического и наземных радиотелескопов.

Запуск космической обсерватории "Спектр-Р" из-за недостаточного финансирования многократно откладывался. В настоящее время для подготовки КА "Спектр-Р" к запуску необходимо около 2,5 года.

Есть надежда, что в ближайшем будущем обсерваторию все-таки запустят и ученые смогут получить важнейшие результаты для фундаментальной науки по программе "Радио-астрон".

### ***Дорогие читатели журнала "Земля и Вселенная"***

***Напоминаем, что подписаться на журнал "Земля и Вселенная" Вы можете по "Объединенному каталогу Роспечати" во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.***

## Проблема эмиссии парниковых газов

К.С. ЛОСЕВ,  
доктор географических наук  
Институт научной  
и технической информации РАН,  
М.Д. АНАНИЧЕВА,  
кандидат географических наук Институт географии РАН



В результате жизнедеятельности на Земле живого вещества (биоты) в окружающую среду попадают диоксид (дву-

окись) углерода  $\text{CO}_2$ , метан и другие газы, задерживающие тепловое излучение Земли, названные поэтому “парниковыми”. В последнее время серьезным их источником (в особенности  $\text{CO}_2$ ) становятся сжигание ископаемого топлива и другие процессы, связанные с промышленным производством. На фоне глобальной эмиссии  $\text{CO}_2$ , достигающей огромных размеров даже в небольших странах, “вклад” России выглядит достаточно умеренным. Необходимо позаботиться, чтобы он не увеличивался резко с ростом в стране экономической активности. Пока же Россия могла бы рассчитывать



на пользование “углеродным кредитом”, идея которого обсуждается международным сообществом.

### ДИНАМИКА ИНДУСТРИАЛЬНОЙ ЭМИССИИ $\text{CO}_2$

Для анализа изменений эмиссии диоксида углерода следует взять за

основу данные 1991 г., когда еще не отмечалось значительное сокращение производства на территории СССР. В этом го-

ду мировая эмиссия  $\text{CO}_2$  за счет сжигания топлива и отходов цементной индустрии достигла в пересчете на углерод 6000 Мт.

Показатели по отдельным странам: США – 1370 Мт, Япония – 290 Мт, Китай – 700 Мт, СССР – 1020 Мт, Европа (без СССР) – 1250 Мт. На душу населения бывшего Советского Союза эмиссия CO<sub>2</sub> составляла в пересчете на углерод 3,5 т в год. Умножив эту величину на число жителей современной России, получим 525 Мт. Но реальная эмиссия выше, т.к. Россия служит поставщиком электроэнергии в другие регионы. Поэтому выбросы CO<sub>2</sub> в России, по-видимому, составляли в 1991 г. 60% от эмиссии в СССР, т.е. около 600 Мт. Исходя из этого расчета, получим оценки эмиссии CO<sub>2</sub> для Украины – около 200 Мт, Белоруссии – 50, Литвы – 15, Латвии – 10, Эстонии – 6 Мт. В этих странах с 1991 г. наблюдается спад промышленного производства (к 1994 г. – от 30 до 55%), что вызвало снижение потребления ископаемого топлива всех видов. Суммарный объем выбросов от стационарных и мобильных источников в России уменьшился на 20%.

В очередном отчете института Глобального мониторинга (Worldwatch, США) опубликованы новейшие оценки эмиссии CO<sub>2</sub> за счет сжигания ископаемого топлива в пересчете на углерод. Для России величина практически совпадает с нашей оценкой, полученной независимо.

**Суммарная для Земли эмиссия CO<sub>2</sub> в атмосферу вследствие сжигания ископаемого топлива увеличилась за 1950-95 гг. в 3,6**

## Эмиссия углерода 20 стран-эмитентов в 1995 г.

Страна	Суммарные выбросы, Мт	Выбросы на душу населения, т	Изменение величины выбросов за 1990-1994 гг., %
США	1,371	5,26	4,4
Китай	835	0,71	13,0
Россия	455	3,08	-24,1
Япония	299	2,39	0,1
Германия	234	2,89	-9,9
Индия	222	0,24	23,5
Англия	153	2,62	-0,3
Украина	125	2,43	-43,5
Канада	116	3,97	5,3
Италия	104	1,81	0,8
Франция	90	1,56	-3,2
Польша	89	2,31	-4,5
Южная Корея	88	1,98	43,7
Мексика	88	0,96	7,1
Южная Африка	85	2,07	9,1
Казахстан	81	4,71	-
Австралия	75	4,19	4,2
Северная Корея	67	2,90	-
Иран	62	1,09	-
Бразилия	60	0,39	15,8

раза: с 1 620 до 6 056 млн т. Концентрация CO<sub>2</sub> возросла с 316,8 млн<sup>-1</sup> (частиц углерода в 1 млн частиц воздуха) в 1960 г. до 360,7 млн<sup>-1</sup> – в 1995 г.

США первенствуют как в общей величине выбросов, так и в удельной (5,26 т). В Китае (занимающем второе место по общей эмиссии углерода), Бразилии и Индии удельная величина меньше, чем в США, соответственно в 7,13 и 22 раза. В большинстве стран на душу населения приходится от 1,5 до 4 и более т углерода. Причем даже для некоторых развитых стран эта величина относительно небольшая (2,39 т – в Японии, 1,56 – во Франции, 1,81 – в Ита-

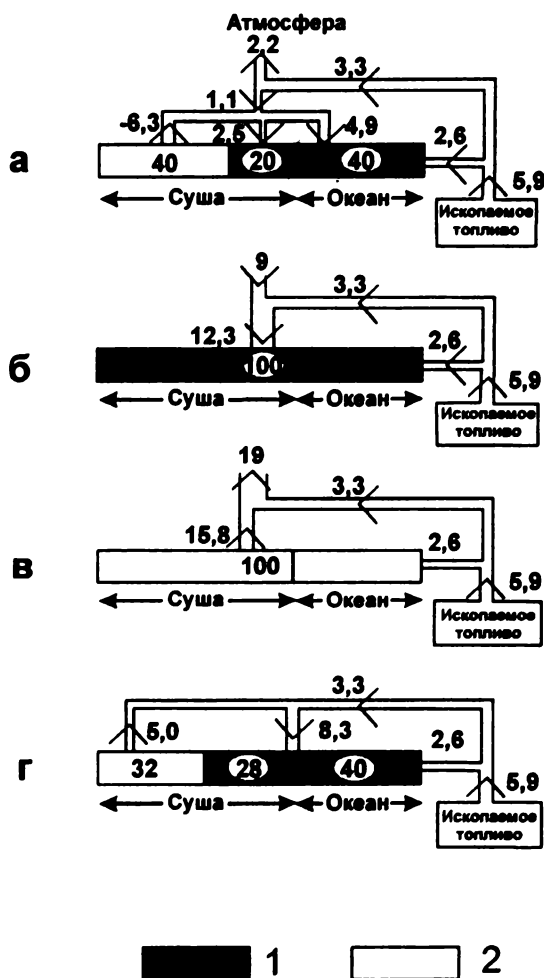
лии). К США по размерам выбросов углерода на каждого жителя приближаются Казахстан и Австралия.

Россия по суммарной эмиссии углекислого газа занимает **третье место в мире**, а по удельной немного опережает Германию, пропуская вперед Канаду.

В развитых государствах Европы (Англия, Германия, Франция, Италия) и в Японии выбросы углекислого газа снижаются или растут очень медленно, а в странах с переходной экономикой они резко **сократились в связи со спадом производства** (в России – на 24,1%, на Украине – на 43,5%). В США, Канаде и Австралии при-

Изменения в окружающей среде и ненарушенная биота (совокупность живых организмов). Глобальный круговорот углерода при современном состоянии биосферы (а), при полностью невозмущенной биоте суши и океана (б), при полном освоении человеком глобальной биоты (в) и при остановке дальнейших изменений содержания в атмосфере углерода (г).

1 – ненарушенная биота; 2 – освоенная биота. Числа около стрелок – потоки углерода (Гт в год) в областях 1 и 2 (по Г.А. Горшкову)



рост эмиссии продолжается с умеренной скоростью, а в быстро развивающихся странах третьего мира (в Китае, Бразилии, Индии) она нарастает высокими темпами. Отмечено значительное ее усиление в Южной Корее – на 43,7%. Умеренный рост эмиссии и даже его прекращение во многих развитых странах обусловлены усилением внимания к **эффективности использования энерго-ресурсов** и стабилизацией в большинстве из них численности населения. В 1990-94 гг. выбросы сократились в Германии, Польше, Франции.

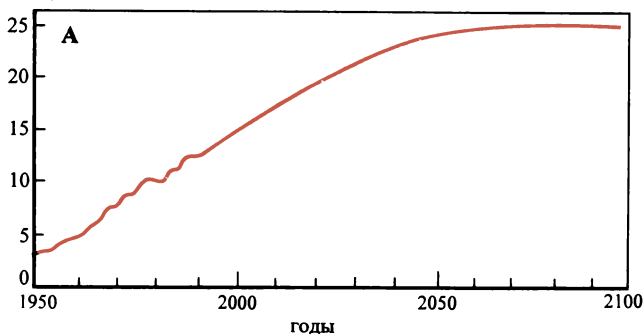
Стабилизация и снижение в некоторых развитых странах эмиссии  $\text{CO}_2$  в результате сжигания ископаемого топлива, резкое сокращение выбросов в странах с переходной экономикой (на последние приходилось до 20% всей мировой эмиссии) изменили показатели глобального выброса углерода в атмосферу. В 1981-85 гг. прирост эмиссии  $\text{CO}_2$  из-за сжигания ископаемого то-

плива был равен 282 Мт, за следующие 5 лет – 661 Мт; в последнее пятилетие он сократился на порядок. Если же принять во внимание невысокую точность оценок, можно считать, что в 1991-95 гг. эмиссия  $\text{CO}_2$  практически не возросла.

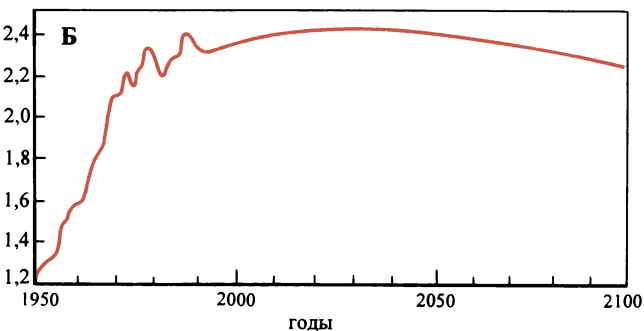
**Вклад России** в мировую эмиссию – порядка 7%, для США – 22%, для стран Европы (включая бывшие республики СССР, но без России) – 24%, Китая – 12%. Можно ли считать некоторую стабилизацию и сниже-

ние индустриальной эмиссии в атмосферу признаком перелома в продолжавшейся до 1990-х гг. тенденции роста выбросов углекислого газа при использовании ископаемого топлива? Скорее всего, ответ отрицательный, т.к. в первую очередь процесс обусловлен экономическим кризисом. Это обстоятельство можно считать форс-мажорным. Исторический опыт показывает: после спада неизменно следует рост. Поэтому на территории бывшего СССР выбросы

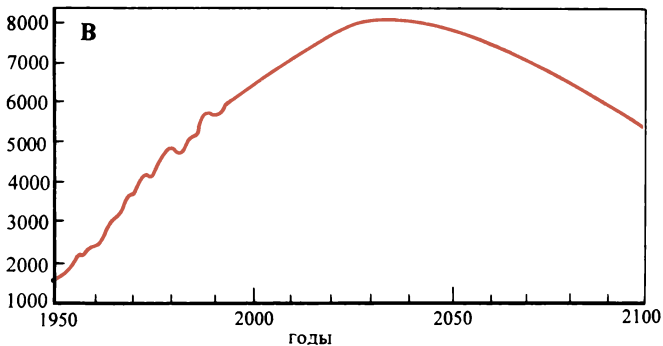
Е, Гт у.т.



е, т.т./чел. год



Мт С/год



углерода увеличится; они будут возрастать и в развивающихся странах.

Базовый прогноз развития энергетики в мире до 2100 г. разработан в 1997 г. группой исследователей из Московского энергетического института под руководством В.В. Клименко. Предполагается, что эмиссия  $\text{CO}_2$  за

счет сжигания ископаемого топлива увеличится от 6 Гт/год (в настоящее время) до 8,6 Гт/год – в 2050 г.; по более пессимистическим прогнозам, она возрастет в 1,2–1,6 раза, а возможно и больше.

Кроме потребления ископаемого топлива, существуют и другие источники антропогенного выбро-

Базовый прогноз мирового потребления энергии и эмиссии углерода (Гт условного топлива, у.т.); А – суммарно (Е); Б – на душу населения (е); В – базовый прогноз эмиссии углерода (Мт углерода в год)

са углерода – сжигание попутного газа, производство цемента, разрушение экосистем в результате хозяйственной деятельности. Первые две компоненты дают всего 3% углеродной эмиссии, тогда как вклад антропогенного биотического источника составляет существенную долю выбрасываемого при сжигании природного топлива.

Проанализировав оценки, даваемые в последние годы учеными разных стран, приходим к заключению, что суммарный антропогенный выброс составляет от 7,2 Гт до  $7,5 \pm 1-8,2$  и даже 9 Гт в год.

#### ПРОБЛЕМА СТОКА УГЛЕРОДА

Большинство исследователей учитывают содержание углекислого газа в атмосфере, но игнорируют его поглощение океаном и экосистемами суши. Из рассмотрения в этом случае выпадает очень важный фактор. Палеонтологические данные между тем свидетельствуют, что через океан из атмосферы в прошлом были выведены огромные массы углерода (в т.ч. в результате жизнедеятельности морской биоты). Можно сказать, что живое население оке-

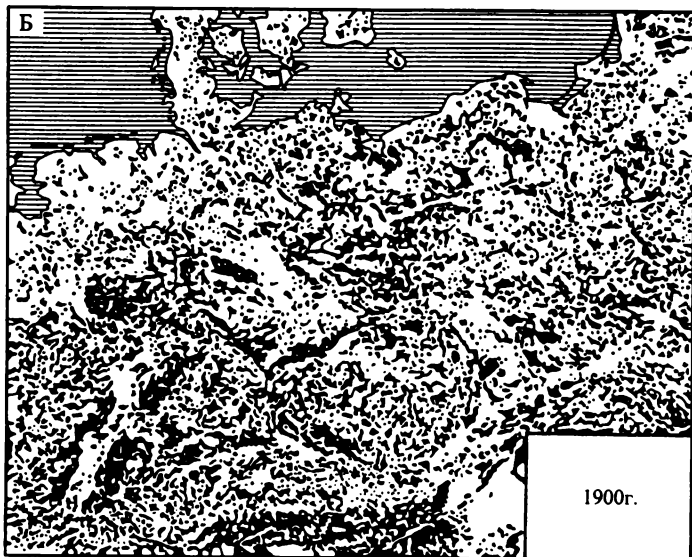
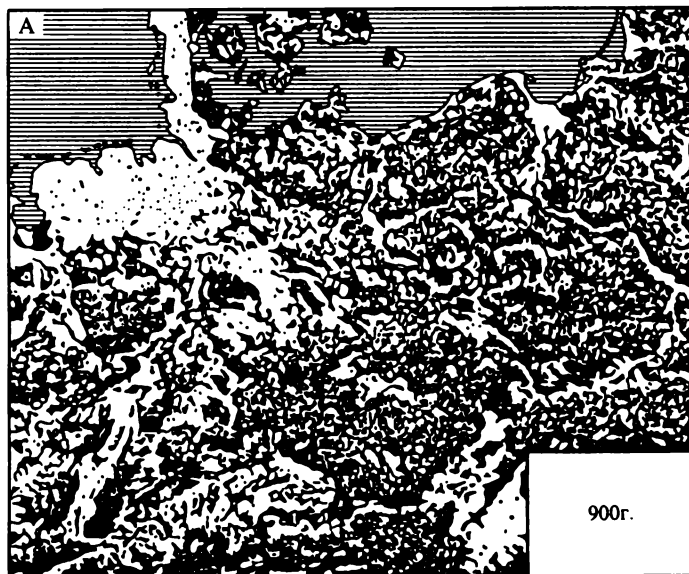


*Изменение площадей, занятых лесами в Центральной Европе за 1000 лет – с 900 г. (А) – по 1900 г. (Б) – по Шатеру и Форшу, 1952*

ана – его своеобразный “насос”. Во времена, когда на суше еще не было природных экосистем, углерод, благодаря в первую очередь морской биоте, “перекочевал” из атмосферы в океан.

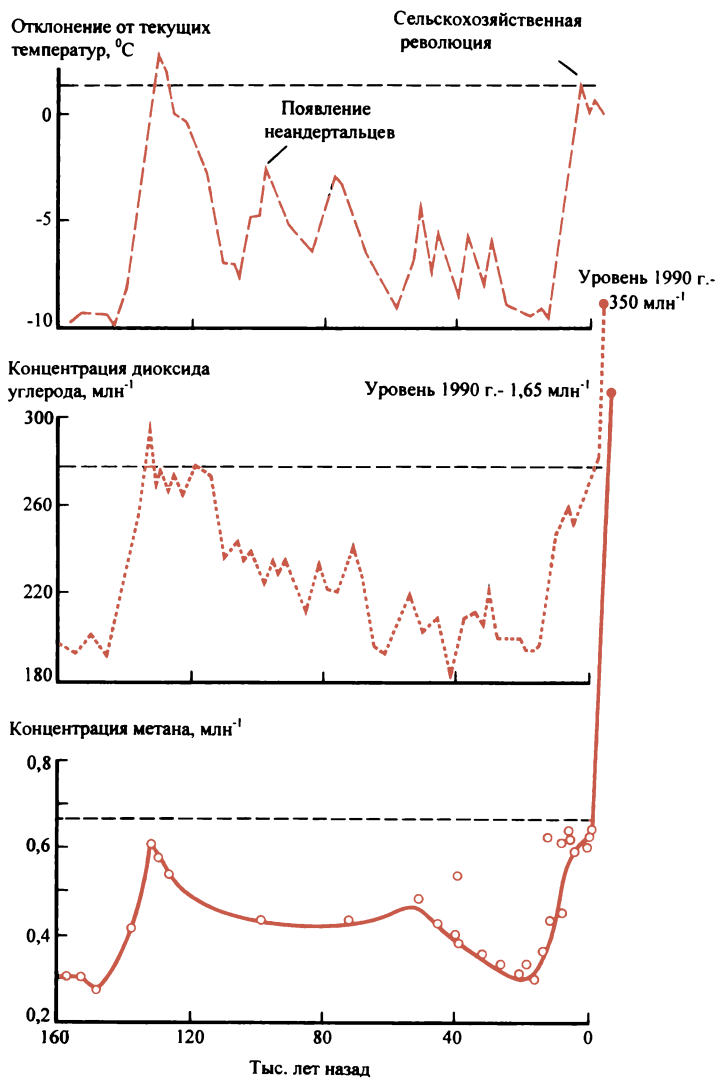
Наземные экосистемы как бы “моделируют” систему океана, т.е. воспроизводят ее на твердой поверхности Земли. Почвы в этой модели представляют собой морские наносы с резервуаром долгоживущих **углеродных ловушек** (гумус, устойчивые соединения углерода с другими элементами, торфяники болот). В океане таким резервуаром служат растворенное органическое вещество и донные отложения. Бореальные (северные) леса с переувлажненными землями (**ветландами**) – аналог холодных глубинных вод океана (“холодными ловушками углерода” назвал их Г.А. Заварзин в 1984 г.). Растительность суши поддерживает и регулирует континентальный влагооборот. А он, в свою очередь, ответствен за баланс условий в модели “океан-почвы” для потребляющих влагу организмов суши. Следовательно, океан выводит углерод из атмосферы или пополняет его запасы через жизнедеятельность морской биоты.

Данные наблюдений, в том числе со спутников,



показывают, что **природные экосистемы материков разрушены человеком на более чем 60% площади**. В Европе, где с 1950-х годов началось интенсивное восстановление лесов, более половины лесонасаждений страдают от кислотных дождей и других антропогенных воз-

действий, что резко снижает возможности вывода  $\text{CO}_2$  из атмосферы. Скорее они служат источником углекислого газа, т.к. болезнь деревьев проявляется, прежде всего, в возрастании массы опада, а это – резервуар углерода, где он задерживается в среднем на 1,3 года.



*Изменения температуры (ее отклонения от современной средней глобальной) и концентрации углекислого газа и метана в атмосфере за последние 160 тыс. лет (по данным изотопных исследований ледового керна скважин Антарктиды и Гренландии). Хотя в предшествующее межледниковье максимальная температура превышала современную почти на 2°С, концентрация CO<sub>2</sub> и метана в атмосфере была значительно ниже (по Медузу и др., 1994)*

использования земель.

Биота суши и океана практически мгновенно отреагировала на выброс углерода этого генезиса, поглотив весь поток, возникший в результате быстрого распространения сельскохозяйственной технологии на Земле. После того как емкость природного резервуара, способного ассимилировать углерод, была переполнена, только часть его стала попадать биоте – за счет сохранившихся ненарушенными экосистем суши и океана.

Поэтому, видимо, **экосистемы не адаптируются** к изменяющимся условиям. Нет и речи о заметном сдвиге границ растительных поясов в результате глобального потепления. Оно идет достаточно медленно, со скоростью, на порядок меньшей скорости роста эмиссии CO<sub>2</sub> и других парниковых газов. К тому же следствие потепления – не только продвижение границы лесной зоны на север, но и расширение площади степей и пустынь. Это означает, что **сдвиги географических зон не смогут компенсировать эмиссию антропо-**

Ясно, что еще не нарушенные экосистемы океана обеспечивают сток углерода в гораздо большей степени, чем сохранившиеся естественные наземные. **Биотический “насос”** океана частично выводит CO<sub>2</sub> антропогенного происхождения из атмосферы – промежуточного резервуара углерода.

Через естественные бореальные леса и ветланды России и Канады

происходит сток антропогенного углерода. Леса и болота поглощают его, но их емкость значительно меньше, чем у морской биоты – по минимальным оценкам, в пределах 0,5-1,0 Гт. Эмиссия же углерода с нарушенных территорий составляет 1,6-2,5 Гт. Итак, в целом биосфера суши снабжает атмосферу антропогенным углеродом, образующимся за счет хозяйственного

*Леса России – важнейший резервуар углерода на Земле, сохранение которого необходимо для предотвращения экологической катастрофы*

---

генного углерода и служить механизмом его вывода из атмосферы в резервуары длительного хранения или захоронения.

Если же рассмотреть длительный период времени (десятки и сотни тысяч лет), то обнаруживается, что при более высокой, чем современная, температуре воздуха концентрация  $\text{CO}_2$  и метана в атмосфере была ниже. По-видимому, существовали и другие причины изменения климата.

#### ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Чтобы определить место России в ряду ответственных за глобальный парниковый эффект стран мира, следует попытаться оценить баланс  $\text{CO}_2$  для России и сопредельных территорий.

Для Европы (без России) эмиссия  $\text{CO}_2$  к концу 1994 г. за счет сжигания ископаемого топлива и работы цементной промышленности составила примерно 1,4 Гт углерода в год (около 160-170 Мт пришлось на республики бывшего СССР). В России величина индустриальной эмиссии достигла к концу 1996 г. 455 Мт углерода. Европа (без России) – мощный источник эмиссии антропогенного углерода. Помимо индустриальных выбросов, угле-



кислый газ выделяется в большом количестве в результате разрушения естественных экосистем, повсеместной почвенной эрозии и сокращения площади ветландов. Сохранившиеся на огромной территории России не нарушенные хозяйственной деятельностью экосистемы, преимуществен-

но лесные, поглощают углерод, обеспечивая устойчивость окружающей среды.

В России бореальные леса и ветланды распространены на вдвое большей площади, чем в Канаде; эти экосистемы принимают в себя до 700 Мт углерода в год. Полагаем, что приведенная величина

на стока антропогенного углерода занижена (сток происходит также в тундровых и лесотундровых зонах, которые в России, в основном, сохранились). Правда, эта величина находится в пределах ошибки при оценке стока в бореальных лесах.

Более интенсивно, чем в лесах, антропогенный углерод откладывается в **болотах, ветландах и оторфованных почвах**. Как отмечает крупнейший российский болотовед С.Э. Вомперский (1994), "болота – это уникальные в наземной биоте экосистемы постоянного стока атмосферного углерода, накапливаемого в виде торфа", с незамкнутым круговоротом вещества. В России в оторфованных, заболоченных и болотных землях сосредоточено 113 Гт углерода, из них в слоях торфа толщиной более 30 см – 100 Гт. Если считать, что болота возникли после отступления ледников, то средний за год сток углерода в болота на территории России составлял около 10 Мт. По оценкам биолога А.Т. Мокроносова (1994), в торф ежегодно уходит 0,24 т углерода. Принимая площадь болот в России за 117,7 млн га, получаем ежегодный сток, равный 28 Мт. Эти цифры говорят о том, что ошибка при оценке антропогенного стока углерода в бореальных лесах и ветландах России имеет положительный знак, т.е. размеры стока занижены.

Группа исследователей под руководством

американского биофизика П. Витоусека (1986) показала, что **использование земель** для хозяйственных нужд ведет к **снижению экологической чистоты** первичной продукции. На нарушенных территориях "недовыводится" из атмосферы 17 Гт углерода в год. Хозяйственная деятельность человека существенно снижает способность биоты к фотосинтезу (на 13%): ухудшает механизм вывода антропогенного и естественного углерода, **нарушает равновесие** всей биохимической, а через нее – и геохимической системы Земли.

По нашим расчетам, при замене естественных экосистем антропоценозами чистая первичная продукция углерода уменьшается на 10 Гт в год, при опустынивании – на 4,5, при заселении территории человеком – на 2,6 Гт.

Уменьшение притока углерода в почву ведет к гибели почвенных организмов и выводу части запасенного углерода в атмосферу. Незамкнутость кругооборота в таких системах измеряется первыми десятками процентов.

Площадь Европы (без России) – около 6 млн км<sup>2</sup>. На всей европейской территории естественные экосистемы практически полностью разрушены, и идет постоянный процесс антропогенного преобразования и сокращения ветландов, живых изгородей и т.д. Того же порядка и площадь с разрушен-

ными экосистемами в России. Однако здесь залесенность и распаханность территории, частота населенных пунктов, плотность инфраструктуры и населения на нарушенных землях намного ниже, чем в Европе. Это хорошо видно на аэрофото- и космических снимках. Доля территории России с нарушенными и сильно возмущенными экосистемами **почти вдвое меньше**, чем в остальной Европе. На освоенной части территории России кое-где, например в истоках больших рек, сохранились в виде вкраплений массивы первичных лесов, тогда как в Европе их можно встретить разве что в горах Норвегии. Эмиссия антропогенного углерода с единицы площади за счет землепользования в Европе выше, чем в России.

#### УГЛЕРОДНЫЙ КРЕДИТ

В некотором отношении Россия подобна Канаде: она также полностью компенсирует эмиссию CO<sub>2</sub> со своей нарушенной территории, составляющей 35% площади страны. Практически все остальные государства к северу от экватора не имеют достаточно территорий с ненарушенными экосистемами, чтобы восполнять сколько-нибудь значительную часть эмиссии углерода.

Для компенсации эмиссии углерода, возникающей в результате разрушения естественных экосистем, необходимо со-



хранить примерно 2/3 территории в нетронутом состоянии в государствах, расположенных в зоне умеренного климата.

Согласно **“Конвенции по климату”**, развитые страны должны стремиться ограничить свои выбросы CO<sub>2</sub> уровнем 1990 г. Конвенцией предусмотрено **введение квот на выбросы и “углеродный кредит”** (сделки по продаже прав на выбросы углерода). Россия обладает большими ресурсами, позволя-

ющими ей уменьшить свою долю эмиссии за счет сохранения естественных экосистем и лесовосстановления. Она заинтересована в дальнейшем развитии механизма ограничений и квот на выбросы CO<sub>2</sub>, который должен предусмотреть надежный контроль эмиссий углерода и введение штрафных санкций за ее нарушение. К сожалению, еще не разработаны правовые нормы передачи углеродного кредита из страны-произ-

*Одно из горных озер Норвегии, экологическая чистота которого полностью восстановлена благодаря устранению антропогенных загрязнителей и значительному сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов. Фото из журнала AMBIO (Стокгольм)*

водителя стране-получателю. Эти и другие меры по формированию рыночной инфраструктуры для **продажи прав на выбросы углерода** необходимо

осуществлять уже сейчас, не дожидаясь роста производства.

Мировое сообщество ученых и правительственных деятелей оценивает рост концентрации парниковых газов как важный фактор современных климатических изменений. Россия должна исходить в своей внутренней и внешней политике по этому вопросу из выгод и преимуществ, которые дают сохранившиеся в стране природные экосистемы. Они представляют огромную ценность, и эта ценность будет лишь возрастать со временем.

Вопросы эмиссии парниковых газов стран-эмитентов разрешаются на специальных конференциях в рамках программы 1992 г., принятой еще на известном “саммите” ООН по проблемам охраны окружающей среды в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Тогда была создана организация для подготовки решений и сбора информации в области изменения климата под названием “**Рамочная Конвенция**”. Ее первая Конференция состоялась в Берлине в 1995 г., вторая – в Женеве в 1996 г., третья – в Киото в 1997 г.

Конференция в Киото проходила в жарких спорах и поисках приемлемых решений для каждой страны. В результате достигнуто соглашение об уменьшении эмиссии шестнадцати парниковых газов (диоксид углерода, метан, окись азота и несколько озоноразрушающих веществ) для развитых стран на 5,2% (до 2008-12 гг.). Вопрос об углеродном кредите пока еще не решен.

Для России важно не возвратиться в ряд главных “загрязнителей” атмосферы, как это было во времена СССР.

---

## Информация

---

### Марс – история магнитного поля

Спутник “Марс Глоубэл Сервейер” обращается вокруг Марса по вытянутой эллиптической орбите, иногда снижаясь до 100-200 км над поверхностью. На такой высоте его бортовая научная аппаратура способна различать отдельные детали намагниченности пород Марса.

Первоначально были зарегистрированы пятна магнитного поля, включенные в кору Марса, как будто в ней заканчивались прямые стержневые магниты. По-видимому, они возникли в ранние сроки формирования планеты. Тогда сгустки маг-

мы внедрялись в поверхность, остывали и затвердевали в ней, оставляя свидетельства направленности магнитного поля.

После полутора лет наблюдений появилась более детальная картина, и она оказалась несколько иной. Теперь стали отчетливо видны магнитные полосы шириной до 100 км и длиной до 2000 км. Они лучше заметны в южном полушарии и размыты у границ северных равнинных областей Марса с южными горами. Вытянутые с востока на запад почти параллельные полосы чередовались магнитной направленностью, как если бы южный магнитный полюс временами менялся местами с северным.

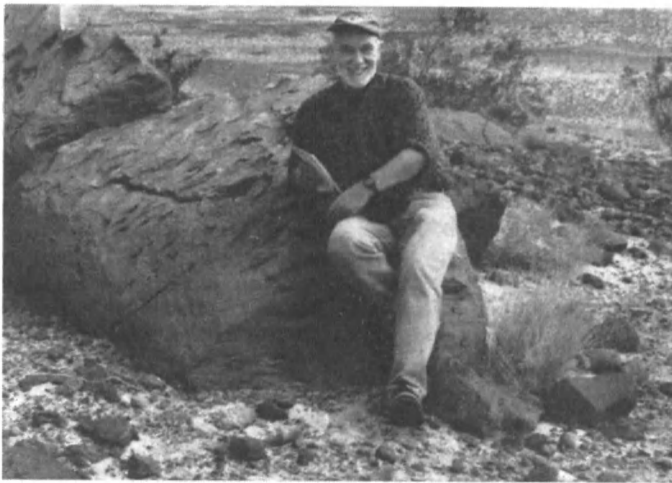
Вся картина удивительно напоминала земную. На Земле то-

же несколько раз происходили инверсии магнитного поля. Подобные магнитные полосы существуют на дне Мирового океана вблизи зон спрединга – растяжения молодой коры планеты у срединных океанических хребтов. Вот только ширина намагниченных полос на Марсе в 10 раз превышает земные аналоги. Можно предположить, что процесс спрединга шел там быстрее, а смена направленности магнитного поля случалась реже. Кроме того, на Земле этот процесс все еще активен, а на Марсе он завершился в первые 500 млн лет жизни планеты. К концу этого периода недра планеты уже остыли и не могли поддерживать работу “динамо-машины”.

Science, 1999, 284, 720, 790, 794

## Результаты экспедиции “Марс Патфайндер”

Р.О. КУЗЬМИН,  
кандидат географических наук  
Институт геохимии и аналитической химии  
им. В.И. Вернадского РАН



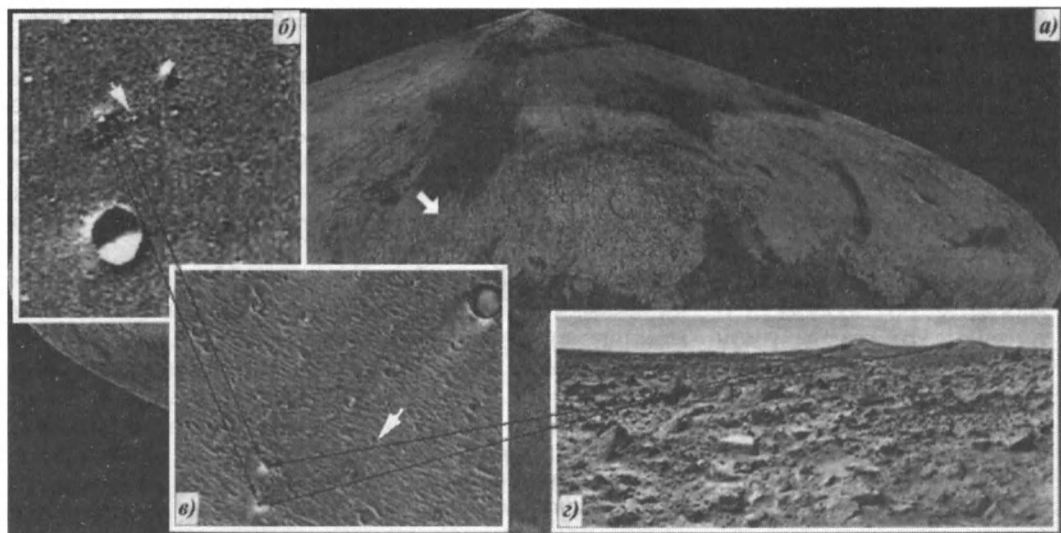
Наши читатели уже знакомы с результатами исследований атмосферы и климата Марса, выполненными американской АМС “Марс Патфайндер” (Земля и Вселенная, 1999, № 4). Данная статья посвящена изучению поверхности Марса, анализу химического состава грунта и истории геологических процессов в месте посадки станции.

### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ МАРСА

По статистике при исследовании Марса неудач было больше, чем успешных программ. Так, американские орбитальные станции “Викинг-1 и -2” (1976-82 гг.) обнаружили характерные детали поверхности планеты,

позволившие понять общие черты ее геологической истории вплоть до периода интенсивной метеоритной бомбардировки, происходившей 4,5 млрд лет назад. Данные глобальной съемки поверхности “Викингами” показали множество морфологических свидетельств существования

в прошлом планеты крупномасштабных процессов водной эрозии, озерных отложений и, возможно, береговых линий древних морских бассейнов (Земля и Вселенная, 1978, № 2). Известно, что результаты биологических экспериментов, проведенных посадочными аппаратами “Викинг” с це-



*Место посадки АМС "Марс Патфайндер" (19,13° с.ш. и 33,22° з.д.) на фотографиях Марса: а – крупномасштабное изображение; б – снимок орбитального аппарата "Викинг-1" со средним разрешением; в – снимок орбитального аппарата "Марс Глоубэл Сервейер" высокого разрешения; г – фрагмент панорамы местности вокруг "Марс Патфайндера". Белые стрелки – положение места посадки; черными стрелками указаны южная и северная вершины двухгорбого холма, видимого на снимках с орбитальных и посадочного аппаратов*

люю поиска следов жизни на Марсе, оказались отрицательными. Несмотря на это, интерес к поиску следов палеожизни или ее современных простых форм не только не угас, но и еще более усилился. Эта тема остается одной из приоритетных научных задач будущих миссий к Марсу.

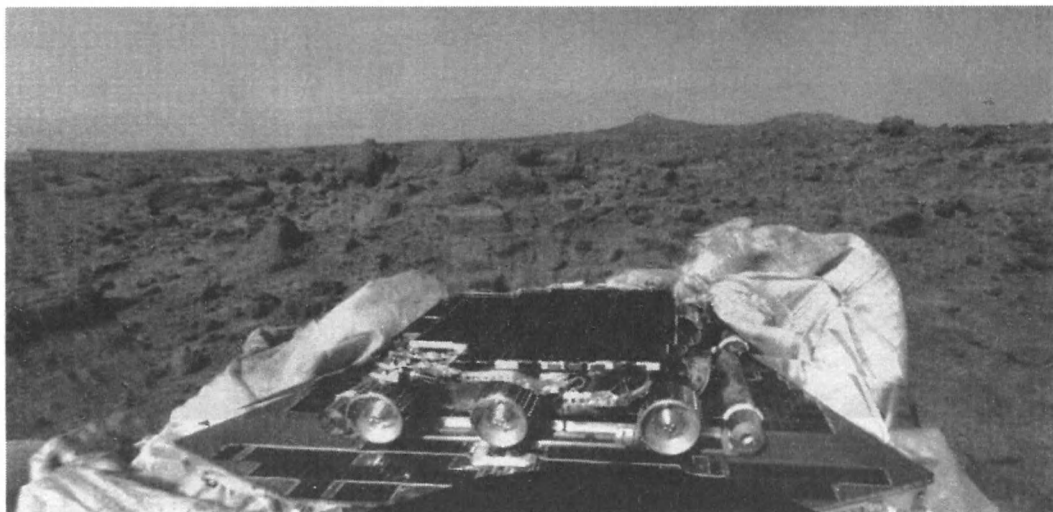
Спустя 21 год после исследований планеты АМС "Викинг-1 и -2", 4 июля 1997 г. совершил успешную посадку на Марс американский аппарат "Марс Патфайндер". В течение трех месяцев посадочный аппарат и марсоход "Соджнер" выполняли исследования поверхности и атмосферы планеты (Земля и Вселенная, 1998, № 3).

Схема посадки "Марс Патфайндер" аналогична советским АМС "Марс-2, -3 и -6". Они совершили посадки в разных районах

планеты, но, к сожалению, не реализовали запланированные научные эксперименты. Успеху "Марс Патфайндера" предшествовала полоса аварий и отказов аппаратуры стартовавших АМС. В период между полетами "Викингов" и "Марс Патфайндера" были подготовлены четыре крупнейших проекта – советский "Фобос-1 и -2" (1989 г.), американский "Марс Обсервер" (1992 г.) и российско-международный "Марс-96" (1996 г.). Но судьба станций оказалась неудачной. Лишь "Фобосу-2" удалось до выхода на орбиту вокруг Фобоса провести исследования отдельных районов Марса и его спутника с помощью инфракрасных спектрометра "ИСМ" и радиометра-спектрометра "КРФМ", сканирующего ИК-радиометра "Термоскан" и телевизионной ка-

меры. При выходе станции на орбиту вокруг Фобоса связь с ней внезапно прервалась. Примечательно, что за несколько сеансов ИК-съемки поверхности Марса прибором "Термоскан" были получены уникальные тепловые изображения некоторых районов планеты с разрешением от 300 м до





*Фрагмент самой первой панорамы марсианской поверхности, сделанной фотокамерой посадочного аппарата "Марс Патфайндер". Видны части защитной оболочки\*(в сдутом состоянии), в которой аппарат совершал спуск в атмосфере и посадку на поверхность планеты. Во фронтальной и тыльной частях ровера видны спусковые дорожки, еще не развернутые для его съезда на марсианский грунт*

1,8 км. Тепловая съемка Марса с таким разрешением до сих пор остается непревзойденной (Земля и Вселенная, 1989, №№ 5 и 6; 1996, № 4).

#### МЕСТО ПОСАДКИ

Местом посадки "Марс Патфайндера" стала одна из низменностей, расположенная на 2 км ниже условного нулевого уровня планеты (19,28° с.ш. и 33,52° з.д.). Этот район находится близко к экватору на **равнине Хриса**,

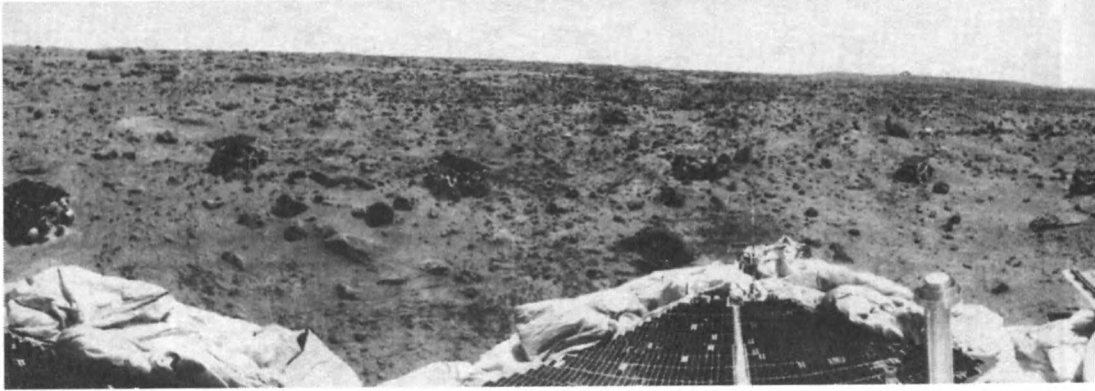
сформированной очень давно катастрофически водными потоками, в крупнейших долинах Тиу и Арес. Одной из приоритетных задач проекта было изучение химического состава грунта Марса. Место посадки поэтому выбрано исходя из геологических и морфологических особенностей поверхности.

Более миллиарда лет назад здесь происходило отложение осадков из грандиозных по масштабу и силе флювиально-гляциальных потоков из больших русел рек Тиу и Арес. Они берут начало в огромных провальных депрессиях (поперечником сотни километров) древнейших возвышенностей Марса, расположенных на юг от равнины Хриса. Вклинившись в возвышенности на глубину более 1 км, русла рек протянулись в северном направлении почти на тысячу километров. Возраст возвышенностей и слагающих

их пород оценивается в 3–4,5 млрд лет. При их размыве водными потоками из русел Тиу и Арес обломки древних пород 1-3 млрд лет назад неоднократно выносились потоками и откладывались на широких просторах равнины Хриса. Поэтому грунт насыщен обломками различного возраста и типа пород.

#### НАУЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Научная аппаратура посадочного аппарата "Марс Патфайндер" содержит стереокамеру с 24 светофильтрами для получения цветных и черно-белых панорамных изображений марсианского ландшафта, съемки атмосферы, Солнца и спутников Марса; магнитных датчиков для изучения магнитных свойств марсианской пыли; прибора измерения параметров атмосферы и метеокомплекса для мониторинга погоды в месте посадки; системы двухсторонней ра-



диосвязи и полуавтоматического малого марсохода.

Марсоход **“Содженер”** длиной 62 см, шириной 47 см и высотой 32 см, массой 10,5 кг передвигался в окрестностях посадочной станции во время проведения детальной съемки микрорельефа поверхности (формы и структуры камней), измерения химического состава грунта в районе посадки. На марсоходе функционировали альфа-протон-рентгенофлуоресцентный спектрометр APXS (измерение химического состава камней и грунта), две фотокамеры (стереосъемка поверхности в целях навигации), а также фотокамера (разрешением не хуже 1 мм) для цветной съемки и контроля точки касания сенсорной части прибора с поверхностью изучаемых камней и грунта. По изображениям отпечатков колес марсохода, глубине продавливания грунта при движении и времени налипания пыли к колесам изучали физико-механиче-

*Полная круговая панорама марсианской поверхности вокруг “Марс Патфайндера”. Волнистая поверхность с множеством камней и золотых наносов прослеживается до самого горизонта, где виден двугорбый холм и вал метеоритного кратера. Изображения “Содженера” на панораме показаны в местах, где он проводил измерения химического состава камней и грунта*

ские свойства грунта. На марсоходе крепилась панель солнечной батареи, снабжавшей “Содженер” в дневное время дополнительной энергией. Изменялась скорость сокращения ее энергетике в результате накопления на ней пыли.

#### НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ

За время работы посадочного аппарата АМС “Марс Патфайндер” (83 сут) на Землю был передан большой объем научной и технической информации (около 2,3 Гбит), включая **16661 изображение** с посадочного отсека и 550 изображений, полученных камерами марсохода. При панорамной съемке основной ка-

мерой получено шесть круговых панорам (черно-белых и цветных), а также объемные изображения окружающего пейзажа. Разрешение снимков иногда достигало 1 мм. Марсоход прошел 104 м (удаляясь от посадочного отсека до 12 м), исследовал около 200 м<sup>2</sup> поверхности, сделал **16 химических анализов камней и грунта**. Метеорологическим комплексом посадочного аппарата проводилось измерение температуры и давления. На мачте метеорологического комплекса на разной высоте размещались три измерителя скорости и направления ветра. Выполнено 8,5 млн измерений **погодных параметров** в летний период в северном полушарии плане-



ты (Земля и Вселенная, 1999, № 4).

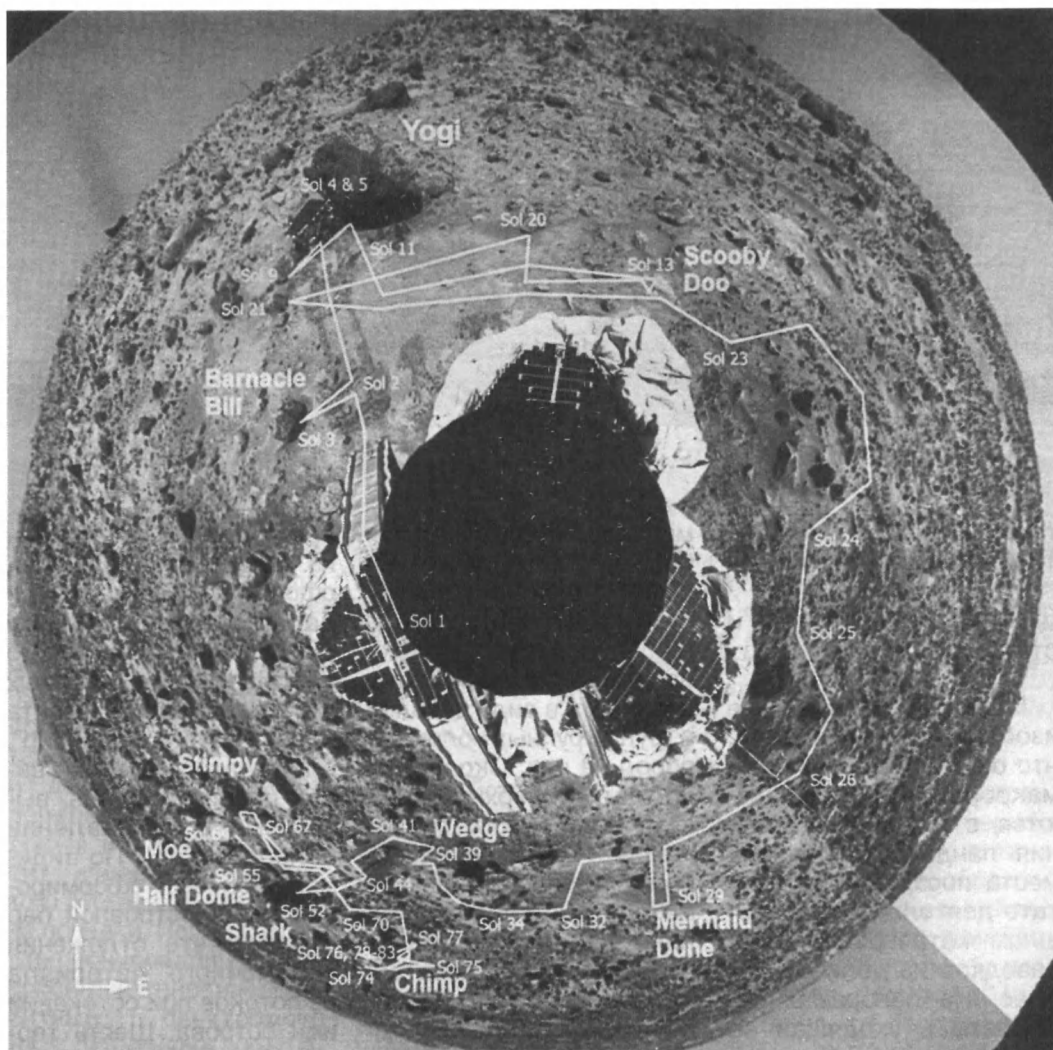
#### МАРСИАНСКИЙ ЛАНДШАФТ И СТРУКТУРА ГРУНТА

Первые панорамные изображения показали, что особенности микро- и макрорельефа согласуются с идеей образования ландшафтов района места посадки в результате деятельности в прошлом катастрофических паводков из долин Тиу и Арес. На панорамах открывалась уходящая за горизонт **каменистая равнина**. Стереоиизображения позволили рассмотреть рельеф равнины — она представляла собой систему невысоких гряд и желобовидных понижений размером 15-25 м и с амплитудой рельефа до 5 м. Считается, что такой рельеф сформировался в стадии затухания активности водно-гляциальных потоков. После отложения обломочного материала дренирование поверхности некоторое вре-

мя еще продолжалось. Оно сопровождалось выносом водой тонкозернистого материала, более грубая каменно-грунтовая масса осталась на поверхности в виде навалов и групп крупных обломков пород на них. Около 16% площади поверхности вокруг посадочного отсека покрыта камнями размером от 1 см до нескольких метров. Каменная равнина напоминала ландшафт конуса выноса отложений катастрофических потоков на Колумбийском плато (шт. Вашингтон, США), где 16–12 тыс. лет назад происходил **катастрофический сток воды** из-за эпизодических прорывов ледникового озера Мизула.

Вдали на снимках (в 1 км юго-западнее посадочного аппарата) виден двухвершинный холм с элементами террас на склонах. Южная и северная вершины холма высотой 38 и 28 м вытянуты в направлении древних потоков долины Тиу. Холм

представляет собой один из небольших островов, сформированных внутри дельтовой зоны долины Тиу. На снимках высокого разрешения, полученных с орбитального аппарата “Марс Глоубэл Сервейер”, в кильватере острова виден пологий гребень, вытянутый в направлении палеопотоков. По-видимому, он был сформирован как заостровой бар в результате отложения обломочного материала из потоков при обтекании ими острова. Шесть террасовых уровней, просматриваемых на склонах холма, служат морфологическими индикаторами возможной глубины обтекавших его потоков. Судя по уровню самой высокой террасы, глубина потоков в районе посадки “Марс Патфайндера” могла достигать 30 м. Профиль более крупного острова-останца, высотой свыше 100 м, виден далеко за горизонтом (на расстоянии 30 км), в южном секторе панорам.



Место посадки "Марс Патфайндера" (в центре) в азимутально-высотной проекции. Белая линия показывает траверс "Содженера", а цифры около линии – дни съемки. "Содженер" находится около наиболее крупного камня Йоги (1 × 2 м) в момент измерения его химического состава. Собственные названия камней даны в английской транскрипции

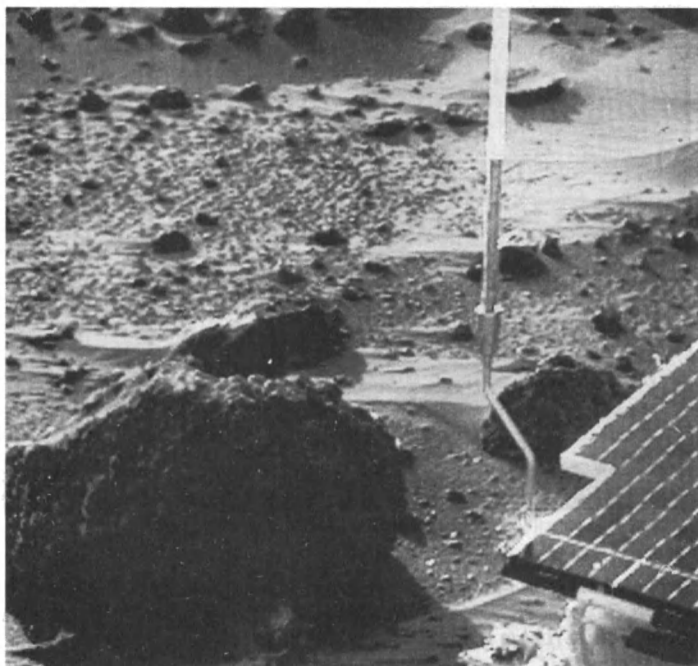
Примерно в 6 м на юго-запад от посадочного аппарата расположена одна из каменистых гряд, названная "Садом камней". Многие камни наклонены в направлении движения палеопотоков из долины Арес. Вокруг

"Марс Патфайндера" обнаружены камни двух морфологических типов. Первый – представлен наиболее крупными обломками пород (более 0,5 м) светлого цвета с формой от плитчатых до полуовальных. Это, вероят-

но, обломочный материал, вынесенный сюда палеопотоками. Ко второму типу относятся угловатые темного цвета мелкие обломки размером менее 0,3 м.

Часть мелких обломков может представлять

*Детальное изображение грунта в месте спуска "Содженера" с посадочного аппарата, показывающее фактуру дефляционной поверхности. Золотые шлейфы-хвосты в подветренной зоне камней, микробороздки и участки с выдутым грунтом, бронированные остаточным гравием. Слева внизу – первый исследованный камень Барнакл Билл*

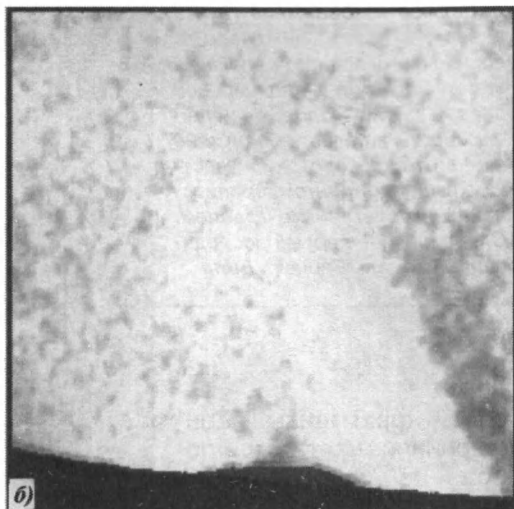
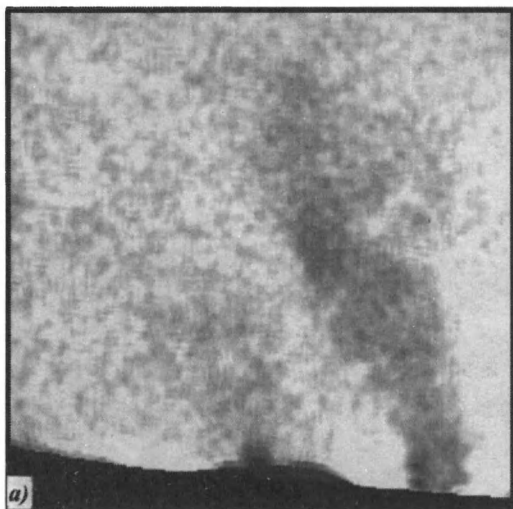


собой фрагменты периферийной части **выбросов из метеоритного кратера "Большой кратер"**, расположенного примерно в 2 км на юго-восток от "Марс Патфайндера". Профиль вала кратера диаметром около 1,5 км и высотой более 50 м заметен в юго-восточном секторе панорамы. Он образовался после катастрофических потоков, и в момент формирования часть его выбросов могла достичь окрестностей "Марс Патфайндера". Некоторые из крупных камней вокруг посадочного аппарата лежат на ребре или на очень малой части своего основания. Такое расположение крупных обломков характерно как для отложений бурных водных потоков, так и встречается в подвергнутом сильному ветровому выдуванию (**дефляции**) поверхностном слое грунта. За счет выноса ветром тонкозернистого материала ранее утопленные в грунте камни обнажились.

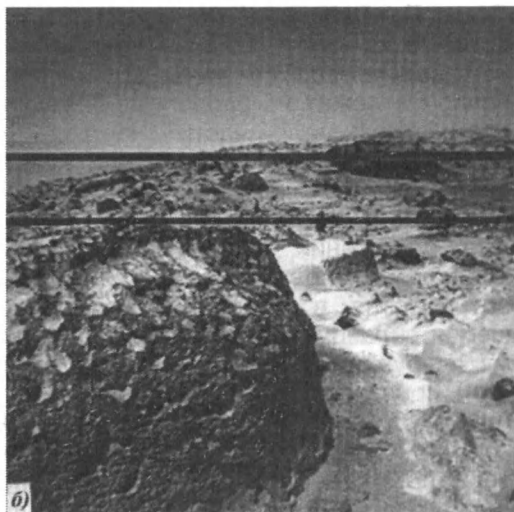
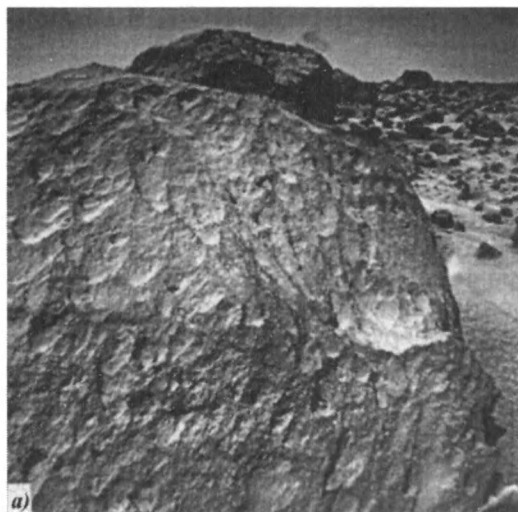
В пользу современного процесса дефляции свидетельствуют следы активной **золотой перера-**

**ботки пород.** АМС "Марс Патфайндер" находится в одном из дефляционных понижений, где тонкозернистый материал был развеян ветром, а грубозернистый материал в виде слоя гравия остался на поверхности. Многочисленные хвосты-шлейфы, наблюдаемые в ветровой тени как мелких обломков (1-5 см), так и крупных камней (20-50 см), сформировались под действием современных ветров. Они ориентированы в направлении доминирующих ветров, дующих с северо-востока на юго-запад на равнине Хриса. По-видимому, в пределах района посадки "Марс Патфайндера" происходит направленное перемещение золотого материала, в ходе которого его локальные аккумуляции сменяются дефляци-

ей. Формы золотой аккумуляции представляют собой линейные мини-дюны длиной в десятки метров при высоте десятки сантиметров и барханы поперечником в несколько метров. Подтверждением существования дефляции на поверхности Марса служат результаты наблюдений, выполненных метеокомплексом посадочного аппарата. В полдень метеодатчики неоднократно фиксировали резкое краткосрочное понижение атмосферного давления при резком усилении ветра и смене его направления, вызванные прохождением ветровых смерчей. Во время одного из них регистрировалось понижение энергии солнечных батарей АМС. Такой эффект мог возникнуть при временном увеличении кон-

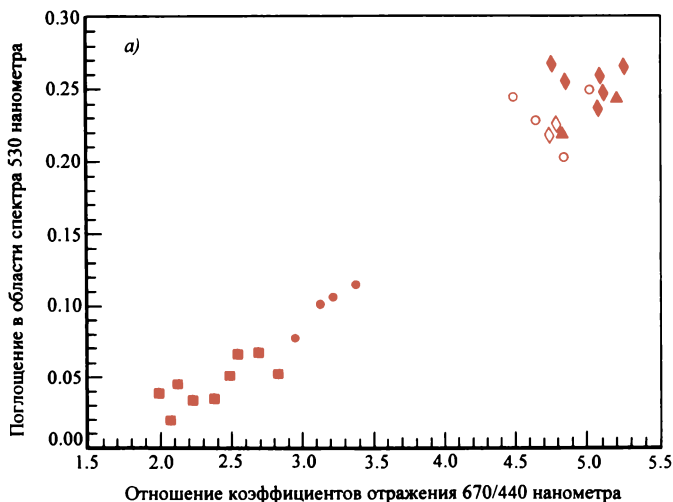


*Пылевые смерчи ("пылевые дьяволы"), увиденные на панораме после специальной обработки изображений. Заметное смещение "пылевых дьяволов" произошло за время между моментами съемки через разные фильтры (а и б)*

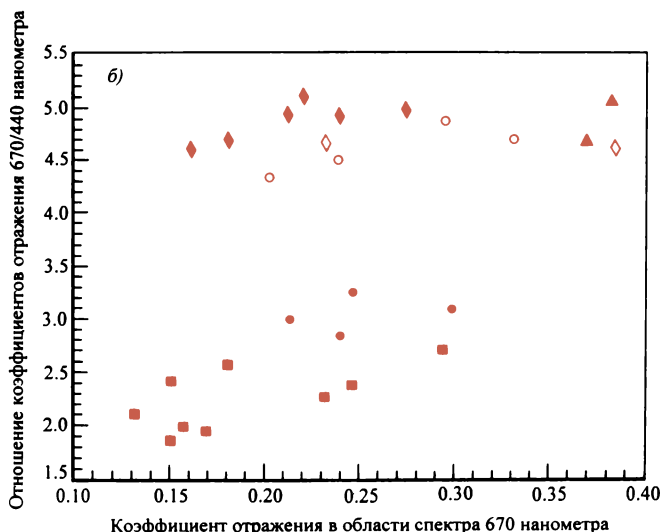


*Примеры ветровой абразии в виде скоплений выемок, желобков и бороздок на поверхности камней (марсианские вентифакты). Слева – камень Мое (а), справа – Сtimi (б). Черные параллельные линии на правом снимке – дефекты изображения*

График корреляции спектральных свойств в видимом диапазоне спектра (а) и соотношение отражательной способности и цвета (б) для наблюдаемых четырех спектральных типов пород, светлокрасного (светлые кружочки) и коричневого грунтов (светлые ромбики). Заметны два тренда – основной составляет породы серого (черные квадраты), красного и розового цветов (черные кружочки и треугольники), а вторичный представлен породой темно-бордового цвета (черные ромбики) и коричневым грунтом



центрации пыли в атмосфере и поглощению ею части солнечного излучения. Резкие скачки давления связаны с пылевыми смерчами, обычно называемыми “пылевыми дьяволами”. Это подтвердили специально обработанные снимки. Изображение, полученное через синий фильтр, вычли из изображения, полученного через красный фильтр, это усилило видимость участков повышенной концентрации пыли в атмосфере. Ученые Института пустынь (шт. Невада, США), обработавшие снимки, обнаружили пять “пылевых дьяволов”. Ширина смерчей менялась от 14 до 79 м при высоте от 49 до 350 м, и они перемещались со скоростью 0,5–4,6 м/с. Оценки показывают, что пылевые смерчи диаметром 10 м могут захватывать до  $5 \times 10^{-4}$  кг/м<sup>3</sup>. Так что, в периоды наибольшей активности пылевые смерчи, по-видимому, вносят существенный вклад в золотую переработку марсианской поверхности.



При изучении морфологии камней обнаружены следы ветровой абразии – системы бороздок и вытянутых выемок, а также ямки размером 1–2 см. Такие формы ветровой абразии камней называются **вентифактами** (или ветрогранниками). Как правило, ветер точит камни при комбинации высокоскоростного ветрового потока с большим

количеством песчаных частиц, создающей пескоструйный эффект. На Земле такие формы служат морфологическими индикаторами древних ветров, а также возникающих в современных пустынях с интенсивным переносом песка. Детальный анализ морфологических свидетельств ветровой абразии в месте посадки “Марс Патфайнде-

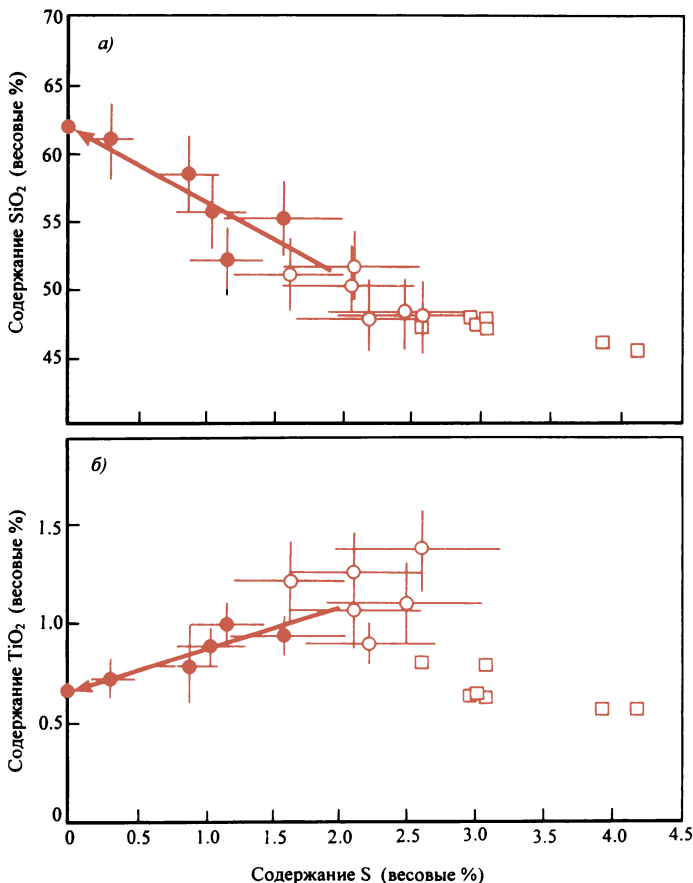


График соотношения окислов кремния (а) и титана (б) с содержанием серы для грунтов вокруг посадочного аппарата и пород, свободных от серы. Иллюстрирует экстраполяцию линии регрессии до нулевого содержания серы в породах, оценивая состав свободных от серы пород. Значки на графике: черный кружок на осях ординат – содержание двуокси кремния и титана в породах свободных от серы; черные и пустые кружочки на графиках относятся к породам и грунтам соответственно вокруг места посадки аппарата “Марс Патфайндера”, квадратами показаны содержания, нормированные к грунтам в месте посадки аппаратов “Викингов”

ра” показал, что ориентировка марсианских вентиляторов существенно отличается (почти на 90°) от направления современных доминирующих северо-восточных ветров. Скорее всего, исследованные камни были подвержены процессам абразии в иных условиях. Отсутствие следов ветровой абразии на сторонах камней, открытых воздействию наиболее сильных современных ветров, свидетельствует о недостатке интенсивности ветра и количества песка, чтобы вызвать абразию камней. Марсианские вен-

тифакты, вероятно, представляют собой следы воздействия более мощных древних ветров уже после окончания катастрофических потоков. После затухания водно-гляциальных процессов на равнине Хриса и иссушения поверхностный материал был более обогащен песчаной фракцией, чем в последующий период истории этого района Марса.

На снимках, полученных АМС “Марс Глоубэл Сервейер”, с разрешением до 5 м также обнаружены морфологические свидетельства существо-

вания в прошлом иного ветрового режима. У многочисленных ударных кратеров диаметром 60-300 м, образовавшихся уже после катастрофических потоков, северо-западная часть вала модифицирована ветровой эрозией и аккумуляцией. Кроме того, дно “Большого кратера” покрыто дюнным полем с такой же ориентировкой дюн, как и у вентиляторов и кратерных валов. Следы модификации метеоритных кратеров древними ветрами часто наблюдаются и в других районах, что и свидетельствует об изменении ветрового режима за последний миллиард лет.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАМНЕЙ И ГРУНТА

Спектральная съемка (в диапазоне 0,4-1 мкм) позволила выявить цветное разнообразие грунта. Наиболее распростра-



ненными оказались светлый грунт (красный и тонкозернистый материал золотых наносов), темный (серого цвета грубозернистый материал) и более темный грунт, вскрытый колесами "Содженера". **Элементный состав** марсианского грунта, измеренный прибором APXS в нескольких точках, близок по составу с грунтом в местах посадки "Викингов". Небольшое различие отмечено лишь в содержании серы и титана. Обнаруженное сходство позволяет сделать вывод: разница в цвете может быть обусловлена отличием минеральных фаз железа, либо размерами и формой частиц. Считается, что грунт представляет собой сложные смеси из продуктов выветривания марсианских пород.

Фотокамера "Марс Патфайндера" периодически снимала магнитные датчики, улавливающие **намагниченные частицы пыли** из атмосферы (цвет пыли – от светлого до коричневого). Результаты измерений показали присутствие маггемитов (окислы железа  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Окислы железа могли образоваться из-за осаждения ионов  $\text{Fe}^{3+}$ , возникших в водной среде при окислении ионов  $\text{Fe}^{2+}$ . Формированию маггемита сначала предшествовала процесс растворения железа в водных растворах. Если так и происходило, то в прошлом планеты существовал активный гидрологический цикл. Однако

не исключено, что магнитные частицы атмосферной пыли представляют собой лишь титаномагнетиты (или титаномаггемиты), встречаемые в палагонитах – продуктах гидратации вулканического стекла.

Камни, лежащие вокруг "Марс Патфайндера", можно подразделить на **четыре спектральных типа**: серые, красные, розовые и темно-бордовые. Серый и красный цвет поверхности присущ серым камням на их наветренных сторонах, а красный цвет – на подветренных сторонах. Розовые обломки утоплены в грунт и представляют собой уплотненные камневидные массивы или сцементированные корки грунта на поверхности камней. Самые крупные – обломки округлой формы имеют темно-бордовый цвет. По характеру корреляции спектральных параметров (в видимом диапазоне спектра) выявленные типы марсианских камней образуют два различных **спектральных тренда** (тенденции к какому-либо диапазону). К основному тренду относятся обломки серого, красного и розового цветов совместно со светлым и красным материалом золотых наносов. Комбинация темно-бордовых камней с коричневым грунтом, светлыми и красными золотыми наносомами составляет второй спектральный тренд. Не исключено, что спектральная неоднородность первого спектрального тренда объясня-

ется присутствием на темных камнях тонких (несколько десятков микрон) железистых налетов красной золотой пыли. В случае второго тренда – налет толще (более 50 мкм). Если минералогия железа в первом спектральном тренде не может быть точно определена, то второй тренд может содержать железогидраты и маггемит. Особенности формирования этих минералов требуют участия жидкой фазы воды. Такие условия могли возникнуть не только в случаях катастрофических потоков, но и при взрывах метеоритных кратеров в льдонасыщенных геологических отложениях и при фреатических (в контакте с водой) вулканических извержениях и гидротермальных процессах.

Уже первые измерения химического состава камней произвели сенсацию. Вопреки распространенному предположению о базальтовом составе марсианских пород, результаты исследований указывали на более **кислые породы андезитового состава** (с более высоким содержанием кремнезема), существенно отличающиеся от бедных кремнеземом земных изверженных пород и марсианских метеоритов, найденных в Антарктиде. Камни содержат основные породообразующие минералы, наиболее близкие земным андезитам анорогенного происхождения (не связанного с тектоническими деформациями коры, характер-

ными для зон субдукции). В земных условиях такие породы формируются в результате кристаллизации базальтовой магмы, образованной при плавлении первичного мантийного вещества. Андезитовый состав марсианских камней напоминает средний состав коры Зем-

ли. Не исключено, что исследованные обломки пород в этом районе Марса представляют собой образцы древней коры. Это имеет принципиальное значение при выборе мест посадок для будущих миссий к Марсу, предназначенных для возврата образцов марсианского грунта на Землю.

Программой полета АМС "Марс Сервейер" (запуск намечен на 2001 г.) планируется провести детальное минералогическое картирование поверхности Марса с разрешением в первые сотни метров на элемент изображения.

## Информация

### Кольца вокруг звезд

С помощью Космического Телескопа им. Хаббла получено инфракрасное изображение пылевого кольца вокруг звезды HR 4796A. Новые данные могут значительно изменить представление о формирующейся планетной системе как о тонком вращающемся диске

космического мусора. На стадии появления планет, подобных Плутону, диск превращается в узкое четкое кольцо.

Компьютерное моделирование подтвердило предположение, что планеты вырастают в процессе слипания планетезималей, которые образуются в тонкой дисковидной газопылевой туманности, обращенной вокруг молодой звезды. Но при достижении растущими планетами размера Плутона пыль собирается в четкое компактное кольцо вместо

диффузного уплощенного диска. Внутренняя граница кольца – разделительная линия между свежесформированными внутренними планетами, и планетами, находящимися на этапе "строительства". Предполагается, что пояс Койпера, составленный из небольших тел за орбитой Нептуна, – остаток такого же кольца из "строительного материала" для планет.

The Planetary Report, 2000,  
XX, 1,



Слева – инфракрасное изображение пылевого кольца вокруг звезды HR 4796A, полученное с помощью Космического Телескопа им. Хаббла. В центре – результат компьютерной обработки того же изображения: пылевой круг превратился в четкое кольцо с диаметром, почти вдвое превышающим размер орбиты Плутона. Справа – компьютерная модель Солнечной системы на той же стадии эволюции

Поздравляем юбиляра

## Виктор Кузьмич Абалакин

(к 70-летию со дня рождения)

Доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, лауреат Государственной премии СССР Виктор Кузьмич Абалакин – один из виднейших специалистов по эфемеридной и теоретической астрономии, небесной механике, звездной динамике, истории астрономии.

В.К. Абалакин родился 27 августа 1930 г. в Одессе в семье инженера-металлографа. Юношеская увлеченность наукой о небе привела его в 1948 г. на физико-математический факультет Одесского государственного университета (ОГУ) им. И.И. Мечникова, который он окончил с отличием в 1953 г. по специальности “астрономия”. Затем началась трудовая деятельность В.К. Абалакина младшим научным сотрудником отдела эволюции Земли Геофизического института АН СССР в Москве под руководством академика О.Ю. Шмидта. В 1955 г. распоряжением Президиума АН СССР Виктор Кузьмич был переведен в Ленинградский Институт теоретической астрономии (ИТА) АН СССР, где на протяжении двух лет работал в отделе Астрономического ежегодника под руководством известного астронома лауреата Государственной премии СССР Д.К. Куликова. Именно в этот период Виктор Кузьмич получил первый крупный научный результат в области небесной механики. Проведенное им исследование устойчивости движения в окрестности точек либрации вращающегося трехосного эллипсоида стало теоретическим обоснованием для запуска геостационарных



спутников, которые широко используются в настоящее время для обеспечения дальней связи, а также в целях обороны страны.

В 1957 г. Виктор Кузьмич поступил в аспирантуру ОГУ, где под руководством члена-корреспондента АН УССР В.П. Цесевича, внесшего фундаментальный вклад в изучение переменных звезд, получил важные результаты в области звездной динамики. Выполненное Виктором Кузьмичем доказательство существования периодических ор-

бит типа “розеток”, по которым движутся звезды в самосогласованных гравитационных полях эллипсоидальных звездных скоплений, легло в основу его кандидатской диссертации. Она была успешно защищена в Ленинградском (ныне – Санкт-Петербургском) государственном университете в 1961 г.

Окончив аспирантуру в 1960 г., Виктор Кузьмич в течение пяти лет работал в ОГУ сначала в должности научного сотрудника астрономической обсерватории, а затем доцента ОГУ. В 1963 г. ему было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. Осенью 1964 г. по приглашению директора ИТА В.К. Абалакин принял участие в конкурсе на замещение вакантной должности заведующего отделом Астрономического ежегодника СССР и после избрания бесценно руководил работой отдела на протяжении почти 30 лет. Именно в этот период сформировались и ярко проявились качества Виктора Кузьмича как крупного ученого и организатора.

Как известно, к числу проблем, решаемых эфемеридной астрономией, относятся: разработка теоретических основ определения координатных систем, вычисление точных значений фундаментальных и астрономических постоянных, составление астрономических ежегодников, таблиц, а также их компьютерных версий. С 1957 г., когда был осуществлен запуск первого ИСЗ, задачи эфемеридной астрономии пополнились вычислением эфемерид для наблюдений ИСЗ, космических аппаратов и естественных тел Солнечной системы, как оптическими, так и радиотехническими и лазерными средствами. Это нужно для проведения сеансов радиолокации планет и светолокации Луны, для реализации программ космических исследований с помощью космических аппаратов.

Виктор Кузьмич внес большой вклад в разработку перечисленных проблем, в создание соответствующего математического аппарата и программного обеспечения. Под его руководством и при непосредственном участии были выполнены многочисленные работы в интересах обороны страны. В 1978 г. Виктор Кузьмич успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук. Бла-

годаря его работам эфемеридная астрономия получила окончательное оформление как самостоятельная область науки. Он – соавтор цикла работ по созданию единой релятивистской теории движения внутренних планет Солнечной системы, удостоенной Государственной премии СССР в области науки и техники 1982 г.

Осенью 1983 г. постановлением Президиума АН СССР Виктор Кузьмич Абалакин был назначен директором Главной астрономической обсерватории (ГАО) и с тех пор бесценно руководил ею на протяжении 17 лет. Он возглавлял, кроме того, Ученый и Диссертационный советы Обсерватории, а также Объединенный астрометрический семинар.

В декабре 1987 г. на Общем собрании АН СССР Виктор Кузьмич был избран членом-корреспондентом АН СССР (через четыре года АН СССР реорганизована в РАН).

Несмотря на большую занятость на посту директора ГАО, Виктор Кузьмич до 1994 г. на общественных началах руководил в ИТА работой отдела Астрономического ежегодника СССР и как член Ученого совета Института и ответственный редактор “Астрономического ежегодника” принимал активное участие в деятельности ИТА. Виктор Кузьмич, невзирая на трудности, обусловленные хроническим недофинансированием науки в последние годы, не только сохранил научный потенциал и традиционные для Обсерватории направления научных исследований, но и расширил их число. В настоящее время Пулковская обсерватория по охвату приоритетных направлений астрономии является уникальным научным учреждением России. Астрономы обсерватории активно работают как на пулковских инструментах, так и, выполняя “гостевые” программы, на крупнейших отечественных и зарубежных телескопах. В ГАО разрабатываются четыре крупных космических проекта. Указом Президента Российской Федерации Пулковская обсерватория три года назад включена в “Государственный свод особо ценных объектов культурного наследия народов Российской Федерации”.

Виктор Кузьмич Абалакин – автор более 150 публикаций, в том числе шести мо-

нографий, две из которых изданы за рубежом на английском языке. Среди монографий на русском языке наиболее важными являются "Основы эфемеридной астрономии" (1979) и коллективные монографии "Справочное руководство по небесной механике и астродинамике" (издания 1971 г. и 1976 г.), "Геодезия, геодезическая астрономия и астрометрия" (1997).

Виктор Кузьмич свободно владеет английским, немецким, французским и польским языками. Благодаря высокой профессиональной эрудиции, знанию языков, открытости характера и редкой способности устанавливать контакты с самыми разными людьми Виктор Кузьмич внес большой вклад в развитие международного научного сотрудничества астрономических учреждений. Только тех организаций, которые заключили с Пулковской обсерваторией официальные договоры о научном и научно-техническом сотрудничестве, насчитывается более трех десятков. С 1967 г. Виктор Кузьмич Абалакин – член Международного астрономического союза (МАС), а с 1974 г. – член международного общества "Astronomische Gesellschaft". В 1973 г. он избран вице-президентом комиссии № 4 "Эфемериды" МАС, а в 1976 г. – президентом этой комиссии. В настоящее время он является членом ряда комиссий и рабочих групп МАС и Европейского астрономического союза. Виктора Кузьмича хорошо знают все ведущие зарубежные астрономы. Он – один из наиболее часто цитируемых авторов.

В.К. Абалакин известен своими переводами на русский язык монографий Д. Брауэра и Дж. Клеменса "Методы небесной механики" (1964), Л. Лихтенштейна "Фигуры равновесия вращающейся жидкости" (1965) и третьего тома книги А. Пуанкаре "Новые методы небесной механики" (1972), а также переводом с русского на немецкий язык монографии Г.Ф. Хильми "Качественные методы задачи N тел в небесной механике и космогонии" (1961).

Наряду с научной и научно-организационной деятельностью Виктор Кузьмич постоянно и активно занимается научно-просветительной работой. Еще в студенческие годы он вступил во Всесоюзное астрономо-геодезическое общество, а впоследствии длительное время возглавлял астрономическую секцию этого общества. С 1975 г. он был председателем Дзержинской районной организации общества "Знание" Ленинграда. Являясь автором ряда статей в Большой Советской Энциклопедии, он дал краткое научное определение и объяснение основных астрономических понятий и терминов.

С 1989 г. Виктор Кузьмич – главный редактор научно-популярного журнала Президиума РАН "Земля и Вселенная".

В.К. Абалакин – член Российского национального общества истории и философии естествознания и техники, член редколлегии "Астрономического журнала" и сборника "Историко-астрономические исследования". В честь Виктора Кузьмича названа малая планета № 2722.

Благодаря исключительной доброжелательности и вниманию к людям, трепетному отношению не только к текущим проблемам астрономии, но и к ее истории, к отечественному астрономическому наследию вообще Виктор Кузьмич пользуется большим авторитетом и глубоким уважением у всех, кто с ним работает. Виктор Кузьмич являет собой пример удивительно доброго человека с необычайно большим кругом интересов. Это остроумный человек, ему свойственны редкое обаяние, неиссякаемый оптимизм, жизнелюбие.

**Свой юбилей Виктор Кузьмич Абалакин встречает в расцвете творческих сил и таланта. Сотрудники Пулковской обсерватории, редколлегия, редакция и авторский коллектив журнала "Земля и Вселенная" желают юбиляру крепкого здоровья и творческого долголетия на благо отечественной и мировой астрономической науки.**

## Поздравляем юбиляра

# Владимир Васильевич Белецкий

(к 70-летию со дня рождения)

2 мая 2000 г. исполнилось 70 лет **Владимиру Васильевичу Белецкому**, члену-корреспонденту РАН, действительному члену Международной академии астронавтики, главному научному сотруднику Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, профессору механико-математического

факультета МГУ. В.В. Белецкий – автор новых направлений развития механики, изложенных в монографиях “Движение спутника относительно центра масс”, “Очерки о движении космических тел”, “Двуногая ходьба – модельные задачи динамики и управления” и других книгах, переведенных на несколько языков. Его исследования отмечены премиями им. А. фон Гумбольдта (Германия) и им. Ф.А. Цандера (Россия). Многие ученики В.В. Белецкого успешно защитили кандидатские и докторские диссертации.

Специалисты очень высоко ценят научные достижения Владимира Васильевича. Уже первые исследования, выполненные В.В. Белецким, приобрели известность и признание. Например, 14 сентября 1956 г. академик М.В. Келдыш в докладе (в то время – секретном) на заседании президиума Академии наук СССР, рассказывая об устойчивости относительного равновесия спутника на орбите, заметил: “Эта интереснейшая задача механики твердого тела была решена совсем еще молодым сотрудником В.В. Белецким в Отделении прикладной математики” (М.В. Келдыш. Избранные труды. Ракетная техника и космонавтика. М.: Наука, 1988, с. 238–239). Вспоминается хорошая рецензия академиков В.И. Арнольда и Я.Б. Зельдовича на монографию “Очерки о движении космических тел”, опубликованная в журнале “Природа”



(1973, № 10). Отклик на эту книгу был и в журнале “Земля и Вселенная” (1973, № 2).

Когда я вспоминаю, что на свете есть В.В. Белецкий, мне становится немного легче жить. Много лет назад я прочитал “Очерки...” и подумал, что их автор вряд ли окажется скучным человеком. Но действительность превзошла мои самые смелые ожидания.

Личное знакомство с Владимиром Васильевичем приводит к мысли: это человек не нашего века. Может быть, он прибыл на машине времени из эпохи Возрождения? В нем живет юношеский идеал ученого, для которого наука не скучная профессия, а призвание; который занимается наукой не потому, что может ею заниматься, а потому, что не может ею не заниматься.

При этом удовольствие от научной деятельности органически сочетается у Владимира Васильевича с удовольствием от жизни вообще, во всех ее проявлениях: литература, живопись, природа... Кто видел, как искренне Владимир Васильевич радуется красивым математическим результатам или интересным женщинам, прекрасной лужайке в лесу или вкусной еде, тот, наверное, стал понимать в жизни чуть больше. А блестящее чувство юмора (увы, не частый гость в высоконаучной среде...), а доброта и отзывчивость, искреннее стремление помочь людям, часто, в сущности, малознакомым! Я испытал это на себе и знаю, что помощь другим доставляет Владимиру Васильевичу истинную радость. Делать добро для него не скучная обязанность, а органическая потребность.

Мне трудно даже представить, что у Владимира Васильевича могут быть

враги. Обычная реакция для него – радостное восхищение. Сидевшая рядом со мной на банкете в Лодзи ученая дама из Турции после двух часов знакомства с Белецким закатывала глаза: “Такой человек! Такой человек!” Профессор Карл Попп, когда я сообщил ему в Ганновере о приближающемся юбилее Владимира Васильевича, сразу же сказал: “Нам бы хотелось принять какое-то участие в юбилее такого человека”.

Впечатление о творчестве В.В. Белецкого, пожалуй, можно выразить строками И. Губермана:

*“Все лучшее, что делается нами весенней созидательной порой,*

*Творится не тяжелыми трудами, а легкою искрящейся игрой”.*

Известный биолог Н.В. Тимофеев-Ресовский говорил: “Если наука делается со звериной серьезностью, то кому нужна такая наука?” Сейчас широко обсуждается (действительно важный) вопрос: как популяризировать науку? Как привлечь молодежь в науку? Я предлагаю свой рецепт решения этой проблемы. Нужно водить молодых людей на доклады Владимира Васильевича, а потом – на застолье с ним. И многие подумают: “Да, денег тут не заработаешь, но как же это интересно!” И если молодым людям наука кажется неинтересной – значит, в ней мало Белецких.

Хочется пожелать Владимиру Васильевичу такого же оптимизма и задора в науке и жизни, как и прежде, и чтобы у него появились молодые конкуренты. Таких людей Бог посылает, чтобы мы помнили – жизнь прекрасна!

*И.В. АНДРИАНОВ,  
доктор физико-математических наук*

## Михаил Клавдиевич Тихонравов

(к 100-летию со дня рождения)

В начале XX в. у истоков космонавтики стояли немногие энтузиасты, внесшие вклад в зарождение и становление современной ракетной техники. Все они по праву считаются пионерами ракетно-космической техники. Одному из них, Герою Социалистического Труда, заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, доктору технических наук,

профессору, члену-корреспонденту Международной академии астронавтики **Михаилу Клавдиевичу Тихонравову** исполнилось бы в этом году 100 лет.

М.К. Тихонравов родился 29 июля 1900 г. в г. Владимире, в семье юриста. Детские и юношеские годы прошли в Петрограде. В 1919 г. семья переехала в Переславль-Залесский, где Михаил Клавдиевич добровольно вступил в Красную Армию. В это время его особенно интересует все, что связано с авиацией. В 1920 г. он поступает в только что образованный Н.Е. Жуковским Институт инженеров Красного Воздушного Флота (ныне Военно-воздушная инженерная академия им. Н.Е. Жуковского).

В 1925 г. после окончания Академии Михаил Клавдиевич служил в 1-й легкомобильной эскадрилье, а через год его откомандировали в авиационную промышленность. Он увлекся созданием планеров, один из них – “АВФ-22” (“Змей Горыныч”) – в 1925 г. заслужил восторженные отзывы на шестых Ронских международных соревнованиях в Германии. В конце 20-х гг. он некоторое время работал у известного авиаконструктора Н.Н. Поликарпова, участвовал в создании самолета По-2. В 1930 г. М.К. Тихонравова переводят в ЦКБ им. В.П. Менжинского, где он возглавил авиадвигательную группу.

Будучи членом секции планеризма при ОСОАВИАХИМ СССР (Общество содействия оборонному, авиационному и химическому строительству), Михаил



*М.К. Тихонравов (1900–1974 гг.)*



Клавдиевич познакомился с еще одним любителем планеров – С.П. Королёвым, он предложил М.К. Тихонравову возглавить бригаду инженеров-конструкторов по разработке проблем жидкостных баллистических ракет в создаваемой в Москве организации исследования. В 1931 г. Ф.А. Цандер и С.П. Королёв создали при центральном совете ОСОАВИАХИМ Группу изучения реактивного движения (ГИРД). В нее вошли четыре бригады: первую возглавил Ф.А. Цандер (жидкостные ракетные двигатели), вторую – М.К. Тихонравов (жидкостные баллистические ракеты), третью – Ю.А. Победоносцев (ПВРД) и четвертую – С.П. Королёв (ракетопланы и крылатые ракеты).

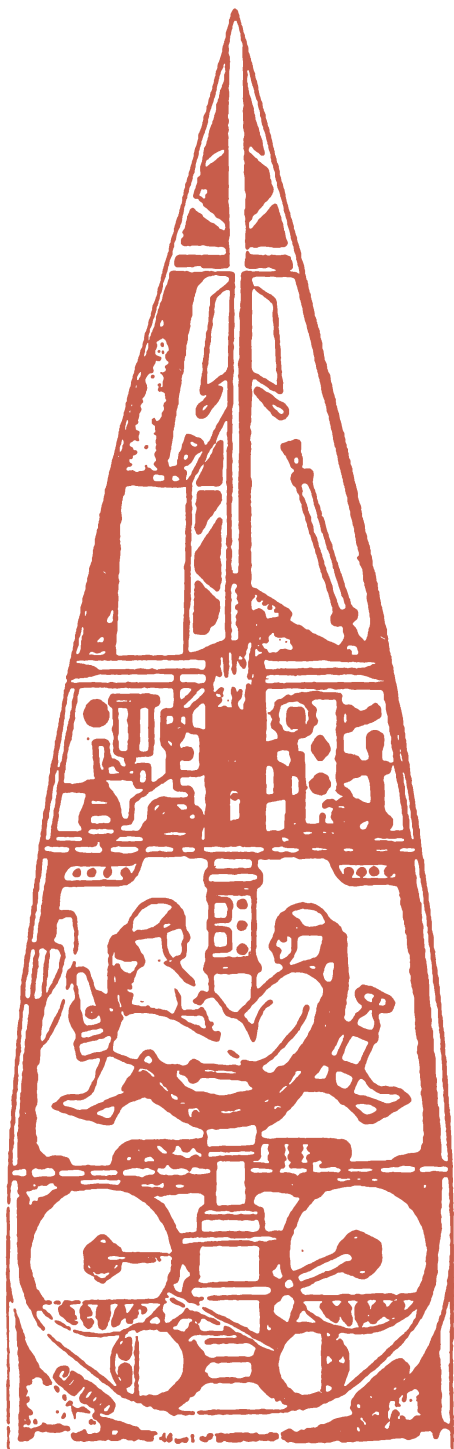
Михаилу Клавдиевичу удалось успешно организовать в своей бригаде работы по созданию жидкостных ракет. В 1933 г. в ГИРД была создана первая ракета с двигателем на гибридном топливе “ГИРД-09” (высота полета до 1,5 км) конструкции М.К. Тихонравова, в которой в качестве окислителя использовался жидкий кислород, а в качестве топлива – сжатый бензин. 17 августа 1933 г. на полигоне в Нахабино под руководством С.П. Королёва осуществлен успешный запуск первой советской жидкостной ракеты. С.П. Королеву и М.К. Тихонравову были вручены награды – почетные значки “За активную оборонную работу”.

31 октября 1933 г. решением Совета Труда и Обороне на базе ГДЛ (газодинамическая лаборатория в Ленинграде) и ГИРД создан первый в мире Реактивный научно-исследовательский институт (РНИИ). С 1934 г. М.К. Тихонравов – начальник отдела Института, занимается доработкой жидкостных ракет. В том же году он выступил на первой Всесоюзной конференции по изучению стратосферы с докладом “Применение ракетных летательных аппаратов для исследования стратосферы” (отметил возможность полета человека на баллистической ракете) и посетил К.Э. Циолковского в Калуге.

В 30-е гг. в РНИИ произошли существенные изменения. После смены ру-

ководства Института в 1938 г. исследования и разработки по жидкостным баллистическим ракетам были постепенно свернуты. В 1938-45 гг. М.К. Тихонравов занимался теоретическими и экспериментальными исследованиями повышения кучности стрельбы ракетными снарядами с боевых машин реактивной артиллерии – легендарной “Катюши”. Результаты его исследований жидкостных двигателей и ракетных снарядов опубликованы в 1936-38 гг. в сборниках “Ракетная техника”. В 40-х гг. в НИИ-1 Минавиапрома М.К. Тихонравов участвовал в разработке реактивного истребителя-перехватчика и в анализе информации о немецком ракетном вооружении. Ознакомившись с немецкой баллистической жидкостной ракетой “ФАУ-2” (А-4), достигающей дальности полета 300 км, он понял, что ее можно применить для подъема человека в стратосферу.

В 1945 г. М.К. Тихонравов с группой энтузиастов ракетной техники из РНИИ принялся за разработку проекта полета человека на модернизированной ракете “ФАУ-2”. По проекту высотная ракета “ВР-190”, предназначенная для подъема двух человек на высоту до 200 км, состояла из ракетной части и кабины. В ракетной части предполагалось ввести управление подачей топлива в двигатель и установить прибор, обеспечивающий автоматическое управление движением ракеты в вертикальном направлении, с контролем за его работой из кабины. Имелась возможность управлять тягой двигателей так, чтобы в течение всего полета перегрузки не превосходили 3 g. Головная часть ракеты должна была состоять из кабины пилотов с креслами и пультом управления, отсеков парашютного со стабилизаторами, приборного и двигательного с шасси для мягкой посадки на Землю. Проект подготовки и осуществления высотных полетов согласовали с ведущими учеными Академии наук СССР. Несмотря на поддержку и заинтересованность проектом И.В. Сталина, реализовать его в трудное послевоенное время не удалось.



Проект высотной ракеты ВР-190. Кабина для полета двух пилотов. 1945 г.

В 1946 г. Михаил Клавдиевич переходит работать в НИИ-4 Академии артиллерийских наук. Здесь он руководит несколькими научными отделами по проблемам жидкостных управляемых баллистических ракет. В ОКБ-1, руководимом С.П. Королёвым, проектировались жидкостные баллистические одиночные ракеты, в частности Р-2 с дальностью полета 600 км, однако они в принципе не могли в то время обеспечить достижение первой космической скорости. Требовалась составная многоступенчатая ракета, но к ее реализации из-за ряда технических трудностей отечественное ракетостроение еще не было готово.

М.К. Тихонравов высказал идею строить составную ракету из существующих одиночных ракет. Основываясь на малоизвестной работе К.Э. Циолковского, он предложил создавать такого типа ракету за счет перехода на новый нетрадиционный путь компоновки составной ракеты. Идея состояла в объединении в одно целое (пакет) нескольких баллистических одноступенчатых ракет с обеспечением одновременного включения всех двигателей на старте, последующим переливанием топлива в полете из вспомогательных ракет в основную и отбрасыванием вспомогательных ракет. Предварительные исследования, выполненные лично М.К. Тихонравовым в начале 50-х гг., привели к выводу: можно создать ракету, способную достичь первой космической скорости!

В сентябре 1947 г. в Институт пришел один из сподвижников Михаила Клавдиевича И.М. Яцунский, ставший его надежным помощником. Впоследствии им удалось сформировать научный коллектив из энтузиастов – **“группу Тихонравова”**. Летом 1948 г. М.К. Тихонравов выступил в НИИ-4 с докладом **“Пути достижения больших дальностей стрельбы ракетами”**. Ученые Института раскритиковали пакетную схему составной ракеты. Последовал запрет на ее исследование в НИИ-4. Помог С.П. Королёв, который заказал Институту работу по изучению возможности создания составных ракет пакетной схемы.



*"Группа Тихонравова" (слева направо): стоят – Г.М. Москаленко, О.В. Гурко и И.К. Бажинов; сидят – В.Н. Галковский, Г.Ю. Максимов, Л.Н. Солдатова, М.К. Тихонравов и И.М. Яцунский. 1949 г.*

В марте 1950 г. на первой научно-технической конференции НИИ-4 результаты исследований М.К. Тихонравова и его учеников, касающиеся составных ракет пакетной схемы и проблем создания искусственного спутника Земли, были представлены специалистам. Поддержки Михаил Клавдиевич здесь не получил. М.К. Тихонравов отстранили от должности, сделав консультантом, и запретили заниматься проблемами ИСЗ.

Развитие науки приказом остановить нельзя. В Институте вокруг Михаила Клавдиевича создалась "подпольная корпорация" по изучению проблем запуска ИСЗ и созданию межконтинентальной многоступенчатой ракеты. В 1951 г. под его руководством разработаны проекты двух вариантов пакета из одноступенчатых ракет. М.К. Тихонравов исходил из условия, что пакет должен создаваться на базе одинаковых боевых ракет с меньшей дальностью

полета. При этом условии все возможности пакетной схемы не были использованы. Начатые в конце 1946 г. М.К. Тихонравовым исследования составных ракет пакетной схемы послужили той теоретической основой, которая способствовала, с одной стороны, созданию в достаточно короткие сроки (1954-57 гг.) межконтинентальной двухступенчатой баллистической ракеты Р-7, а с другой стороны – открытию космической эры в октябре 1957 г.

В это же время М.К. Тихонравов участвовал в дискуссии о путях достижения межконтинентальных дальностей для поражения военных объектов возможного противника. Одни ученые предлагали эту задачу решать с использованием крылатых ракет, другие – межконтинентальных составных баллистических ракет. Михаил Клавдиевич представил расчеты, а С.П. Королёв поддержал его позицию, работы по созданию межконтинентальной баллистической ракеты продолжались.

В конце 1953 г. С.П. Королёв заказал НИИ-4 научно-исследовательскую работу "Исследования по вопросу создания искусственного спутника Земли". М.К. Тихонравову вновь разрешили ра-



М.С. Рязанский, М.К. Тихонравов и С.П. Королёв.  
Калуга, 15 сентября 1957 г.

ботать в этом направлении. В начале 1954 г. в научном отчете он изложил свою программу освоения космоса. Первый ее этап – запуск серии простейших ИСЗ для решения научных задач, а также для отработки ракеты-носителя. Одновременно должны проводиться запуски с целью отработки полета человека на ракете. Следующий этап предусматривал запуск экспериментального корабля-спутника с одним или двумя пилотами, рассчитанного на длительное пребывание на орбите, а также создание станции больших размеров с транспортной системой сообщения. Предполагалось, что станция может служить лабораторией для целого ряда научных исследований и базой для полетов к другим планетам. Последний этап – достижение Луны (с посадкой на ее поверхность или с орбитом).

Исследования возможностей запуска ИСЗ, начатые еще в октябре 1947 г., составили солидный труд. В частности, был создан метод расчета оптимальной траектории выведения спутника на орбиту с помощью составной ракеты пакетной схемы; исследовано влияние различных возмущающих факторов (гравитация, система управления, ошибки выведения) на точность параметров орбиты; показана возможность использования солнечных батарей для энергоснабжения систем; рассмотрены различные возможные методы ориентирования и стабилизации ИСЗ в пространстве; предложены схемы систем теплового регулирования спутни-

ков; проанализированы методы определения параметров движения ракеты-носителя и спутника по данным наблюдений с оценкой точности прогноза их движения; проанализированы возможности спуска с орбиты на Землю как беспилотных, так и пилотируемых аппаратов. Изучалась также проблема предохранения спутника при спуске от аэродинамического перегрева, перегрузок, ошибок в исполнении команды на торможение. Результаты исследований публиковались в отчетах Института каждый год, начиная с 1951 г. В итоговом отчете 1955 г. представлены также разработанные под руководством М.К. Тихонравова три варианта проектов спутника различного назначения. В 1967 г. эти разработки составили основу монографии М.К. Тихонравова, И.М. Яцунского и др. "Основы теории полета и элементы проектирования искусственных спутников Земли" (Изд-во "Машиностроение". М., 1967).

В августе 1955 г. на совещании ведущих ученых страны в области ракетостроения М.К. Тихонравов сделал доклад о возможностях использования ИСЗ и его характеристиках. Совещание высказалось за создание спутника, а вскоре появилось правительственное решение.

В 1956 г. по приглашению С.П. Королёва Михаил Клавдиевич после разрешения руководства Института перешел в ОКБ-1. Большинство же членов "труппы Тихонравова" остались работать в НИИ-4, командование их не отпустило. В ноябре 1956 г. Михаила Клавдиевича назначили начальником отдела № 9 ОКБ-1 – отдела проектирования различных ИСЗ, пилотируемых кораблей и космических аппаратов для исследования Луны, Марса, Венеры. Здесь работали ученики М.К. Тихонравова – Г.Ю. Максимов, Л.Н. Солдатов и К.П. Феоктистов.

21 августа 1957 г. был осуществлен запуск межконтинентальной ракеты Р-7. Принимается решение о выводе в космос простейшего спутника ПС-1.

27 сентября 1957 г. С.П. Королёв подписывает отчет М.К. Тихонравова о запуске ПС-1. Спутник в это время проходил последнюю проверку на космодроме. 4 октября состоялся его успешный запуск. Эффект от запуска первого спутника превзошел все ожидания! А 3 ноября был осуществлен запуск созданного в отделе М.К. Тихонравова спутника ПС-2 с собакой на борту. Чтобы подготовить системы первых ИСЗ и станций “Луна” (в 1959 г. в сторону Луны были проведены запуски трех КА серии “Луна”) к надежной работе в космосе, предстояло решить множество проблем. Главным советчиком здесь был, как всегда, М.К. Тихонравов. За участие в разработке и успешном запуске первых ИСЗ Михаил Клавдиевич удостоен звания лауреата Ленинской премии.

Широким фронтом шли работы над проектом пилотируемого корабля. Руководил работой К.П. Феоктистов. Многим руководителям ОКБ-1 приходилось заниматься и подготовкой космонавтов. Уже в марте 1960 г. ряд специалистов, в том числе М.К. Тихонравов и К.П. Феоктистов выступали перед космонавтами. К.П. Феоктистов долго доказывал С.П. Королёву, что летать на кораблях должны не летчики, а проектанты, и предлагал свою кандидатуру. В октябре 1964 г., наконец, К.П. Феоктистов совершил полет на КК “Восход”. Позднее и другие сотрудники отдела М.К. Тихонравова смогли войти в отряд космонавтов не без участия Михаила Клавдиевича. После проведения пяти беспилотных испытательных полетов, 12 апреля 1961 г. состоялся запуск первого пилотируемого корабля “Восток” с Ю.А. Гагариным на борту. За обеспечение успешного полета человека в космос М.К. Тихонравову присвоено звание Героя Социалистического Труда.

С.П. Королёв высоко ценил Михаила Клавдиевича как специалиста и под-

держивал его во многих начинаниях. Последняя работа Михаила Клавдиевича, в которой он лично участвовал, – проектирование **тяжелого межпланетного корабля** (ТМК) для полета на Марс. Планировался трехлетний полет с тремя членами экипажа с облетом Марса и возвращением на Землю. Главной проблемой для конструкторов ТМК стало обеспечение жизнедеятельности и работоспособности членов экипажа в ограниченном пространстве кабины.

Михаилу Клавдиевичу Тихонравову удалось создать в руководимом им отделе ОКБ-1 благоприятную для работы обстановку, обеспечить свободу творческой инициативы, заслужить уважение и признательность своих подчиненных. Он много внимания уделял воспитанию и подготовке молодых научных работников, инженеров и конструкторов. В 1947-52 гг. он преподавал в МВТУ им. Н.Э. Баумана и на высших инженерных курсах, с 1960 г. – в МАИ (с 1962 г. – профессор). Со времени основания журнала “Космические исследования” М.К. Тихонравов оставался бессменным заместителем главного редактора.

Научно-инженерная деятельность М.К. Тихонравова неоднократно отмечалась высокими правительственными наградами – орденами Ленина, Красного Знамени, Отечественной войны и медалями.

Скончался Михаил Клавдиевич Тихонравов 4 марта 1974 г., похоронен на Новодевичьем кладбище.

50-му ЦНИИ Министерства обороны в память о заслугах Михаила Клавдиевича в феврале 1995 г. присвоено имя М.К. Тихонравова, его именем названа центральная улица г. Юбилейный (Московская обл.), на которой расположены НИИ-4 и 50-й ЦНИИ МО им. М.К. Тихонравова.

*А.В. БРЫКОВ,  
доктор технических наук*

## Дмитрий Иванович Дубяго

(к 150-летию со дня рождения)

3 октября 1999 г. исполнилось 150 лет со дня рождения известного русского астронома Дмитрия Ивановича Дубяго, профессора кафедры астрономии и геодезии Казанского университета (1884–1918 гг.), ректора Казанского университета (1899–1905 гг.), директора Казанской городской обсерватории (1894–1918 гг.), основателя и первого директора Астрономической обсерватории им. Энгельгардта (1901–1918 гг.). Этот ученый фактически создал Казанскую астрономическую школу. Очень велика его роль и в развитии всей российской астрономии.



Дмитрий Иванович Дубяго. 1900 г.

### МОЛОДОСТЬ

Дмитрий Иванович родился в 1849 г. в г. Мстиславле Могилевской губернии. В дружной семье дворянина Ивана Семеновича Репойто-Дубяго из рода древнего, но обедневшего, было пятеро детей: четыре сына и дочь, Дмитрий – старший. По окончании в 1868 г. Могилевской гимназии с золотой медалью Дмитрий поступает на физико-математический факультет Петербургского университета. На жизнь он зарабатывает уроками, а за “превосходное усердие в учебе” получает стипендию.

В Петербургском университете и в Пулковской обсерватории в то время были собраны лучшие силы российской астрономии: О.В. Струве, С.П. Глазенап, Н.Я. Цингер, А.Н. Савич, по учебникам которого занимались во всех университетах Европы. Дмитрий Иванович еще студентом активно участвует в астрономических наблюдениях Пулковской обсерватории. В 1871 г. Дубяго удостоен золотой медали Петербургского университета за работу “О спектральном анализе в применении к астрономическим наблюдениям”.

После защиты диплома с отличием Дмитрий Иванович был оставлен при университете для подготовки к профессорскому званию. С 1873 г. он работает в Пулково. В 1875 г. его избирают членом Международного астрономического общества. В 1878 г. Д.И. Дубяго получает в Петербургском университете звание магистра астрономии и геодезии за сочинение “Исследование орбиты спутника Нептуна – Тритона – по наблюдениям, произведенным Пулковским рефрактором с 1847 по 1876 г.”.



*В.П. Энгельгардт и Д.И. Дубяго. Дрезден, 1889 г.*



Дубяго часто бывает в Европе, знакомится с обсерваториями и работами коллег. Так, во время первой заграничной командировки он сотрудничал с братьями Генри (известными пионерами астрофотографии) в Парижской обсерватории.

Работу в Пулково Дмитрий Иванович сочетает с чтением лекций по астрономии и геодезии в Петербургском университете. Бессонные ночи у телескопа, напряженная преподавательская работа, командировки не помешали ему написать и блестяще защитить докторскую диссертацию на тему *“Теории движения Дианы”*, и в 1881 г. Дубяго получает степень доктора астрономии и геодезии.

#### ЗНАКОМСТВО С В.П. ЭНГЕЛЬГАРДТОМ

Наблюдения малой планеты Дианы послужили поводом для заочного знакомства, а позднее и дружбы Дмитрия Ивановича с Василием Павловичем Энгельгардтом. Профессиональным астрономом Энгельгардт не был, но

*Внучка Д.И. Дубяго – Инга Александровна Дубяго у менискового телескопа Астрономической обсерватории им. Энгельгардта*

так преданно любил эту науку, что самостоятельно изучил ее, построил в Дрездене прекрасно оснащенную обсерваторию. Его работы получили признание астрономического общества. Тревога за отставание астрономии в России по сравнению с Европой и Америкой не покидала Энгельгардта. Дмитрий Иванович в одном из писем успокаивал его: *“Но пусть рассеются Ваши сомнения – русские астрономы есть, и между ними есть хорошие, делающие добросовестно и умело свое дело. Конечно, наука у нас молода и работают русские астрономы не в особенно благоприятных условиях – учителей мало и школ для образования еще меньше; но люди есть и еще больше будет со временем. Чрезвычайно приятно, что Вы, переселясь из России, не порвали связи со своим Отечеством и хотите*





*А.И. Галеев у менискового телескопа АОЭ. На заднем плане – башня гелиометра и разрушенное ныне здание горизонтального лунного телескопа*

*содействовать его просвещению. Поверьте, Ваше доброе дело принесет плоды и русские люди скажут Вам искреннее спасибо!"*

В августе 1883 г. по дороге в Вену на международный астрономический съезд Дубяго побывал в Дрездене, где впервые встретился с Энгельгардтом. Впоследствии Дмитрий Иванович не раз посещал "дрезденского отшельника", как называл себя Василий Павлович. Из Дрездена Дмитрий Иванович отправился в Страсбург, остановившись на день в Гейдельберге. С директором здешней обсерватории, профессором Виннике, он был хорошо знаком. Отличные инструменты: меридианный круг, 6-дюймовый рефрактор и другие – произвели на Дубяго прекрасное впечатление. Накануне открытия заседания при-

шло письмо от Энгельгардта, где он сообщил о смерти Ивана Сергеевича Тургенева (1818–1883) и любимого учителя Дмитрия Ивановича – А.Н. Савича. "В последние годы рука смерти неумолимо выхватывает лучших людей Земли русской! Бедная наша Родина!" – пишет в ответном письме Дубяго.

#### НАЗНАЧЕНИЕ В КАЗАНЬ

В конце 1884 г. Дмитрию Ивановичу было предложено место директора Казанской обсерватории и профессора астрономии Казанского университета, освободившееся после смерти профессора М.А. Ковальского. В то время Казань считалась одним из самых культурных (благодаря университету) провинциальных городов России, так что это предложение для молодого ученого было весьма почетным.

*"Я совершенно доволен предложенным мне местом, считаю этот пост важным и вполне удовлетворяющим меня в научном отношении (обсерватория в Казани, после Пулкова, лучшая,*

во всяком случае не ниже Московской и, без всякого сравнения, выше всех прочих...) В последние дни на меня часто нападает грусть, когда подумаю, что придется оставить места, к которым привык за долгое время – Пулково, Университет. Бог знает, что я найду на новом месте! Найду ли я там такое расположение и симпатии!" – пишет Дмитрий Иванович в одном из писем Энгельгардту.

Утром 16 декабря 1885 г. Д.И. Дубяго прибыл в Казань. Вся жизнь Дмитрия Ивановича с этого момента посвящена Казанскому университету. От университетской обсерватории у Дмитрия Ивановича осталось впечатление "самое отрадное: величественное, обширное здание, большое количество инструментов. И, что удивительно, все инструменты в отличном порядке". Но Казань после Петербурга с его новейшими демократическими веяниями показалась Дмитрию Ивановичу слишком патриархальной. Особенно огорчили казенщина и излишняя строгость, царившие в Университете: "Я всегда глубоко сочувствовал нуждам студенчества, и везде оно бедно, болезненно и истощено силами. Но приехавши в Казань, я был поражен в этом отношении... отношения профессоров здесь к студентам не такие, к которым я привык, и, как мне кажется, не такие чтобы соответствовать понятию об Университете..." (из письма к Энгельгардту).

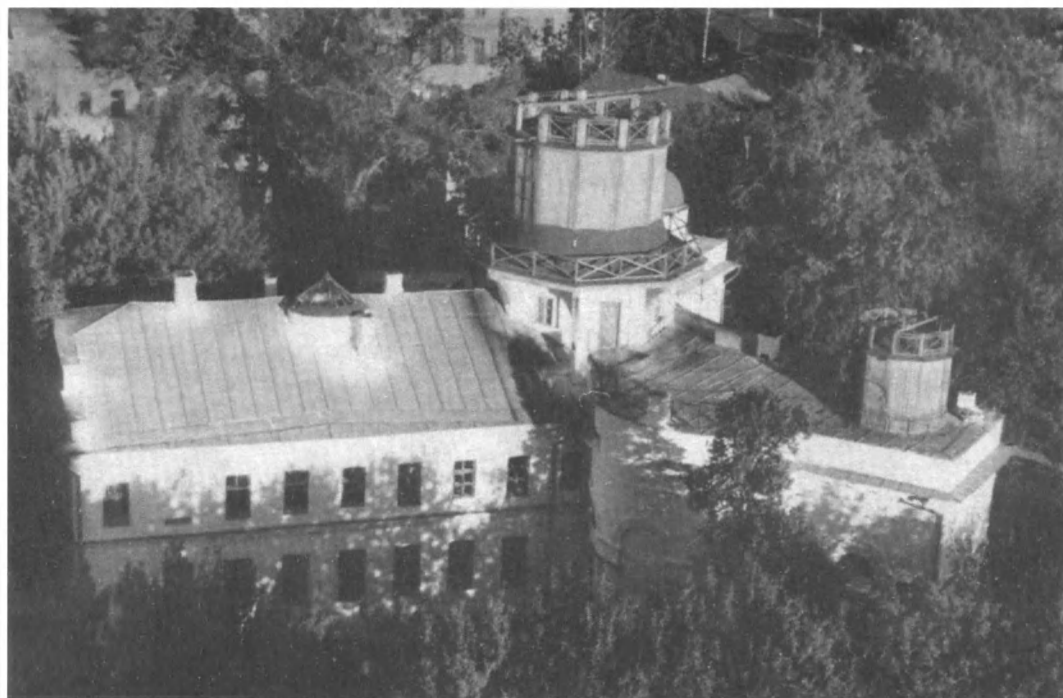
В.П. Энгельгардт учреждает при Казанском университете фонд помощи особо нуждающимся талантливым студентам. Дмитрий Иванович тоже помогает им из собственных средств. Приезд Дубяго стал переломным моментом для Казанской астрономической обсерватории. Невозможность плодотворной деятельности без постоянной связи с другими обсерваториями мира понимал еще ее строитель – И.М. Симонов. При М.А. Ковальском был сделан первый шаг: обсерватория участвует в международных зонных наблюдениях. Но к приезду Дубяго обсерватория все еще оставалась замкнутым учреждением, куда имели доступ лишь немногие привилегированные лица. Отличные инст-

рументы не были задействованы в полной мере.

Д.И. Дубяго решил сделать обсерваторию доступной для всех желающих серьезно заниматься астрономией. В штат вводятся приват-доцент и два ассистента, которые должны были помогать в учебном процессе и при наблюдениях (прежде в обсерватории работал один астроном с помощником). При обсерватории организуется вычислительное бюро. С 1893 г. профессор Д.И. Дубяго, директор Обсерватории, регулярно издавал сборники под названием "Труды Астрономической Обсерватории Казанского Университета". При нем вышло 26 выпусков "Трудов". Ежегодно в астрономических журналах (к примеру, в "Astronomischen Nachrichten") печатались результаты наблюдений планет, комет, случайных явлений. На основании наблюдений казанских астрономов, проведенных в 1869-1892 гг., Дмитрий Иванович составил каталог координат 4281 звезды, закончив международный проект, начатый его предшественником. Он начал наблюдения покрытий звезд Луной, измерения положения кратера Местинг А, исследования движения и либраций Луны, продолжил начатое Ковальским изучение вариаций широты Казани.

Д.И. Дубяго удалось укрепить и расширить связи с другими обсерваториями мира. Казанская обсерватория была включена в плановые международные работы. Мировая астрономическая общественность увидела, что в Казанском университете есть астрономическая школа, талантливые ученые.

Для плодотворной работы необходима первоклассная библиотека, которой в Казанской обсерватории практически не было. Предстояла задача создать библиотеку, соответствующую уровню научных исследований, сделать непрерывным и планомерным приток в нее книг. Дмитрий Иванович предложил всем обсерваториям вступить в обмен изданиями. И вот, отчасти покупая книги, а главным образом по обмену, Дмитрию Ивановичу удалось достаточно быстро создать прекрасную библиотеку.



*Казанская городская обсерватория (кафедра астрономии КГУ), построенная в 1833-38 гг. – одна из старейших обсерваторий России*

#### НОВАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

Обсерватория в Казани была неплохо оборудована, ее главные инструменты – меридианный круг, рефрактор, гелиометр и малый пассажный инструмент были отличного качества. Однако ее положение внутри развивающегося промышленного города становилось все большим препятствием для успешных наблюдений с этими приборами. Вместе с тем, перевод обсерватории за город был нежелателен, поскольку она оставалась необходимой университету для учебных целей. Речь могла идти только о создании новой обсерватории, далеко за чертой города. Но задача эта была весьма проблематична из-за отсутствия средств на ее осуществление.

И вот тут помогла дружба между Д.И. Дубяго и В.П. Энгельгардтом. Прогрессирующая болезнь мешала Энгель-

гардту вести наблюдения, и он решил передать свои инструменты в Казань не после смерти (как предполагал ранее), а еще при жизни. В феврале 1897 г. он провел последние наблюдения на пассажном инструменте, затем собрал все инструменты и отправил в Казань. Астрономическая обсерватория Казанского университета получила 12-дюймовый экваториал работы Грубба, превосходный инструмент, не потерявший своих достоинств до настоящего времени, а также 50 тысяч рублей, мелкие инструменты, часы, книги.

В декабре 1897 г. Дубяго отправился в Дрезден, чтобы лично выразить благодарность дарителю и вручить диплом на звание почетного члена университета доктору астрономии В.П. Энгельгардту. На этой встрече Дмитрий Иванович убедил Энгельгардта в необходимости иметь вторую обсерваторию за городом, и тот дал деньги на ее строительство. После длительных поисков хорошее место было найдено в 25 км к западу от центра Казани в красивом смешанном лесу. Землю под строительство обсерватории предоставил соседний женский монастырь.



В конце XIX в. только Академия наук в Петербурге имела вторую обсерваторию, Пулковскую, за городом. Строительство второй обсерватории Казанским университетом рассматривалось общественностью как научный подвиг. Впечатление, произведенное в научном мире поступком Энгельгардта, и назначение Д.И. Дубяго в 1899 г. ректором ускорили продвижение официальных бумаг в правительственных верхах и, в дальнейшем, утверждение бюджета и штата новой обсерватории. Через два года все здания обсерватории были готовы, главный инструмент – 12-дюймовый рефрактор – установлен, и 21 сентября 1901 г. состоялось торжественное открытие “Лесной обсерватории”, в честь дарителя названной Энгельгардтовской (АОЭ).

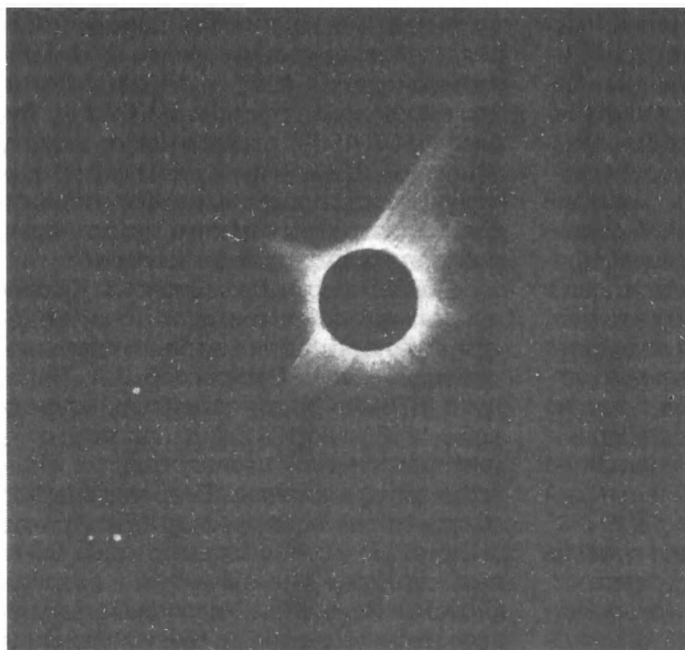
Эта обсерватория, ставшая одной из лучших в России, сразу принимает участие в международных астрономических программах. В 1908 г. выходит в свет первый номер “Известий Астрономической обсерватории им. Энгельгардта”.

Д.И. Дубяго наметил для новой обсерватории в основном астрометрическую тематику, так как большинство имеющихся инструментов, среди них

*Здание обсерватории им. Энгельгардта в современную эпоху*

рефрактор, гелиометр и меридианный круг, были предназначены для астрометрических работ. На рефракторе проводили наблюдения положений малых планет, комет, фотометрию слабых переменных звезд, измерения двойных звезд. На меридианном круге – определение географической широты, постоянной рефракции, координат звезд; на гелиометре – изучение физической либрации Луны. Стремясь к расширению тематики, Дубяго в 1914 г. добился приобретения астрографа Гейде, на котором можно было проводить астрофизические работы.

Д.И. Дубяго организовал экспедиции Казанского университета по наблюдению трех солнечных затмений на территории России и сам принимал в них участие. Затмение 18 августа 1887 г. хорошо известно, оно наблюдалось на всей европейской части России и описано известными русскими писателями, в том числе В.Г. Короленко. Казанская экспедиция была направлена в Вятскую



*Полное солнечное затмение 8 августа 1896 г. на Новой Земле. Рисунок А.А. Борисова – участника казанской экспедиции*

губернию, где должна была провести наблюдения, скоординированные с экспедициями из других русских обсерваторий, но, к сожалению, подвела погода. Следующая поездка считается удачной. Казанские ученые вместе с коллегами из Москвы и Западной Европы наблюдали затмение 8 августа 1896 г. на архипелаге Новая Земля. Оттуда они привезли фотографии и зарисовки короны. Еще раз на солнечное затмение Дмитрий Иванович ездил со своими сотрудниками М.А. Грачевым, Т.А. Банахевичем, А.А. Михайловским, А.А. Яковкиным и несколькими студентами в Киевскую область в самом начале мировой войны, в августе 1914 г.

В конце XIX в. под руководством Д.И. Дубяго начались гравиметрические исследования на востоке европейской части России. А если учесть, что во время экспедиций на Новую Землю и Украину также проводились измерения силы тяжести, то можно представить, насколько обширна была изученная территория.

#### ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

После ввода в действие загородной обсерватории здание городской используется только для учебных целей, и сейчас там размещается кафедра ас-

трономии Казанского университета. Студентов-астрономов стало больше. Д.И. Дубяго руководит теперь двумя обсерваториями, а также практически один ведет преподавание астрономии в университете. Причем кроме обязательного курса астрономии, он успевал читать и специальные, а также лекции по геодезии. В 1882 г. выходят в свет его лекции по теоретической астрономии, а в 1914 г. – учебники: **“Основы теоретической астрономии”** и **“Практическая астрономия”**. Не одно поколение студентов России постигало науку по второму тому “Курса астрономии” А.Н. Савича, редактором которого был Д.И. Дубяго. Учениками Дмитрия Ивановича были известные астрономы В.А. Баранов, М.А. Грачев, К.К. Дубровский, А.А. Яковкин и другие. Своим слушателям он стремился внушить важность сопровождения теоретических курсов практическими занятиями.

#### ПОСЛЕДНИЕ ГОДЫ ЖИЗНИ

В 1906 г. Д.И. Дубяго произведен в тайные советники и утвержден в звании заслуженного ординарного профессора. Он оставляет ректорство, но в его

ведении по-прежнему городская и “лесная” обсерватории, которые требуют постоянного внимания. А силы начинают иссякать, подточенный тяжелой административной, научной и педагогической работой организм дает сбой. Оглядываясь на пройденный путь, Дмитрий Иванович пишет в Дрезден: *“Я посвятил 17 лучших лет жизни административной деятельности. Все эти годы я строил, исправлял, переделывал, улучшал... не имея ни одного покойного года, ни одного продолжительного досуга для личного научного труда, по прекрасному и верному сравнению – я был не пассажир на своем судне, и не капитан, но бессменный рулевой... А жизнь уже прошла и проходит”*.

В 1906 г. в “Лесной обсерватории” на холме на краю большой поляны построили небольшую украшенную ажурным крестом часовню, которая также служила южной мирой для меридианного круга. Под ней был устроен склеп, где предполагали *“лежать рядышком”* двое друзей – Дубяго и Энгельгардт. Но жизнь распорядилась по-иному. В.П. Энгельгардт умер в Дрездене в мае 1915 г., когда из-за войны всякая связь с Россией была прервана. Д.И. Дубяго положил все силы, чтобы в трудное время – война, революция – помочь выстоять обоим обсерваториям. Он пережил своего друга всего на три года. Д.И. Дубяго умер 22 октября 1918 г. во время жестокой эпидемии испанки. Дмитрий Иванович покоится под южной мирой Энгельгардтовской обсерватории, построенной им с таким тщанием. На маленьком обсерваторском кладбище рядом с могилой Дмитрия Ивановича похоронены и другие казанские астрономы: М.А. Грачев, И.В. Белькович, А.Д. Дубяго, И.А. Дюков, А.А. Нефедьев, Ш.Т. Хабибуллин. Именем Д.И. Дубяго назван кратер на видимой стороне Луны.

КАЗАНСКАЯ АСТРОНОМИЯ ОТ ДУБЯГО ДО НАШИХ ДНЕЙ

Дмитрий Иванович Дубяго заложил основы главных направлений научных исследований, ставших традиционными для казанской астрономии, и воспитал достойную смену.

Через три года после смерти Дмитрия Ивановича вззошла звезда его сына – Александра. В 1921 г. 18-летний студент кафедры астрономии КГУ А.Д. Дубяго (1903–1959) открыл новую комету (Dubjago 1921), через два года – еще одну. Он стал одним из выдающихся специалистов по кометам и всю жизнь работал на кафедре астрономии.

После смерти Д.И. Дубяго в Казани продолжались интенсивные наблюдения в области астрометрии и изучении либраций Луны. Профессор В.А. Баранов (1872–1942), руководивший кафедрой с 1918-го по 1941 г., делал акцент на гравиметрические исследования и измерения двойных звезд. Второй директор обсерватории – профессор М.А. Грачев (1866–1925) – сумел сохранить ее в тяжелые годы гражданской войны и разрухи. Он, как и его учитель, преподавал в университете геодезию и вел наблюдения на меридианном круге.

По многолетним наблюдениям на казанском гелиометре знаменитый астроном А.А. Яковкин (1887–1974), будущий директор Голосеевской обсерватории, выполнил фундаментальные работы по изучению фигуры и вращения Луны, открыв ее асимметричность. Впоследствии результаты лунных исследований в Казани под руководством профессора Ш.Т. Хабибуллина (1915–1996) были признаны мировой научной ответственностью.

Астрофизические исследования начал проводить А.А. Яковкин, незадолго до кончины Д.И. Дубяго. Это направление развивали выпускники кафедры астрономии КГУ выдающиеся астрофизики В.А. Крат (1911–1983), ставший позже директором Пулковской обсерватории, и Д.Я. Мартынов (1906–1989), который руководил АОЭ и Казанским университетом, а затем возглавил ГАИШ и был первым главным редактором “Земли и Вселенной”.

В настоящее время научные исследования на кафедре астрономии и в обсерватории продолжают под руководством академика Н.А. Сахибуллина. На кафедре ведутся работы по теоретической и наблюдательной астрофизике, геодезии, гравиметрии, небесной

механике. В АОЭ – астрометрические наблюдения и изучение метеоров, начатое в середине XX в. Сотрудники обоих учреждений активно занимаются лунной тематикой.

Все эти годы исследования на кафедре астрономии и в загородной обсерватории шли параллельно. Университетская кафедра готовила специалистов для обсерватории, а в АОЭ проводились наблюдения для теоретических исследований, выполняемых в городе. В 70-х гг. стало невозможно вести наблюдения вблизи подступившего с востока города. Тогда рядом со Специальной Астрофизической обсерваторией была основана Северокавказская станция Казанского университета, куда из АОЭ были отправлены 38-см телескоп системы Шмидта и 40-см астрограф Цейса. Эта станция стала наблюдательной базой кафедры и обсерватории. В настоящее время сотрудники городской и загородной обсерваторий вводят в строй новый телескоп с диаметром зеркала 1,5 м, установленный на юге Турции.

Благодаря Д.И. Дубяго Казанский университет стал всероссийским центром подготовки специалистов по астрономии и геодезии. Выпускники кафедры астрономии КГУ работают в крупнейших астрономических институтах, нередко становятся руководителями этих учреждений или их подразделений. Продолжается начатое Дубяго налаживание международных связей. Казанские астрономы работают совмест-

но с коллегами из Германии, США, Турции и других стран.

Однако астрономическая обсерватория им. Энгельгардта переживает сейчас не лучшие времена. Почти прекратилось финансирование. Не обновляются кадры – молодое поколение предпочитает оставаться и работать в городе. Нет возможности устанавливать современную аппаратуру на телескопах, большинство которых морально устарело. Разрушаются здания – памятники архитектуры, построенные в начале века. Из-за отсутствия охраны пострадали подаренные Энгельгардтом старинные инструменты – кометоискатель и рефрактор Грубба.

В 2001 г. Энгельгардтовской обсерватории исполнится 100 лет. Сотрудники кафедры астрономии КГУ и АОЭ надеются, что одна из старейших обсерваторий России, построенная Дмитрием Ивановичем Дубяго, сохранит свои славные традиции и станет музейно-историческим комплексом, посвященным развитию астрономии России в XIX и XX вв. Такая обсерватория была бы прекрасным учебным центром и величественным памятником ученым, поднимавшим и развивавшим астрономию в нашей стране.

*И.А. ДУБЯГО*

*Астрономическая обсерватория  
им. Энгельгардта (АОЭ)*

*А.И. ГАЛЕЕВ*

*Казанский государственный университет,  
кафедра астрономии*

## Информация

### **Апрельские чтения в Планетарии Санкт-Петербурга**

Они состоялись 6–9 апреля. Это уже вторые Апрельские чтения, посвященные Дню Космонавтики, в ходе которых посетители Планетария знакомят с новейшими достижениями астрономии и космонавтики. Выступившие на Чтениях ученые и лекторы Планетария осветили вопросы наблюдательной астрономии

в Санкт-Петербурге, рассказали об истории и развитии отечественной космонавтики, о последних космических достижениях в области наблюдения рентгеновских и гамма-источников, черных дыр, остановились на возможности пилотируемого полета на Марс.

Среди выступивших с докладами были известные ученые и конструкторы Москвы и Санкт-Петербурга: А.М. Черепашук, Ю.Н. Гнедин, К.В. Холщевников, В.В. Громов, Н.И. Невская.

В чтениях приняли участие российские космонавты С.В. Авдеев, А.Н. Баландин, М. Манаров,

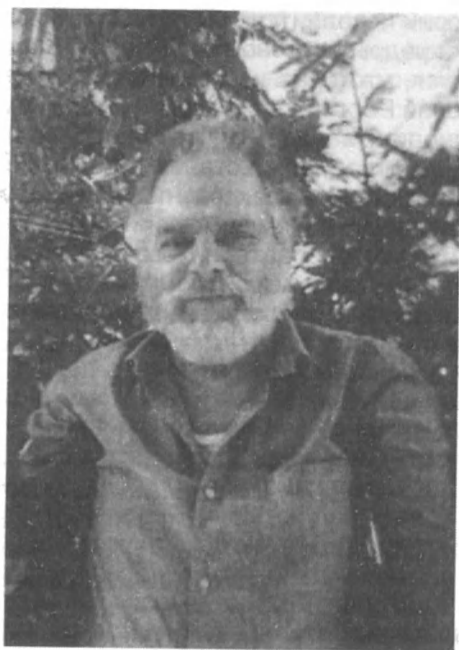
С.К. Крикалев. Они рассказывали о космических буднях на орбитальной станции "Мир", совместных полетах.

К Чтениям была подготовлена выставка детских действующих моделей ракет. Интересным оказалось и подведение итогов конкурса детского творчества "О Земле и Небе" (вручены 20 призов за лучшие рисунки).

За четыре дня в Чтениях приняло участие более четырех тысяч человек.

*З.А. ВИНОГРАДОВА,  
Санкт-Петербург,  
Планетарий*

## Памяти Владимира Исааковича Левантовского



Пришла скорбная весть из Израиля. В Бер-Шева 28 декабря 1999 г. скоропостижно скончался **Владимир Исаакович Левантовский** (1924–1999 гг.) – знаменитый издатель, редактор научной и научно-популярной литературы по механике и процессам управления, автор научно-популярных книг по космонавтике.

Владимир Исаакович окончил механико-математический факультет МГУ в 1948 г. по специальности “Механика”, его научным руководителем был академик Александр Юльевич Ишлинский.

С августа 1948 г. и до конца 1989 г. Владимир Исаакович работал в издательстве научной литературы Академии наук СССР (Гостехиздат, Физматгиз, Физматлит). В 1962 г. он основал редакцию “Процессы управления и механика космического полета” и заведовал ею до конца своей деятельности. Будучи профессионалом и энтузиастом книжного дела (особенно в области космонавтики!), В.И. Левантовский сумел организовать несколько тематических серий научных и научно-популярных изданий. Особый успех сопутствовал трудам по проблемам баллистики и астродинамики (науки о движении космических аппаратов), входящим в серию “Механика космического полета”. Первые книги этой серии, издаваемые с 1965 г., немедленно и без договоров (СССР не входил в международную систему охраны авторских прав) неоднократно переиздавались на английском языке. Последующие книги серии также пользовались и пользуются до сих пор неизменным успехом.

В своей работе Владимиру Исааковичу приходилось преодолевать бюрократические преграды, попытки стилистических переделок материалов книг и цензурные рогатки. Интеллигентный, неизменно доброжелательный и приветливый, несмотря на неизлечимую болезнь ног, он как редактор всегда умело отстаивал интересы авторов.



Особая черта личности Владимира Исааковича – фанатичная любовь к космонавтике. Это увлечение пришло к нему еще в детстве после чтения книг К.Э. Циолковского и Я.И. Перельмана. Он и жизнь свою измерял этапами развития космонавтики, думал, например, удастся ли дожить до полета АМС с посадкой на спутники Сатурна.

В.И. Левантовский был блестящим популяризатором астродинамики и идей космических путешествий. Им написано 15 научно-популярных книг и монографий, переведенных на несколько языков. Высокий научный уровень и огромный объем информации в таких книгах, как “Ракетой к Луне” (М., 1960 г.) и “Механика космического полета в элементарном изложении” (3-е изд., М., 1980 г.), привлекают всех интересующихся проблемами космонавтики – от школьников до специалистов. Публикации Владимира Исааковича в “Земле и Вселенной” всегда вызывали большой интерес у читателей журнала.

В марте 1990 г. В.И. Левантовский эмигрировал в Израиль, прекратив издательскую деятельность. Там он продолжал заниматься космонавтикой, выпускал специальные издания, посещал библиотеки, был в курсе всех новейших достижений. Буквально за несколько минут до смерти он успел записать очередную передачу, посвященную космическим полетам...

В наших сердцах и в сердцах многих других людей, знавших Владимира Исааковича, надолго сохранится память об этом преданном космонавтике человеке, о теплоте встреч с ним.

*В.В. БЕЛЕЦКИЙ,*

*член-корреспондент РАН*

*В.А. ЕГОРОВ,*

*доктор физико-математических наук*

*М.Л. ПИВОВАРОВ,*

*доктор физико-математических наук*

*В.С. РЯБЕНЬКИЙ,*

*доктор физико-математических наук*

*Т.М. ЭНЕЕВ, академик РАН*

## *Информация*

### **Уран и Нептун – откуда они?**

Проблема происхождения Солнечной системы в целом понятна. Большие планеты возникли из газопылевой туманности, отдельные сгущения внутри которой, сталкиваясь и слипаясь между собой, порождали все более крупные тела. Однако математические модели процесса прямо показывали, что на расстояниях Урана и Нептуна крупные планеты сформироваться не могли – уж очень разреженным там было вещество туманности. Для столь больших планет просто не хватало “строительного материала”.

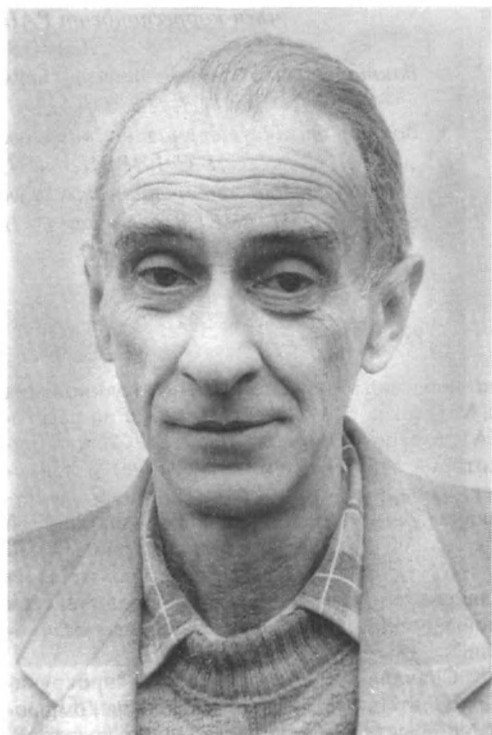
Специалисты по небесной механике Э. Томмс, М. Данкен и Х. Левинсон (США) разработали модель, по которой эти две планеты (вернее, их зародыши) появились вначале значительно ближе к Солнцу. Они установили, что когда формирующаяся планета достигает массы, равной примерно 15 массам Земли, ее рост резко ускоряется. Сначала этот предел перешел Юпитер, затем Сатурн, начавшие быстро поглощать вещество окружающих планетезималей. Кроме того, эти планеты своим гравитационным действием вносили возмущения в движение “отставших в развитии” планетных ядер и те могли перейти на сильно вытянутые орбиты. “Изгнанники” вообще могли бы вылететь за пределы нынешней планет-

ной системы, но столкновения с планетезималиями на расстоянии 20–40 а.е. от Солнца (динамическое трение) и совместное гравитационное действие “местных” зародышей планет вернули Уран и Нептун на круговые орбиты. Постепенно они вобрали в себя остальные сгущения туманности.

Авторы 24 раза “прокрутили” свою модель на компьютере при различных предположениях о начальных условиях в газопылевой околосолнечной туманности. Примерно в половине случаев рассчитанная ими планетная система оказывалась весьма схожей с реальной, даже с поясом Койпера в ней.

Science, 1999, 286, 2054

## Вилен Валентинович Нестеров



16 апреля 2000 г. не стало Вилена Валентиновича Нестерова – доброго, обаятельного человека, выдающегося ученого, яркого представителя талантливой плеяды астрометристов, заведующего отделом астрометрии Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга, доктора физико-математических наук, профессора, лауреата Ломоносовской премии МГУ.

Вилен Валентинович отдал всю жизнь бескорыстному служению своей любимой науке – астрономии. Это был ученый широкого диапазона знаний, глубокого понимания астрометрических и общеоастрономических проблем. Он обладал превосходным даром предвидения приоритетных тенденций в развитии астрономической науки, выбирал наиболее трудные и актуальные задачи. Его исследования в области лазерного зондирования ИСЗ и космической геодезии, ставшие основой докторской диссертации, служат эталоном научной строгости и глубины решения актуальных задач астрометрии.

Особенно велики достижения Вилена Валентиновича в области звездной астрометрии. Его работы по созданию нового астрометрического каталога положений и собственных движений 4 млн звезд уже заслужили признание во всем мире. С именем В.В. Нестерова неразрывно связан крупнейший национальный космический проект высокоточной координатной системы всего неба – проект “Ломоносов”, душой и главной действующей силой которого он являлся.

Его учебник и многие работы стали настольными книгами астрономов в России и за рубежом. Вилен Валентинович воспитал плеяду учеников, среди которых более десятка докторов и кандидатов наук. Талантливейший педагог и популяризатор науки, он мог легко и увлекательно рассказать о самых сложных проблемах.

Мы знали Вилену Валентиновича как исключительно одаренного, высокоинтеллектуального, обладающего потрясающим чувством юмора, неординарного человека, прекрасного шахматиста, многократного победителя международных турниров по бриджу, виртуозного музыканта, великодушного собеседника. Его суждения часто бывали необычными, но всегда оригинальными и глубокими. Он был необыкновенно

скромным, максимально независимым человеком, чуждым околонуучной суете.

Как глубоко порядочный человек, всегда верный дружбе, Вилен Валентинович искренне стремился разделить все тяготы и горе своих друзей и коллег. Его многогранная личность и человеческое обаяние останутся с нами навсегда.

*Астрономы Московского Университета*

## Информация

### **Газовые оболочки в галактике Кентавр А**

Массивные эллиптические галактики, расположенные в центре скоплений галактик, способны поглощать соседние малые галактики. Иногда следы таких событий некоторое время сохраняются в виде слабых структур на фоне равномерно меняющейся поверхностную яркость эллиптической галактики.

На снимках с длительными экспозициями подобные вариации яркости могут выглядеть как слабые кольца. Но на самом деле это трехмерные фигуры, оболочки, спроецированные на фон галактики. Исследование их свечения, проведенное в начале 80-х, показало, что оболочки состоят из звезд.

В 1994 г. в этих оболочках неожиданно был обнаружен атомарный водород. Это противоречило теории, предполагающей, что межзвездный газ, собранный в облака плотностью около 1 атом/см<sup>3</sup>, при столкновении галактик теряет

энергию и падает к центру массивной галактики. Там он быстро расходуется в процессе активного звездообразования. Между тем при столкновениях галактик звезды почти “не замечают” друг друга.

Группа астрономов, возглавляемая В. Чармандарисом, решила прояснить расхождение теории и наблюдений. Ученые предположили, что сохранившийся в “оболочках” газ ранее размещался в небольших плотных (> 1000 молекул/см<sup>3</sup>) молекулярных облаках, и эти облака ведут себя при столкновениях галактик примерно так же, как звезды.

Вычисления частично подтвердили предположение. Динамическое поведение плотных облаков оказалось промежуточным между поведением звезд и диффузного межзвездного газа. Хотя большая часть газа и попадает в центр галактики, некоторая доля его “выживает” на значительных расстояниях от ядра. Она и формирует наблюдаемые газовые оболочки.

Для наблюдательной проверки было решено поискать оболочки вокруг некоторых ближних галактик. Основной компонент молекулярных облаков – водород H<sub>2</sub>, но он не

излучает при низкой температуре. Поэтому наблюдения велись в линии излучения окиси углерода CO, на волне 3 мм. Использовался 15-м субмиллиметровый телескоп (SEST), принадлежащий Швеции и Европейской Южной Обсерватории, установленный на горе Ла Силья в Чили.

Поиски оказались успешными. Особенно наглядный результат получен при исследовании близкой гигантской эллиптической радиогалактики Кентавр А, находящейся на расстоянии около 4 Мпк (Земля и Вселенная, 1980, № 2). Здесь нашли несколько оболочек, причем две из них расположены на продолжении радиовыбросов из ядра галактики, в 15 кпк от него.

Наблюдения будут продолжаться. Однако SEST имеет сравнительно небольшую разрешающую способность (44” на волне 3 мм) и слабую чувствительность (понадобилась экспозиция в 20 ч). Так что в дальнейшем предполагается использовать систему из 64 радиотелескопов ALMA (Земля и Вселенная, 1999, № 6).

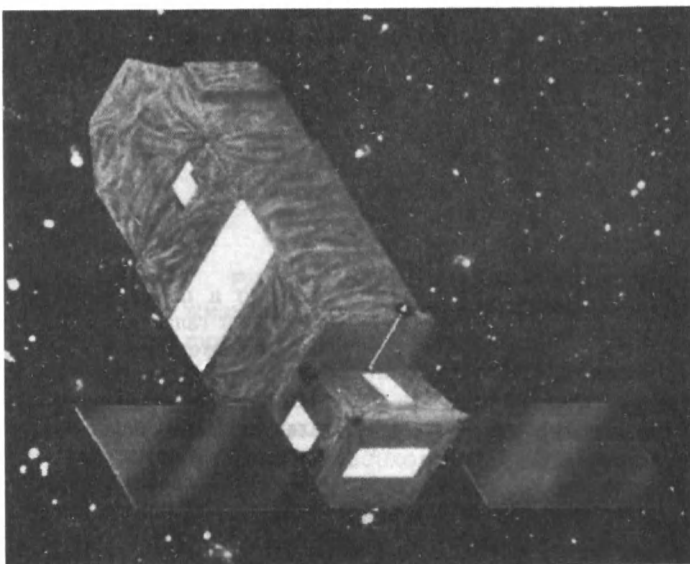
ESO Press Release 05/00  
14 March 2000

## I. Запуски астрофизических обсерваторий\*

1. **“ФУСЭ”** (“FUSE”, NASA). Запуск обсерватории состоялся 24 июня 1999 г. в 11 ч 44 мин\*\* с космодрома на мысе Канаверал. РН “Delta-2” вывела спутник на круговую орбиту высотой 754 × 770 км, наклоном 24,99° и периодом обращения 100,08 мин.

Ультрафиолетовая обсерватория “FUSE” (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer – исследователь в дальней ультрафиолетовой части спектра) предназначена для изучения состава и динамики межзвездного газа в ближайших галактиках, распределения дейтерия во Вселенной, структуры атмосфер звезд, планет и комет Солнечной системы. В программе наблюдений несколько сот астрономических объектов. Это часть проекта “Origin” (происхождение) по изучению происхождения Вселенной и жизни в ней.

Обсерватория оснащена телескопом, работающим в диапазоне 90,5-119,5 нм. Телескоп содержит два инструментальных модуля. В зеркальный модуль входят четыре сегмента первичного зеркала в форме параболоида размером 39 × 35 см каждый с фокусным расстоянием 2245 мм. Положение зеркал корректируется так, чтобы 90% энергии со-



*Американская ультрафиолетовая обсерватория “ФУСЭ” (“FUSE”).  
Рисунок NASA*

биралось в пределах 1,5”. Два сегмента, покрытые пленкой из алюминия с фторидом лития, используются для наблюдений в диапазоне 100-119,5 нм, два других, с пленкой из карбида кремния, – в диапазоне 90,5-110 нм. Во втором модуле телескопа расположено вторичное зеркало с четырьмя апертурами (диафрагмами) – круглой диаметром 0,5” и тремя прямоугольными размером от 1,25 до 30”. Собранное на вторичном зеркале излуче-

ние поступает в спектрограф на четыре сферические дифракционные голографические решетки. Ультрафиолетовые лучи здесь рассеиваются, затем более узкий спектр регистрируется двумя электронными детекторами. Спектральное разрешение телескопа (отношение ширины полосы к длине волны) – 24-30 тыс. Чувствительность аппаратуры “ФУСЭ” в 10 тыс. раз выше, чем у аналогичных приборов американской обсерватории “ОАО-3” (Сорепісус, запущена в 1972 г.), проработавшей 8,5 года.

\* Продолжение. Начало см.: 1996, № 3; 1997, № 2.

\*\* Здесь и далее дано время по Гринвичу.

Для наведения телескопа на исследуемый объект используются два датчика тонкой настройки – оптические телескопы-видоискатели с полем зрения  $21 \times 21'$ . Охлаждаемый ПЗС-приемник формирует изображение до  $14^m$ . С помощью бортового компьютера КА стабилизируется с точностью до  $0,5''$ . Научные данные передаются со скоростью 1 Мбит/с, запоминающее устройство хранит информацию объемом 240 Мбит.

КА имеет форму параллелепипеда, размеры  $0,9 \times 1,3 \times 5,5$  м и массу 1335 кг. “ФУСЭ” состоит из УФ-телескопа (длина 4 м и масса 780 кг) и служебного модуля с системами ориентации, хранения, обработки и передачи информации, связи и энергопитания (две солнечные батареи площадью  $3,5 \text{ м}^2$ , мощностью 0,5 кВт). Изготовила и испытала КА американская компания Orbital Sciences Corp. Разработал телескоп Университет им. Д. Гопкинса (США), в создании научной аппаратуры участвовали космические агентства Канады и Франции. Научный руководитель проекта – доктор Уоррен Мус.

Срок работы обсерватории – 3 года (с сентября 1999 г.), первые научные результаты будут объявлены в конце 2000 г. Стоимость проекта – 214 млн долларов.

2. “Чандра” (“Chandra X-ray Observatory”, “СХО” – Рентгеновская Обсерватория “Чандра” или “АХАФ”, NASA). 23 июля 1999 г. в 4 ч 31 мин с космодрома Канаверал стартовал КК “Колум-

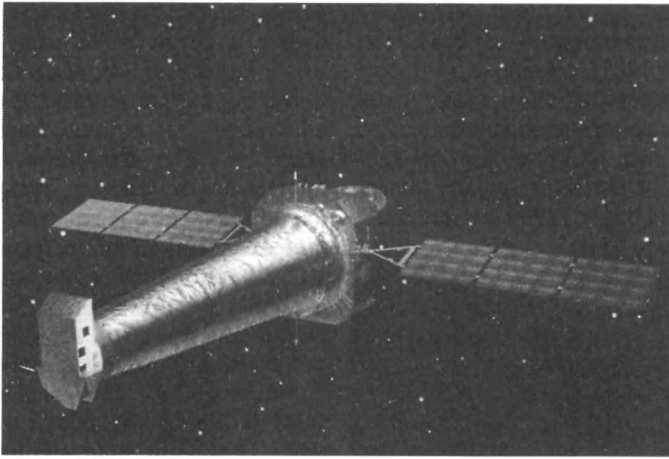
бия” (программа STS-93) с рентгеновской обсерваторией им. С. Чандры на борту. Через 8 ч 51 мин двухступенчатый разгонный блок IUS вывел обсерваторию на первоначальную орбиту высотой 330 × 72030 км, наклонением  $28,45^\circ$  и периодом обращения 1464 мин. Позднее с помощью бортовой двигательной установки КА была сформирована орбита наблюдения – высота  $10037 \times 140012$  км, наклонение  $28,46^\circ$  и период обращения 2 сут 16 ч 12,26 мин.

Обсерватория “Чандра” проекта “АХАФ” (Advanced X-ray Astrophysics Facility – рентгеновская астрофизическая установка передовой технологии) разрабатывалась 20 лет, названа в честь выдающегося американского астрофизика, лауреата Нобелевской премии С. Чандрасекара. Этот самый мощный рентгеновский телескоп в мире работает в диапазоне 0,1-10 кэВ. Его разрешение снимков в 8 раз, а чувствительность фотокамер в 20–50 раз выше, чем у ранее запущенных аналогичных обсерваторий. По значимости исследований в рентгеновской части спектра телескоп занимает такое же место, как “КТХ” в оптической. Телескоп “Чандры” позволяет наблюдать процесс падения вещества на черную дыру у границ Вселенной, активные ядра галактик и квазары, столкновение галактик, исследовать остатки Сверхновых и двойные, звездные короны и ветер, образование тяжелых элементов и свойства скрытой материи.

Конструктивно КА “Чандра” состоит из теле-

скопа, отсека научных приборов и служебного модуля. Телескоп содержит блок зеркальной системы высокого разрешения HRMA – это вложенные друг в друга четыре пары параболических и гиперболических зеркал диаметром 1,2 м, длиной 0,84 м каждое и общей массой 949 кг. Собирающая площадь зеркал, покрытых слоем иридия толщиной 60 нм, составляет  $1100 \text{ см}^2$ , фокусное расстояние – 10 м. При поле зрения  $1^\circ$  зеркала отражают 70% приходящего излучения, что позволяет различить два источника на угловом расстоянии  $0,5''$ . В отсеке научных инструментов (SIM) размещены приемники рентгеновского излучения: HRC (двухпластинчатая камера высокого разрешения с 69 и 36 млн каналов, работающих в диапазоне энергий 0,08-10 кэВ) и ПЗС-спектрометр ACIS (10 детекторов излучения в диапазоне 0,2-10 кэВ), а также две дифракционные решетки LETG (низких энергий 0,09-3 кэВ) и HETG (высоких энергий 0,4-10 кэВ). Отсек снабжен системами управления и терморегулирования, механизмами ввода приборов в фокальную плоскость и их фокусировку. Служебный модуль содержит управляющие компьютеры, двигательную установку, системы ориентации, управления, энергопитания, связи (скорость передачи информации – до 1,02 Мбит/с), обработки и хранения данных емкостью 1,8 Гбит.

Обсерватория представляет собой трубу диаметром 3,7 м и длиной 9 м, где разме-



Рентгеновская астрофизическая обсерватория "Чандра" ("CXO" или "AXAF"). Рисунок NASA

щен телескоп. На одном конце прикреплен отсек научных инструментов, на другом – служебный модуль с солнечными батареями (мощностью 2,35 кВт), их размах – 19,5 м. Длина обсерватории – 11,8 м (с открытой светозащитной крышкой телескопа – 13,8 м), диаметр – 4,27 м и масса – 5865 кг.

Изготовила и испытала КА фирма TRW Inc., научную аппаратуру – Ball Aerospace & Technologies Corp. Научный руководитель проекта – доктор Мартин Вайсскопф из Центра космических полетов им. Маршалла (NASA). Программой наблюдений обсерватории и сбором данных занимается

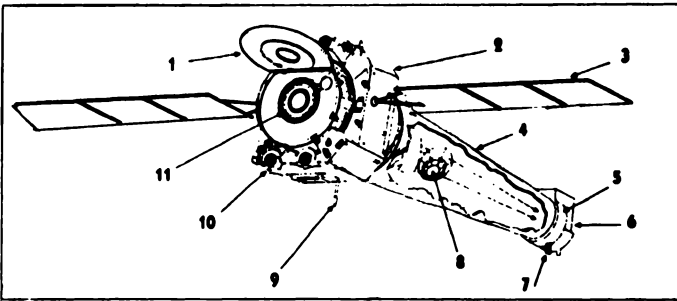


Схема размещения научных приборов и систем на обсерватории "Чандра": 1 – светозащитная крышка блока зеркал, 2 – служебный модуль, 3 – панели солнечных батарей, 4 – труба с телескопом и оптической системой, 5 – приемник рентгеновского излучения высокого разрешения HRC, 6 – отсек научных инструментов SIM, 7 – ПЗС-спектрометр ACIS, 8 – дифракционные решетки, 9 – радиоантенна передачи данных, 10 – двигательная установка, 11 – блок зеркальной системы HRMA

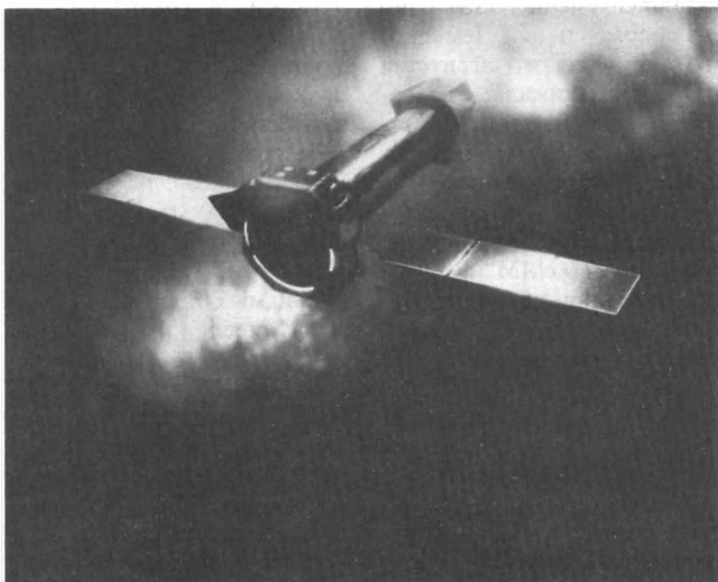
Научный центр АХАФ (СХС).

Планируемый срок работы – 12-15 лет, стоимость проекта (с учетом эксплуатации) оценивается в 2,78 млрд долларов.

3. "ИксММ-Ньютон" ("ХММ", ESA) запущена 10 декабря 1999 г. с космодрома Куру ракетой-носителем "Ariane-5" в 14 ч 32 мин. Обсерватория выведена на расчетную орбиту высотой  $775 \times 112530$  км, наклонением  $40,04^\circ$  и периодом обращения 1 сут 19 ч 45 мин. "ИксММ" получила имя И. Ньютона, она входит в программу фундаментальных научных космических исследований "Горизонт-2000".

Рентгеновская обсерватория "ХММ" (X-ray Multi-mirror Mission – рентгеновский многозеркальный проект) отличается от американской ("Чандра") большей собирающей площадью зеркал телескопа ( $4650 \text{ см}^2$ ). Такая особенность позволяет наблюдать более слабые источники: чувствительность европейского телескопа в 5 раз, а в диапазоне высоких энергий – в 15 раз выше. "ИксММ" работает в спектральном диапазоне 0,1-12 кэВ. На нем установлены три рентгеновских телескопа с фокусным расстоянием 7,5 м и оптический телескоп с апертурой (диафрагмой) 0,3 м для синхронных наблюдений. Каждый рентгеновский телескоп содержит модуль высокого разрешения (диаметр 0,7 м и длина 0,6 м) из 58 никелевых зеркал, покрытых золотом. Общая площадь 174 зеркал составляет  $120 \text{ м}^2$ . Поле зрения

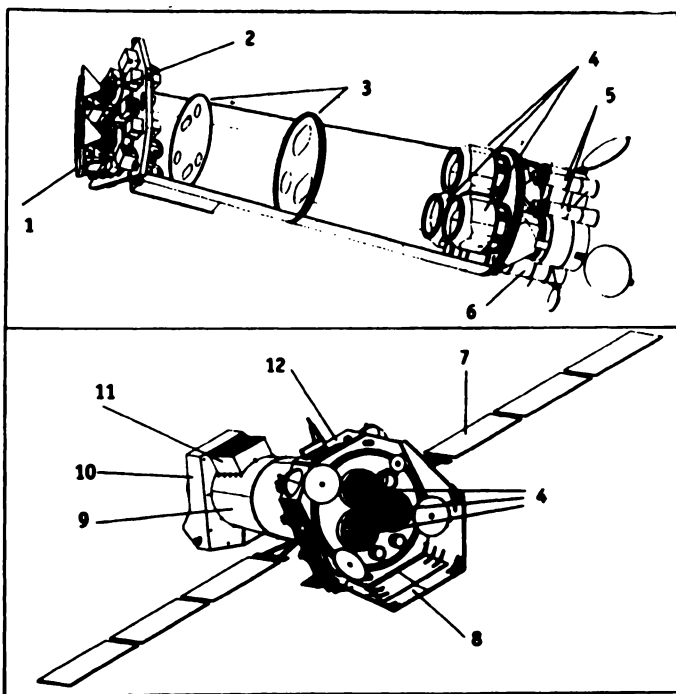
каждого зеркала – более 30', разрешение около 6'; они собирают 50% приходящего излучения в области 15". В фокальной плоскости размещены три приемника излучения – камеры EPIC с 12 ПЗС-матрицами (детекторы с диапазоном 0,1-15 кэВ). В двух телескопах находятся дифракционные решетки RGA, образующие вместе с 7 ПЗС-матрицами два отражающих дифракционных спектрометра RGS (диапазон энергий 0,35-2,5 кэВ). Для определения рентгеновских источников и одновременного наблюдения квазаров и аккреционных дисков используется оптический (каскадированный) телескоп с полем зрения 17' и разрешением около 1", работающий в видимом и ультрафиолетовом диапазонах 0,16-0,6 мкм. Все телескопы и спектрометры могут одновременно



наблюдать один объект, но снабжены независимым управлением. На борту КА нет запоминающего устройства, и вся информация передается непосредственно на Землю.

Конструктивно "ИксММ" схожа с КА "Чандра". Обсерватория длиной 10,8 м, диаметром 4,6 м и размахом панелей солнечных батарей 16,1 м, масса – 3850 кг. Космическая фирма Dornier

Схема размещения систем и научного оборудования на обсерватории "ИксММ": 1 – радиаторы охлаждения научной аппаратуры, 2 – приемники рентгеновского излучения (камеры EPIC), 3 – диафрагмы, 4 – зеркальные модули высокого разрешения с дифракционными решетками и спектрографом, 5 – звездные датчики, 6 – оптический телескоп (светозащитные крышки открыты), 7 – панели солнечных батарей, 8 – бленда телескопа, 9 – труба с системой рентгеновского телескопа, 10 – блок приборов в фокальной плоскости, 11 – устройство отвода газов, 12 – служебный модуль



Satellitensysteme (DSS), одно из подразделений Немецкого космического агентства (DASA), занималась разработкой и испытаниями КА. Научная аппаратура изготовлена 46 компаниями из 14 европейских стран, входящих в ESA. Управление полетом “ИксММ” и прием информации проводит Европейский космический центр управления (ESOC) в Дармштадте (Германия). Обрабатывает и хранит результаты исследований Центр научной съемки (SSC) в Лейчестерском университете (Англия). Научный руководитель проекта – доктор Фред Янсен. Расчетный срок работы “ИксММ” – от 2 до 10 лет. Стоимость проекта – 703 млн долларов.

## II. Полеты автоматических межпланетных станций\*

1. “Лунар Проспектор” (“Lunar Prospector”, США) запущен 7 января 1998 г. С помощью 5 научных приборов за 1,5 года выполнил глобальную спектрографическую, магнитную и гравитационную съемку Луны. На основе полученных данных составлены уточненные карты распределения химических элементов (в том числе редкоземельных) на всей поверхности Луны и водорода в полярных областях, районов распространения основных типов пород (базальтов, норитов и анортозитов), магнитных полей (с разрешением 0,5-3°, или

5-15 км) и гравитации (с разрешением до 30 км, гармоника достигают 100 порядков). Определены места залегания в поверхностном слое грунта водяного льда. Масса запасов льда оценивается в 200 млн т на Южном полюсе и 60 млн т на Северном. Над морскими районами обнаружены систематические изменения напряженности магнитного поля – от 0,1 до 10 нТ. Найдены сотни районов локальной намагниченности поверхности (с напряженностью до 300 нТ) и областей магнитосфер над Луной, где происходит взаимодействие солнечного ветра с сильными магнитными полями. Создана модель гравитационного поля, открыты еще 13 масконов (концентраций массы), уточнены размеры металлического лунного ядра – его радиус оценивается в 250-430 км, то есть менее 4% массы Луны. Столь малое ядро согласуется с гипотезой о столкновении нашей планеты с небесным телом размером примерно с Марс, в результате чего откололась часть Земли, ставшая Луной. Новые данные позволяют ученым построить более точный сценарий эволюции Луны, расширяют знания о формировании ее поверхности и процессах распределения в ней химических элементов.

В конце июля 1999 г. “Лунар Проспектор” перешел на орбиту спуска высотой 17,1 × 23,4 км, наклоном 90,5°. 31 июля 1999 г. (к этому времени аппарат выполнил свыше 6800 витков вокруг Луны) по команде из Центра управления

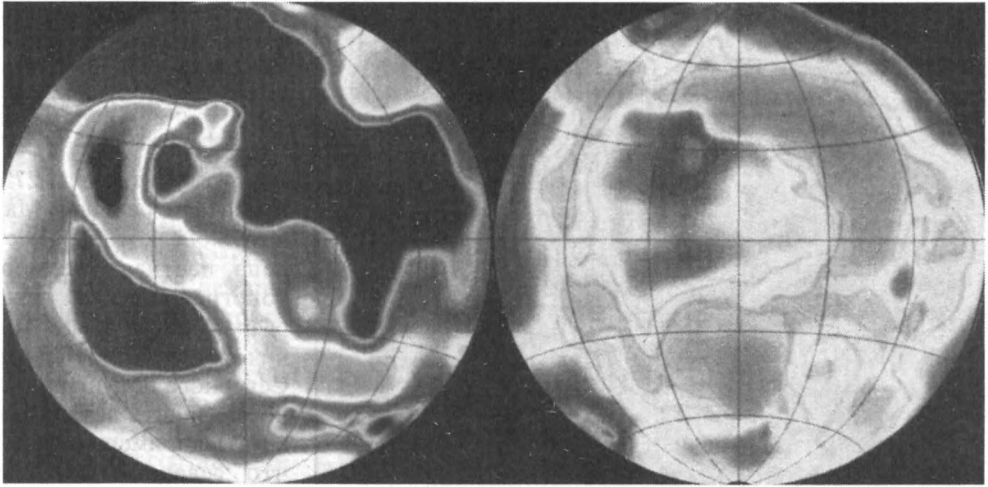
полетом включены двигатели на торможение. В 9 ч 52 мин 02 с КА со скоростью 1,69 км/с упал на обратную сторону Луны (вблизи границы видимого полушария) в точке 87,7° ю.ш. и 42° в.д. На Луну доставлена капсула с прахом американского астронома Ю. Шумейкера. Падение аппарата должно было вызвать взрыв и выброс водяного пара над одним из затененных кратеров диаметром 50 км и глубиной 4,2 км. Событие наблюдали в крупнейших обсерваториях и на “КТХ”. После обработки информации пылевое облако не обнаружили.

2. “Нодзоми” (“Nozomi”, Япония) запущена 3 июля 1998 г. Все системы АМС функционируют нормально, проверена работа 14 научных приборов. Станция совершает незапланированный полет по гелиоцентрической орбите между Землей и Марсом после неудачного маневра 20 декабря 1998 г. Баллистические расчеты показывают, что в июне 2003 г. “Нодзоми” пролетит на близком расстоянии около Земли. В результате пертурбационного маневра АМС перейдет на траекторию полета к Марсу, а в начале 2004 г. выйдет на его орбиту и проведет запланированную программу исследований.

3. “Кассини” (“Cassini”, NASA-ESA) запущена 15 октября 1997 г. АМС должен лететь к Сатурну. В 1999 г. выполнены два пертурбационных маневра. 24 июня в 20 ч 29 мин 55 с станция пролетела на расстоянии 602,6 км от поверхности Венеры. Выполнена

\* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4; 1998, № 3; 1999, № 3.





*Гравитационная карта Луны, составленная по данным "Лунар Проспектор"*

видовая и спектральная съемка облачного покрова планеты, радиопросвечивание атмосферы, измерены скорость ударной волны солнечного ветра, заряд и масса потоков ионов, характеристики плазмы. 18 августа в 3 ч 28 мин "Кассини" пролетела со скоростью около 15 км/с на расстоянии 1171 км от Земли. Приращение скорости составило 5,5 км/с. Во время пролета проведены съемка Земли и Луны, калибровка некоторых приборов. АМС в середине декабря 1999 г. вошла в пояс астероидов, благополучно миновав его в середине апреля 2000 г. Последний гравитационный маневр "Кассини" состоится на расстоянии 9,7 млн км от Юпитера 30 декабря 2000 г.

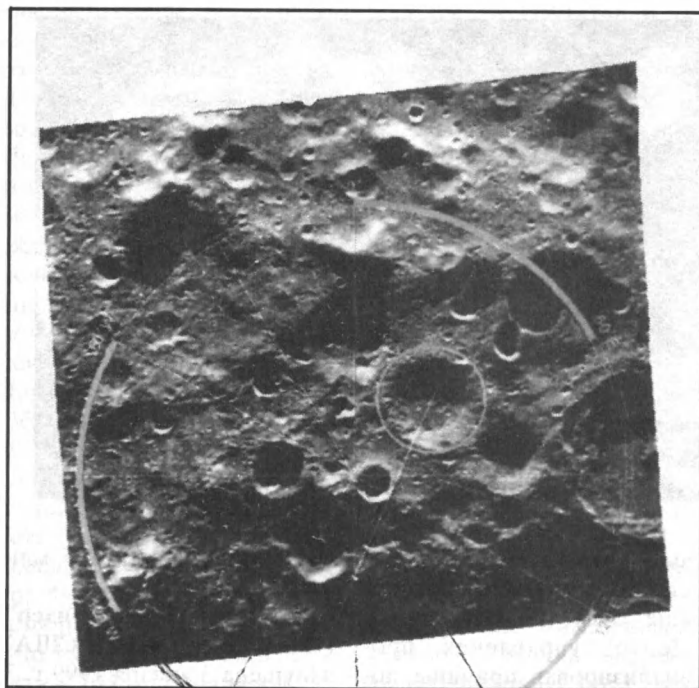
**4. "Марс Клаймит Орбитер"** ("Mars Climate Orbiter", США) запущена 11 декабря 1998 г. На трассе перелета

выполнены четыре коррекции. Можно было провести еще одну, но сотрудники Центра управления, проанализировав причины потери АМС, обнаружили ошибку. В переданной на борт станции программе параметров подлетной траектории к Марсу были заложены неправильные данные – специалисты перепутали единицы измерения импульса тяги двигателей. Одна из групп специалистов Центра управления полетом вместо Международной системы единиц использовала американскую метрическую систему. В результате высота полета станции над планетой оказалась значительно ниже – около 100 км, вместо 193 км. 23 сентября 1999 г. в 8 ч 50 мин над Северным полюсом Марса включился двигатель на торможение для перехода на орбиту планеты (планируемая высота орбиты 140 × 421 км). Станция вошла в атмосферу на высоте 57 км и прекратила существование, упав на поверхность планеты. Неудавшаяся мис-

сия оценивается в 125 млн долларов.

**5. "Марс Поуле Лэндер"** ("Mars Polar Lander", США) запущена 3 января 1999 г. 3 декабря 1999 г. в 13 ч 25 мин АМС выполнила тормозной импульс перед входом в атмосферу Марса. В 19 ч 21 мин посадочный отсек начал торможение на высоте 142 км. В 20 ч 11 мин он вошел в атмосферу со скоростью 6,9 км/с, связь со станцией прекратилась. Посадка должна была состояться в 20 ч 14 мин 45 с в районе Южного полюса с координатами: 76,1° ю.ш. и 194,7° з.д. Восстановить связь с АМС не удалось. Причина неудачной посадки станции, как и судьба двух пенетраторов (эксперимент "Дип Спейс-2"), осталась неизвестной. Стоимость программы – 165 млн долларов.

**6. "Марс Глоубэл Сервейер"** ("Mars Global Surveyor", США) запущена 7 ноября 1996 г. Второй этап аэродинамического торможения в атмосфере Марса проведен до 4 февраля



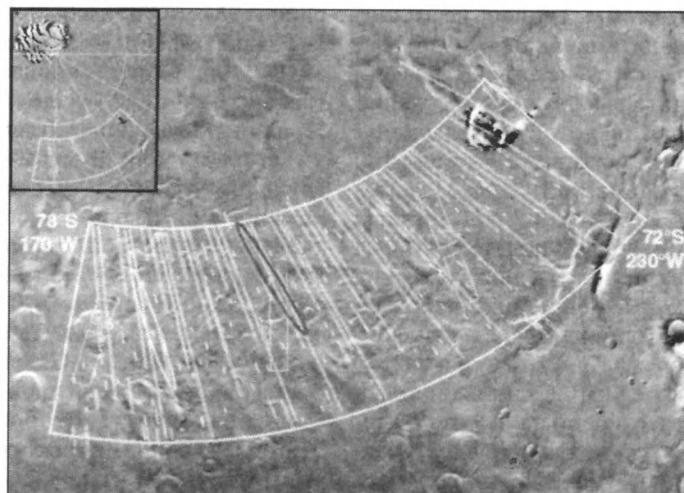
Район падения АМС "Лунар Проспектор" в крупный лунный кратер (обозначен кружком). Фото NASA

ля 1999 г. 19 февраля в 22 ч 20 мин (1473 витка) были включены двигатели, и АМС перешла на окончательную орбиту для картографирования поверхности: высота  $368 \times 438$  км, наклонение  $92,91^\circ$  и период обращения 117 мин. После чего

включили съемочную аппаратуру и раскрыли радиоантенну высокого усиления, передающую данные со скоростью до 85 кбит/с. Фотографирование поверхности планеты продлится до конца 2000 г. До мая 1999 г. с помощью лазерного аль-

тиметра выполнены 27 млн измерений рельефа Марса, на основе которых составлена цветная трехмерная топографическая карта разрешением до 13 м. На некоторых стереоснимках Северного полушария можно различить детали менее 2 м. Например, оказалось, что северное полушарие ниже южного на 3-5 км, а перепад высот достигает 30 км! Ученые теперь склонны считать долину Эллада в южном полушарии гигантским кратером диаметром 2100 км и глубиной 9 км (толщина слоя осколков составляет около 2 км), образовавшимся от падения крупного астероида. Запасы водяного льда в полярных областях оценивают в 2,3-4,7 млн км<sup>3</sup> (в этом случае, если растопить лед, Марс окажется под слоем воды 22-33 м!), что составляет, вероятно, третью часть гипотетического древнего океана планеты. Данные АМС указывают на существование озер жидкой воды на большой глубине в северной полярной шапке. Это увеличивает шансы найти там какие-либо формы жизни.

7. "Дип Спейс-1" ("Deep Space-1", США) запущена 24 октября 1998 г. С 15 марта по 27 апреля 1999 г. про-



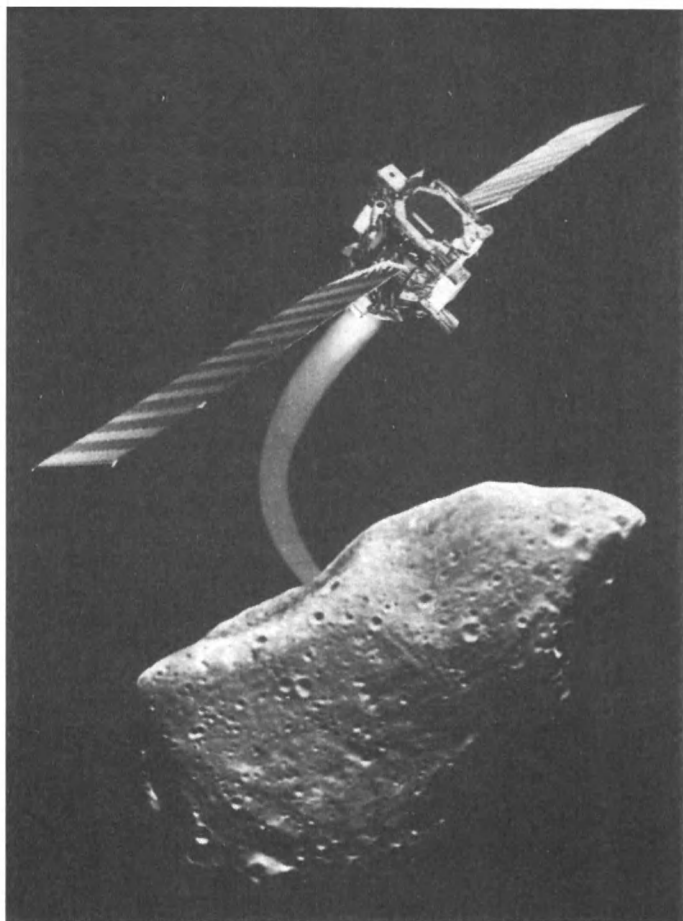
Место предполагаемой посадки станции "Марс Поулс Лэндер" (отмечено эллипсом). Фото NASA

водились включения ионной двигательной установки длительностью около 1200 ч с целью встречи с астероидом Брайль. Выполнена программа экспериментов 12 перспективных технологий. 29 июля 1999 г. в 4 ч 46 мин АМС пролетела в 25 км от астероида Брайля (1992 KD, назван в честь Луи Брайля – изобретателя алфавита для слепых). Скорость сближения составила 15,5 км/с. Измерены элементный и минералогический состав астероида, взаимодействие его с солнечной плазмой. Из-за сбоя в работе автономной навигационной системы получены только два снимка. Размеры астероида – 1 × 2,2 км. Спектрометрические исследования поверхности Брайля полностью совпадают со свойствами грунта астероида Веста (длина 538 км). На Весте обнаружены кратер диаметром 460 км и множество обломков около него. Не исключено, что кратер возник в результате столкновения малых тел, а астероид Брайль – вырванный осколок Весты. В январе 2001 г. целью исследований “Дип Спейс-1” станет комета Вильсона–Харрингтона, а затем – комета Борелли, около которой АМС пролетит в сентябре 2001 г. К сожалению, в ноябре 1999 г. отказали УФ-спектрометр и звездный датчик, что осложняет дальнейшие исследования. В январе 2000 г. станция удалится от Земли на 250 млн км.

8. “Стардаст” (“Stardust”, США) запущена 7 февраля 1999 г. Продолжается полет к комете Вильда-2, встреча запланирована на 2 января



*Марсианские равнины с дюнами и золовыми отложениями на гребне кратера в Тирренской земле. Небольшие старые равнины на кратерированных нагорьях Марса часто изменены эрозией. Снимок получен в апреле 1999 г. АМС “Марс Глоубэл Сервейер”. Фото NASA*



*“Дип Спейс-1” пролетает около астероида Брайля 29 июля 1999 г. Коллаж NASA*

2004 г. Несмотря на сбои в работе некоторых систем, проверена научная аппаратура АМС. Первый маневр по изменению плоскости орбиты выполнен в марте 2000 г., а 15 января 2001 г. должен состояться пролет около Земли.

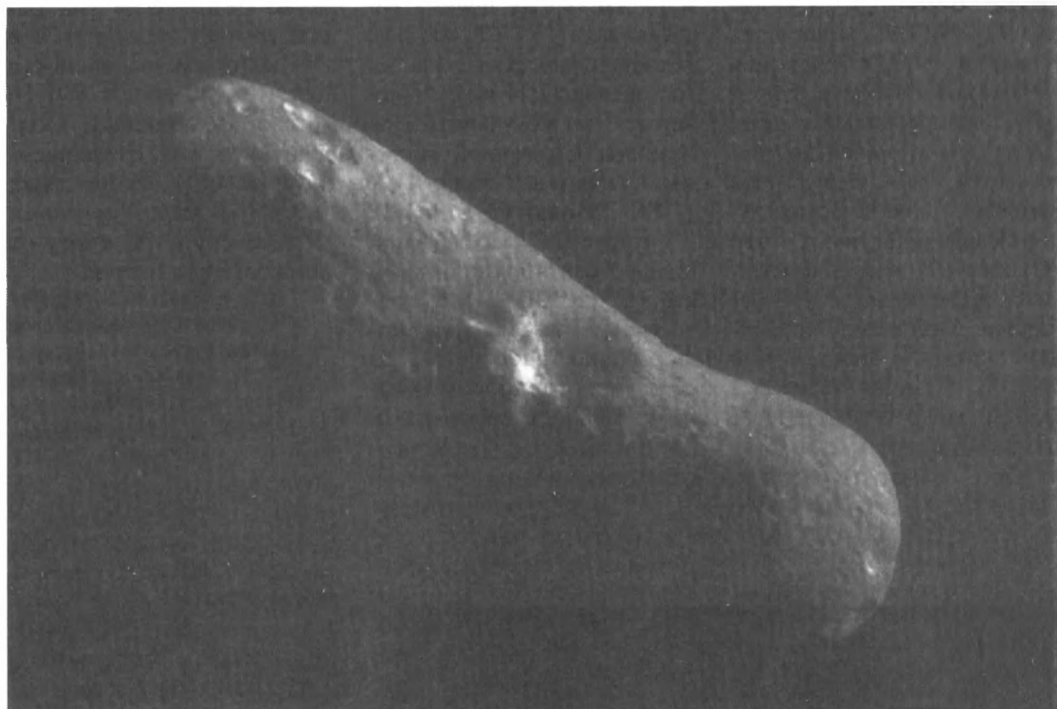
**9. “НЕАР-Шумейкер”** (“NEAR”, США) запущена 17 февраля 1996 г. АМС названа в честь американского астронома Ю. Шумейкера. К началу 2000 г. проведены более 20 коррекций траектории полета и наладка научных приборов. 14 февраля 2000 г. АМС сблизилась с астероидом Эрос (№ 433), вышла на его орбиту высотой 323 × 370 км

и приступила к исследованиям. В это время расстояние до Земли составляло 268 млн км. С расстояния от 3000 до 330 км получено более 8000 снимков с разрешением до 30 м и измерены спектральные характеристики Эроса. Программа работ рассчитана на 1 год.

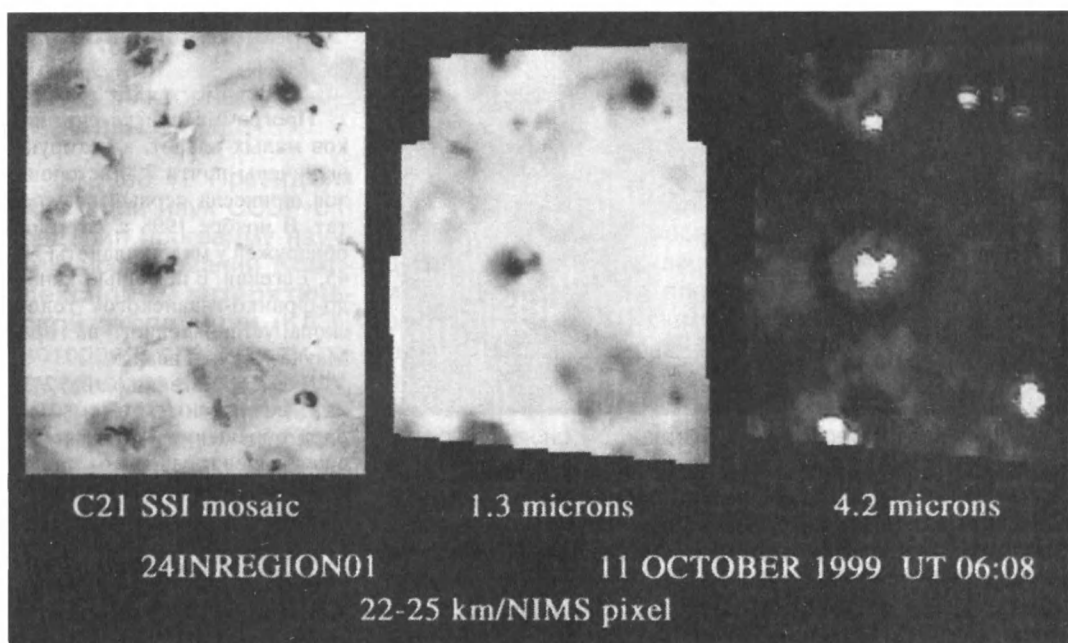
**10. “Галилей”** (“Galileo”, США) запущена 19 октября 1989 г. Выполняя дополнительную программу исследований системы Юпитера (до декабря 1999 г.), АМС совершила пролеты около Каллисто – 5 мая (на расстоянии 1315 км), 30 июня (1049 км), 14 августа (2284 км), 16 сентября (1052 км) и

около Ио – 11 октября (611 км), 26 ноября (300 км). Проведена фотосъемка, измерены плазменно-пылевые потоки, температура и элементный состав отдельных участков Каллисто, вулканических областей и южного полюса Ио. Отмечено заметное повышение вулканической деятельности Ио. Температура поверхности доходит до 1400 К, указывая на излияние расплавленных базальтов (что противоречит предположению о толстом слое серы). На Ио обнаружены горы высотой до 16 км, разреженная атмосфера (менее 1 мбар) из вулканических газов, полярные сияния и магнитосфера мощностью 1200-1835 нТ. Внутреннее строение Ио представляет собой сернисто-железное ядро диаметром 1300-1850 км и силикатную мантию. Принято решение о продолжении в 2000 г. исследований системы Юпитера.

**11. “Улисс”** (“Ulysses”, ESA-NASA) запущена 7 октября 1990 г. Продолжаются исследования Солнца и окосолнечного пространства. Все научные приборы работают нормально. В конце февраля 2000 г. станция находилась в 47° южнее плоскости эклиптики, двигаясь относительно Солнца со скоростью 9,3 км/с. Расстояние до Солнца составляло 3,9 а.е. В сентябре 2000 г. начнется повторный пролет АМС под Южным полюсом Солнца.



Снимок астероида Эрос, сделанный 12 февраля 2000 г. с расстояния около 1300 км. На поверхности обнаружено множество кратеров вулканического происхождения и слоистая структура (длинные параллельные желоба). Фото NASA



Вулкан Прометей (в центре) и 10 новых активных вулканов на Ио. Мозаика снимков 26 ноября 1999 г. (в различных частях спектра), выполненных во время пролета АМС "Галилей". Фото NASA

12. “Пионер-10” (“Pioneer-10”, США) запущена 3 марта 1972 г. В конце 1998 г. возобновлена работа АМС, прекращенная в марте 1997 г. Со станцией поддерживается связь. Результаты измерений космических лучей свидетельствуют, что “Пионер-10” все еще находится в гелиопаузе (пограничный слой между солнечным ветром и межзвездной средой). Станция удалилась от Земли на расстояние 11,01

млрд км (время приема радиосигнала – 10 ч 21 мин), ее гелиоцентрическая скорость составляла 12,24 км/с. “Пионер-10” также удаляется за границы Солнечной системы, но с ним нет связи.

13. “Вояджер-1 и -2” (“Voyager-1/-2”, США) запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г. Обе АМС продолжают передавать информацию, работают 5 из 13 научных приборов. К началу 2000 г. станции нахо-

дились от Земли на расстояниях соответственно 11,35 и 8,94 млрд км (радиосигнал шел 10 ч 30 мин и 8 ч 16 мин). Они покидают Солнечную систему с гелиоцентрическими скоростями 17,3 и 16,9 км/с под углами 35° к северу и 48° к югу от плоскости эклиптики.

(По материалам NASA, JPL, ESA, DASA и журналов “Spaceflight”, “Sky and Telescope”, “Flieger Revue”, “Новости космонавтики” за 1999-2000 гг.)

С.А. ГЕРАСЮТИН

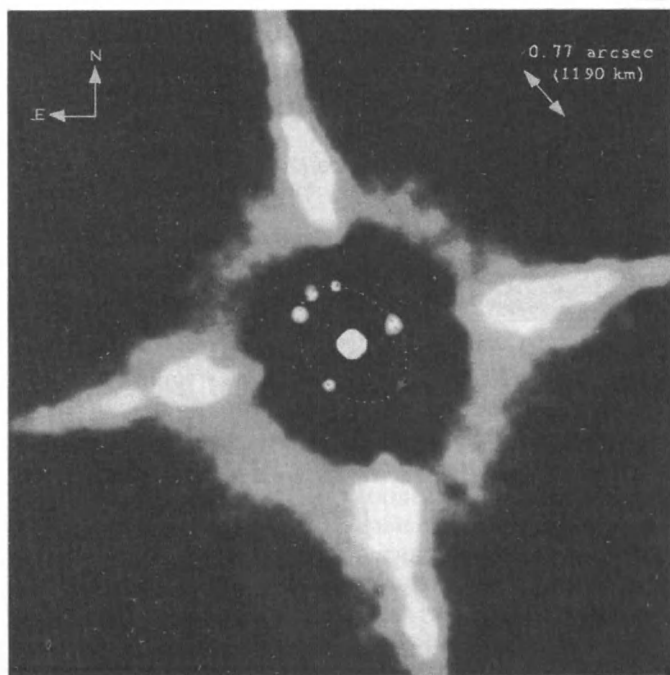
## Информация

### Евгения со спутником

Программа поиска спутников малых планет, в которую включены почти 200 астероидов, принесла первый результат. В ноябре 1998 г. спутник обнаружен у малой планеты № 45, Евгении, с помощью канадо-франко-гавайского телескопа, установленного на горе Мауна-Кеа на Гавайях.

Диаметр Евгении около 215 км, а ее спутника – 13 км. Период обращения – 4,7 дня. И еще выяснилось, что плотность астероида очень мала – 1,2 г/см<sup>3</sup>.

The Planetary Report, 2000, XX, 1, p. 21



Композиция из пяти изображений малой планеты Евгении (в центре), вокруг которой обращается спутник. На снимке видны пять его изображений, полученных в разные ночи наблюдений в ноябре 1998 г. (Большой крест вокруг – дефект изображения, вызванный рассеянием света в телескопе.)

## На Полюсе холода Земли

Российские исследователи впервые ступили на берег Антарктиды лишь спустя 136 лет после ее открытия российскими мореплавателями. И вот уже почти полвека без перерыва продолжается эта необычно долгая экспедиция, в которой участвовали многие наши соотечественники. Ими сделано немало открытий (Земля и Вселенная, 1999, № 4). И среди них – Полюс холода нашей планеты.

### САННО-ТРАКТОРНЫЕ ПЕРЕХОДЫ

В 1955 г. Президиум Академии наук СССР определил программу научных исследований **Комплексной антарктической экспедиции (КАЭ)**, которая в следующем году прибыла в Антарктиду. Шла подготовка к **Международному геофизическому году**, при планировании которого изучению Антарктики – покрытого льдом материка и омывающих его морей – отведено одно из важнейших мест. Предусматривалось, что экспедиция в период с декабря 1955 г.

по апрель 1959 г. проведет исследования в океане и организует на материке три научно-исследовательские станции для наблюдений за природными процессами по глобальной программе исследований в рамках Международного геофизического года.

Антарктида в это время еще оставалась *Terra incognita*. В распоряжении ученых – только разрозненные данные наблюдений в прибрежных районах и материалы, полученные экспедициями Р. Скотта (1902, 1911-12), Э. Шеклтона (1908), Р. Амундсена (1911-12), Р. Бэрда (1928) в центральной части континента в те несколько месяцев, когда продолжались их походы. Огромная площадь антарктического ледникового щита (размером с Европу) оставалась совершенно не изученной. Было не ясно, с какими природными условиями придется встретиться в центральной ее части. КАЭ должна была создать на побережье океана базовую обсерваторию и две внутриконтинентальные обсерватории: одну вблизи геомагнитного полюса

(78°30' ю.ш., 107° в.д.); другую – в самой удаленной от побережья точке – на Полюсе недоступности (82° ю.ш., 50°–60° в.д.).

В программу КАЭ включены исследования океанов и прибрежных районов во время плавания судов, работа зимовочных отрядов на материке: наблюдения на станциях и в маршрутах санно-тракторных поездов.

Антарктические экспедиции стали продолжением наших арктических исследований, грандиозный масштаб которых порадовал мир на протяжении первой половины XX в. Предполагалось, что организацию научных работ в Антарктике возглавит признанный арктический лидер легендарный И.Д. Папанин, совершивший в 1937-38 гг. с П.П. Ширшовым, Е.К. Федоровым и Э.Т. Кренкелем первый в истории дрейф из района Северного полюса с проведением комплексных научных исследований (Земля и Вселенная, 1987, № 4). Но здоровье было уже не то, и честь открыть эпоху российских антарктических исследо-

ваний выпала на долю его последователя – начальника второй дрейфующей станции в Северном Ледовитом океане (СП-2) М.М. Сомова.

**Арктика и Антарктика противоположны** не только по занимаемому ими положению на земном шаре. Первая представляет собой океан среди материков. Вторая – материк, окруженный тремя океанами; их окраины, омывающие Антарктиду, часто объединяют под названием Южный океан. В Арктике обсерватории дрейфуют вместе с льдинами, переносимыми циркумполярными течениями. В Антарктиде научные станции размещаются на гигантском ледниковом куполе высотой до 4000 м; они не только полярные, но и высокогорные. В антарктическом небе не найти звезды, указывающей на Южный полюс мира, подобно нашей Полярной, расположенной вблизи Северного полюса мира. Там все светила в суточном движении перемещаются против часовой стрелки, что непривычно для жителей северного полушария Земли.

Сначала антарктические экспедиции укомплектовывались в основном теми, кто имел арктический опыт. В первую из них, во главе с М.М. Сомовым, отправились крупнейшие ученые, много работавшие в Арктике и высокогорных районах, – Г.А. Авсюк, Б.Л. Дзержевский, К.К. Марков, П.А. Шумский. Участвовал в

этой экспедиции и молодой гляциолог В.М. Котляков, будущий директор Института географии РАН, академик, заместитель главного редактора журнала “Земля и Вселенная”.

В феврале 1956 г. разгрузку на берег Антарктиды начал дизель-электроход “Обь”, ведомый капитаном И.А. Маном, затем подошли еще два судна – “Лена” и “Кооперация”. У Берега Правды, в районе острова Хасуэлл, на четырех скалах, выступавших из-под края ледяного купола, началось строительство станции *Мирный*, названной в память об одном из кораблей российских первооткрывателей Антарктиды. 13 февраля обсерватория была открыта, а к концу мая она уже вела наблюдения по всему комплексу, предусмотренному научной программой. Постройка обсерватории *Мирный* со взлетно-посадочной полосой, базой вездеходов и тракторов, запасом горючего – все это, по терминологии космонавтов, “первая ступень ракеты-носителя”, ориентированной на два полюса, в равной степени удаленных (на 2000 км) от побережья – на **Южный геомагнитный и Полюс недоступности**.

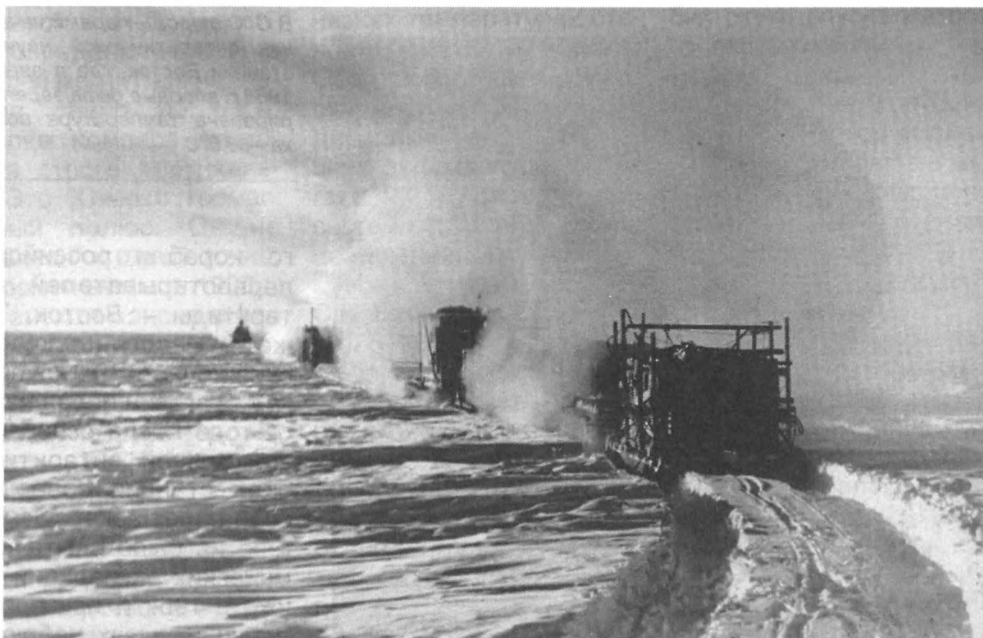
Организовав основную базу на побережье, где могли разгружаться корабли, КАЭ начала продвигаться в глубь материка на санно-тракторных поездах. Обычно поезд состоял из двух гусеничных тракторов С-80 и ше-

сти прицепных саней, на двух из которых в утепленных домиках-балках жили участники похода. В первом походе отъехали от Мирного всего на 375 км. Во время следующего – поднялись по склону щита до 2700 м над уровнем моря.

Продолжался поход со 2 апреля по 4 мая, т.е. поздней осенью, когда температура воздуха достигала  $-50^{\circ}\text{C}$ , а пурга с порывами ветра до 25 м/с не прекращалась по нескольку суток. Полярники выявили основные трудности передвижения по Антарктиде, недостатки в технике и оборудовании. Вся информация была передана следующей смене, которая скорректировала свою подготовку к поэтапному проникновению в неизведанную центральную часть антарктического ледникового покрова.

“Пересменка”, когда отзимовавшие переходят на пришедший корабль, а вновь прибывшие расселяются и знакомятся с окружением, – радостный, хотя и довольно трудный этап экспедиции. “Старожилы” вводят в курс дела новичков. Вторая антарктическая прибыла в *Мирный* в 1997 г. с тягачами АТТ, более надежными, чем трактора. Самолеты экспедиции были оснащены турбокомпрессорами для взлета в условиях высокогорья. Учитывая опыт предшественников, уже летом готовили промежуточные базы. Создали станцию *Восток-1*, провели гля-





На ледниковом плато Антарктиды. Санно-тракторный поезд направляется к месту строительства внутриконтинентальной станции Восток в районе Южного геомагнитного полюса (1957 г.). Фото В.И. Коптева

циологический поезд. 6 ноября 1957 г. открыли станцию "Комсомольская". Она сооружена на "развилке" маршрутов к двум полюсам – геомагнитному (на восток) и недоступности (на запад). Учтен опыт использования транспортных средств в первых походах. Например, тягачи АТТ имели стандартные узкие гусеницы. Их проходимость в антарктических снегах, рыхлых там, где ослабевали стоковые ветры, оказалась очень низкой: глубина колеи достигала 40-50 см. На машины для следующей экспедиции поставили уширители гусениц.

Продвигались к Полюсу недоступности поэтапно (в течение осени, зимы и весны). В 1420 км от Мирного создана промежуточная станция Советская. Она начала вести наблюдения 18 февраля и законсервирована 30 декабря 1958 г. Несколькими днями раньше (14 декабря) санно-тракторный поезд третьей экспедиции, штурманом которой был гравиметрист-геодезист Ю.Н. Авсюк, прибыл на Полюс недоступности, преодолев от побережья моря Дейвиса 2110 км. Организована станция Полюс недоступности. А на двухтысячекилометровом пути к ней проведены гравиметрическая и сейсмическая съемки, позволившие получить разрез ледникового покрова и "увидеть" подледный рельеф Антарктиды.

НА ЮЖНОМ ГЕОМАГНИТНОМ ПОЛЮСЕ

Еще в апреле 1956 г. из Мирного отправился санно-тракторный поезд в направлении к Южному геомагнитному полюсу. Он встретил непредвиденные трудности, и на месте вынужденной остановки, в 400 км от Мирного, решили основать станцию Пионерская. Самолетом доставили все необходимое для жизни в ледяной пустыне и проведения научных наблюдений. 27 мая 1956 г. открыта первая в Антарктиде внутриконтинентальная станция. На ледяном панцире шестого континента планеты впервые в истории люди остались зимовать: метеоролог и начальник станции А.М. Гусев, гляциолог И.Д. Долгушин, радиотехник Е.Г. Ветров и механик Н.Н. Кудрявцев.



*В.С. Сидоров – первый начальник антарктической научной станции Восток, где в августе 1958 г. впервые была зарегистрирована температура воздуха  $-88,3^{\circ}\text{C}$*

Они получили сведения о погоде внутри континента. Зимой на ледниковом куполе минимальная температура опускалась до  $-67^{\circ}\text{C}$ , а штормовые стоковые ветры дули постоянно.

В то время, когда зимовали первые обитатели *Пионерской*, в Ленинграде и Москве формировалась новая экспедиция, которой предстояло создать две научные станции Международного геофизического года, одну из них – в районе Южного

геомагнитного полюса. Когда выбирали место для строительства этой станции, природные условия в центральной части материка представляли весьма приблизительно. Будущих зимовщиков предупреждали, что они должны быть готовы к кислородному голоданию, высотной болезни, к большей, чем в любой из пустынь, сухости воздуха и сверхнизким температурам (возможно, и ниже  $-100^{\circ}\text{C}$ ). Название станции дано по имени второ-

го корабля российских первооткрывателей Антарктиды – *Восток*. Так же назывался и космический корабль, на котором Ю.А. Гагарин через четыре года после основания уникальной антарктической станции совершил свой полет вокруг Земли. Еще не было опыта космических экспедиций, но уже в 1957 г. при проведении научных наблюдений вне помещений полярники вынуждены были изобретать и применять защитные приспособления: гофрированный шланг для дыхания, электрогрелки, маски с защитными очками, рукавицы и унты с электроподогревом. Ситуации, которые описал в свое время Джек Лондон в рассказах о Севере, в условиях высокогорной Антарктиды оказались намного суровее. Передвижению сопутствовала одышка, учащенное сердцебиение. При морозах около  $-70^{\circ}$  работать на открытом воздухе можно было не более получаса, рассчитывая каждое движение. Акклиматизация происходила очень медленно.

...Санно-тракторный поезд второй антарктической экспедиции за четыре месяца удалился от *Мирного* почти на 2000 км. Достигнута высота 3500 м над уровнем моря.

Магнитолог Н.Д. Медведов определил точку, в которой магнитное наклонение равно  $90^\circ$ , т.е. стрелка компаса становится строго вертикальной. Это Южный геомагнитный полюс. Он не «привязан» к одной точке, а перемещается: в 1909 г. британская экспедиция Эрнста Шеклтона обнаружила его на  $72^\circ 25'$  ю.ш. и  $155^\circ$  в.д., а спустя почти полвека координаты полюса –  $78^\circ 25'$  ю.ш. и  $106^\circ 48'$  в.д.

Первый начальник станции **В.С. Сидоров** – опытный полярник, Герой Социалистического Труда, возглавлявший три дрейфующие научные станции *СП* в Северном Ледовитом океане, вспоминал: «Начали обустриваться. Специальной «волокушей-гладилкой» разровняли рыхлый и сыпучий, как песок, снег; по намеченному плану установили «балки» – маленькие теплые домики на санях, общей площадью  $15 \text{ м}^2$ . Разместили радиомачту и основные метеорологические приборы. Когда запустили электростанцию мощностью  $12,5 \text{ кВт}$ , заработала радиостанция в  $200 \text{ Вт}$ : радиосвязь с миром была налажена. 16 декабря 1957 г. научно-исследовательская станция *Восток* приступила к наблюдениям на Южном геомагнитном полюсе Земли... Работать было тяжело. При  $70^\circ$  ниже нуля нельзя забить гвоздь в доску без предварительного сверления. И металл, и дерево, а особенно резина при

низких температурах становились хрупкими... Обогрев станции осуществлялся работающими дизелями электростанции: охлаждающую двигатель воду отводили по системе батарей в жилые помещения...»

Имя Василия Семеновича Сидорова (1925–1994), впоследствии еще трижды зимовавшего на *Востоке*, достойно стоять в ряду имен первоисследователей ледового материка. Именно он измерил в конце декабря 1958 г. самую низкую температуру воздуха, когда-либо наблюдавшуюся на Земле:  $-88,3^\circ\text{C}$ . И хотя в августе 1959 г. метеоролог А.Б. Будрецкий зарегистрировал на *Востоке* еще более низкую температуру  $-89,3^\circ\text{C}$ , первооткрывателем Полюса холода на Земле считается В.С. Сидоров, установивший, что на поверхности нашей планеты возможны температуры близкие к  $90^\circ$  ниже нуля.

Поиск в Антарктиде места, где могла бы наблюдаться самая низкая температура, не входил в научную программу экспедиции. Информация о температурных минимумах в Антарктиде приходила постепенно, по мере «обживания» материка. Так, на станции *Пионерской* в июле, августе и сентябре 1958 г. фиксировалась минимальная температура  $-63^\circ\text{C}$ . На станции *Пионерская* она оказалась ниже, чем на американской станции *Литл-Америка*, где стол-

бик ртути опускался всего лишь до  $-53^\circ\text{C}$ .

Одно время считали, что наиболее холодное место на шестом материке – Южный полюс, где с 1957 г. ведет наблюдения американская станция *Амундсен-Скотт*. Но в 1958 г. самым холодным оказался *Восток*.

С момента измерения в Верхоянске в феврале 1892 г. минимальной для Северного полушария температуры воздуха  $-67,6^\circ\text{C}$  прошло 66 лет. 13 февраля 1933 г. «Полюсом холода» стал Оймякон ( $-67,7^\circ\text{C}$ ). 11 мая 1957 г. впервые стал известен антарктический минимум (Амундсен-Скотт,  $-73,6^\circ\text{C}$ ). 1 мая 1958 г. «рекорд» побит на *Востоке*:  $-76,0^\circ\text{C}$ . Через три дня на Советской было холоднее ( $-78,8^\circ\text{C}$ ). Но 15 июня того же года на станции *Восток* температура опустилась ниже  $-80^\circ\text{C}$ , а затем в 1958 г. измерен «сидоровский минимум».

ПОЧТИ КОСМИЧЕСКАЯ...

Научно-исследовательская станция *Восток* – единственная из всех российских антарктических станций, работающая без перерыва уже более 40 лет. Она расположена в наиболее интересном для научных исследований районе ледового материка, природные условия которого настолько уникальны, что станцию можно было бы назвать «почти космической». Обстановка, в которой живут и работают ежегодно сменяющиеся



зимовщики, во многом похожа на внеземную. А в последние годы в работе станции определилось направление, непосредственно соприкасающееся с космической тематикой.

В течение более двух десятилетий (случались, правда, вынужденные простои) сотрудники станции проводят **глубокое бурение** ледникового щита. Первоначальная цель – пробурить весь ледниковый покров до каменного ложа, чтобы получить образцы подстилающих гигантский ледник пород и разрез толщи льда, отложившегося не менее чем за миллион лет (Земля и Вселенная, 1999, № 3). Исследование ледяного керна из скважины позво-

ляет изотопным методом определить температуру, количество осадков и газовый состав атмосферы в далеком прошлом. Скважина давно бы достигла подледникового ложа, если бы не неожиданное открытие...

Проведенная российскими сейсмологами и гляциологами И.А. Зотиковым и А.П. Капицей еще в санно-тракторном походе Второй экспедиции сейсмическая съемка указала на существование в районе станции **Восток** обширного **водоема подо льдом** на глубине 3,5 км площадью не менее 10 тыс.км<sup>2</sup>. Его предполагаемая длина – 250 км, ширина – 40 км, глубина – более 500 м (Земля и Вселенная, 1996, № 3).

*Сброс бочек с горючим на брьющем полете самолета для зимовщиков антарктической станции Восток (1958 г.). Фото В.И. Коптева*

Более столетия продолжается исследование Антарктиды. Ледовый материк всесторонне изучен экспедициями из многих стран мира. И если доведется еще обнаружить что-нибудь новое, неизвестное на континенте у Южного полюса, скорее всего это произойдет в центральной части Антарктиды. Одно из открытий, вызвавшее интерес во всем мире, уже сделано. В ледяном керне скважины обнаружены **микрорганализмы, сохранившие жизнеспособность**

(Земля и Вселенная, 1999, № 5). По мнению биологов, в древней подледниковой воде могут присутствовать микроорганизмы, жившие на Земле около миллиона лет назад. Поэтому на международном совещании исследователей Антарктики решили соблюдать при дальнейшем бурении скважины на Востоке крайнюю осторожность, чтобы не допустить и малейшего загрязнения уникального водоема, миллионы лет изолированного от окружающей среды мощной ледяной защи-

той. Последствия проникновения в этот мир непредсказуемы.

Романтика полярных исследований, которые были связаны с преодолением неимоверных трудностей и часто ставили исследователей на край гибели, постепенно уходит в историю. В наши дни техника позволяет оперативно посещать сколь угодно удаленные и труднодоступные территории. Символическим рубежом двух эпох экспедиционных исследований Земли можно считать запуск первого спутника Зе-

мли, осуществленный в нашей стране 5 октября 1957 г. Как раз в это время в Антарктиде зимовала вторая экспедиция, а на смену ей отплыла по направлению к Антарктиде третья.

Выход человечества в космос по времени совпал с первым его проникновением в центральную часть Антарктиды.

*Ю.Н. АВСЮК,  
член-корреспондент РАН  
ОИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН  
В.А. МАРКИН,  
кандидат географических наук*

## Информация

### **Вода на Луне, где она?**

Возможность существования скоплений снега и льда в полярных районах Луны была высказана после пролета спутника "Клементина" (Земля и Вселенная, 1997, № 5) и затем подтверждена наблюдениями с борта "Lunar Prospector". Исследование распределения водных запасов на Луне важно не только для теоретической планетологии, но и в плане жизнеобеспечения будущих экспедиций на наш естественный спутник. Поэтому группа американских космофизиков поставила задачу выявить те обла-

сти на Луне, где в принципе возможно присутствие и длительное сохранение льда.

Понятно, что наиболее подходят для этого приполярные районы, в которых Солнце не поднимается высоко над лунным горизонтом. Но и там должна помочь топография местности, создающая постоянную тень. Подробную карту полярных областей составили по наземным наблюдениям методом радиолокационной интерферометрии. 70-м параболическая антенна радиотелескопа в Голдстоуне (Калифорния, США) посылала к Луне радиосигнал на волне 3,5 см, а две 34-м антенны, разнесенные на 20 км, принимали его отражение от лунной поверхности. Разрешающая способность изображений поверхности Луны

составила 150 м по горизонтали и 50 м по вертикали.

Оказалось, что область Северного полюса Луны намного менее пересеченная, чем Южного. Перепады высот на севере в 2,5 раза меньше, чем на юге. Площадь постоянной тени на участке 375 × 225 км с центром в точке Северного полюса равна 2650 км<sup>2</sup>, а на участке 325 × 285 км в районе Южного – 5100 км<sup>2</sup>. (В зоне широт от полюсов до 87,5° площадь постоянно затененных местностей составила на севере 1030 км<sup>2</sup>, а на юге – 2550 км<sup>2</sup>).

Итак, место для будущей лунной станции, по-видимому, следует выбирать в районе Южного полюса Луны.

Science, 1999, 284, 1658

## В помощь изучающим и преподающим астрономию

Е.П. ЛЕВИТАН,  
доктор педагогических наук

Создание и совершенствование средств обучения было и остается важной проблемой методики астрономии в школе и педагогических вузах. В широком понимании комплекс средств обучения должен включать приборы, инструменты, глобусы, модели, видео- и аудиовизуальные пособия, демонстрационные карты звездного неба (и, например, Луны), разнообразный раздаточный материал для работы в классе, а также, конечно, учебники и дидактические приложения к ним (позволяющие активизировать деятельность учащихся на уроках).

В последние годы достигнуты успехи в создании, прежде всего, учебников в комплекте с дидактическими материалами, книг для чтения, задачников, энциклопедий и т.д. Появившиеся в середине 80-х и начале 90-х гг. новые пробные учебни-

ки постепенно стали “параллельными”. Это предоставило учителям и учащимся возможность выбирать тот или иной из учебников разных авторов (Е.П. Левитана; А.В. Засо-



ва и Э.В. Кононовича; В.В. Порфирьева), недавно переизданных издательством “Просвещение”. Эти авторы выпус-

тили применительно к своим книгам “**рабочие тетради**”. Каждая из них (как и сами учебники) имеет ряд отличительных особенностей, о которых достаточно хорошо освещены многие преподаватели астрономии.

Но не только авторы учебников создают пособия, облегчающие школьникам изучение астрономии. Так, в 1998 г. в Санкт-Петербурге в издательском доме “МИМ” вышла “**Рабочая тетрадь по астрономии для 11 класса**”. Ее авторы – Л.В. Жуков и И.И. Соколова – хорошо известны многочисленными работами в области методики обучения астрономии в средней и высшей школе. (Л.В. Жуков недавно успешно защитил докторскую диссертацию по методике преподавания астрономии, с чем его хочется поздравить!)

Л.В. Жуков и И.И. Соколова справедливо счи-

тают: “Рабочая тетрадь – путеводитель по курсу астрономии. Она помогает лучше осмыслить, понять сложный материал, познакомиться с историей открытий в этой области неба. Пособие построено таким образом, чтобы идти от простого к сложному в каждой теме, от известного к неизвестному”. Дидактический материал рабочей тетради дополняет основную тему курса астрономии и позволяет школьникам выделить главное из изучаемого текста. Затем предлагаются те или иные задания: заполнить свободные клетки диаграммы; проверить наблюдательность; систематизировать изучаемый материал; ответить на вопросы; решить задачи; построить графики; познакомиться с занимательными фактами; проверить себя; прочитать дополнительную литературу и т.д. В каждом разделе рабочей тетради особо выделен материал “Постарайтесь запомнить!”. Тетрадь содержит много простых, весьма наглядных чертежей и рисунков, таблиц (которые во многих случаях учащиеся должны дополнить). Рабочую тетрадь завершают “Примерные экзаменационные билеты по астрономии в Петербургской школе”, приводятся типовые задачи и практические задания, в основу которых, подчеркивают авторы, положен материал учебников Федерального комплекта.



Следует заметить, что И.И. Соколова еще в 1997 г. выпустила брошюру “Готовимся к экзаменам по астрономии”. К сожалению, эта интересная работа в настоящее время представляет в основном “исторический” интерес, так как сегодня под вопросом оказывается не только экзамен, но и сам предмет “астрономия”, который, как известно, даже не упоминается в действующем “Базисном учебном плане общеобразовательных учреждений РФ”. Похоже, придется долго и упорно добиваться изменения к лучшему этого совершенно парадоксального обстоятельства (Земля и Вселенная, 2000, № 1).

Хорошо, что методисты и ученые не без увлечения трудятся над созданием “Рабочих тетрадей”. Благодаря этому учителя могут выбрать для заня-

тий со школьниками либо недорогие, простейшие по форме и полиграфическому исполнению пособия, либо довольно привлекательный (но, к сожалению, дорогой!) “Альбом-тетрадь”, разработанный мною. Кроме того сейчас я завершаю работу над принципиально новыми экспериментальными пособиями. Так, детям, изучающим в III (IV) классе факультатив “Звездные сказки”, хотелось бы предложить “Космические сказки”, своего рода первую книжку по космонавтике, адресованную учащимся начальной школы. Необычность ее в том, что ребята получают занимательную книжку, в которой... нет рисунков! Это “упущение” предлагается восполнить самим учащимся: им придется попытаться иллюстрировать книгу. Каждый разворот книги организован следующим образом: на левой полосе – текст, на правой – свободное пространство для детского рисунка. Таким образом, любознательным детям предстоит выполнить творческую работу – осмыслить текст каждой полосы, выделить в нем главное и наиболее интересное, придумать и нарисовать соответствующие картинки... И если “Звездные сказки” были в свое время написаны с целью заинтересовать детей астрономией, то основное назначение “Космических сказок” – привлечь внимание к космонавтике, интерес к которой в обществе, к сожа-



лению, непрерывно снижается...

Кроме такой необычной художественно-учебной рабочей тетради, для V-VI кл. мною разработывается дидактическое пособие "Моя Вселенная в картинках". Это "Альбом-тетрадь" к факультативу "Твоя Вселенная" (по одноименной книге). Детям нужно будет сделать рисунки и чертежи, отве-

Типичный "разворот" экспериментального пособия "Космические сказки" для III-V кл. Детям предоставляется самим выбрать сюжеты иллюстраций и постараться их выполнить. Издание пособия стало возможным благодаря активному содействию Л.А. Машиной, Н.Г. Авдейчук, Р.В. Смирнова и Т.А. Никифоровой

«Космос, это же огромная - ответил Командир. - В памяти о нас сохранил память на Земле и на других небесных телах Солнечной системы. Не правда ли, друг?»

«Совершенно верно, Командир, - ответил Борт Инженер. Разрешите показать нашим гостям "Лунный музей космонавтики".»

#### Музей космонавтики на Луне.

Трудно представить, что совсем недавно класные кадры вместе с детьми "летели" путешествуя в удивы всяких горизонтов, звездной и нашей Солнечной системы, или начиналась стадия дисковидной метаморфозы существ и равных отцы Потому что появившийся собой прибор с двойным наградным названием "Лунно-космический географический прибор" - человеком перенес космонавтов и роботов на поверхность Луны.

Нельзя ведь пытаться как-то приблизить Луну для зрения, сказал Командир. Здесь ничего не будет обманов, тут, как и на Земле. Поэтому можно без всяких опасений наблюдать различные небесные светила. Кроме того, именно на Луне, а не на Земле, можно увидеть самые большие звезды, чтобы не сгореть от их лучей и жара Земли. С Луны очень удобно изучать нашу Землю и посылать ей.

А еще на Луне можно отыскать различные металлы и минералы. Это и будет открытием все металлы и минералы, добавил Космонавт-Исследователь.

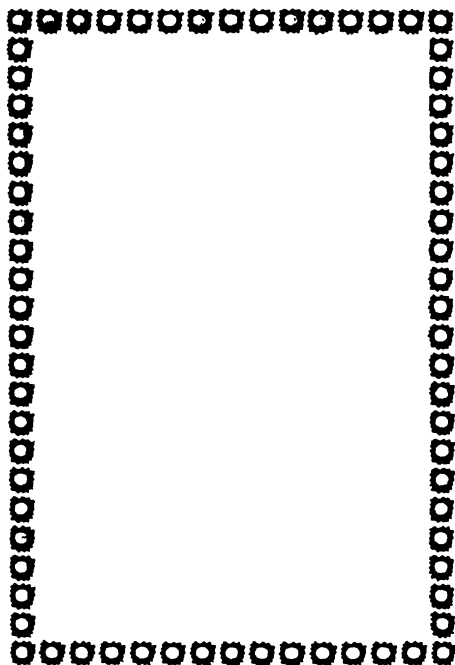
Но пока Луна - самое близкое к Земле небесное тело представляет "всего" четверть тысяч километров и облететь ее в космосе другим миром, не выходя на земной, было очень трудно, - объяснил Командир. - Для этого потребовались десятки лет напряженной работы ученых, инженеров, космонавтов и рабочих.

Только в двадцать первом веке построили первые космические корабли на Земле, - сообщил Бортинженер. - Вы их увидите, но прежде мы покажем несколько старинных картинок.

Все, что вы сейчас увидите, - сообщил Командир, - произошло тогда на Земле только еще началась Космическая эра. У нас все дети знают, что 4 октября 1957 г. на орбиту вокруг Земли вывел первый искусственный спутник. Эту дату мы и считаем днем начала Космической эры на Земле.

Перед вами Земля, вокруг которой облетает 1 ИСЗ, - объяснил Бортинженер. - Небольшой шар с детскими радиопередающим спутника посылал сигналы, которые на "би-би-си" и "голоса" принимали на Земле. На этом спутнике не было, конечно, ни людей, ни животных. Мы иногда говорим, что это был первый простейший космический робот.

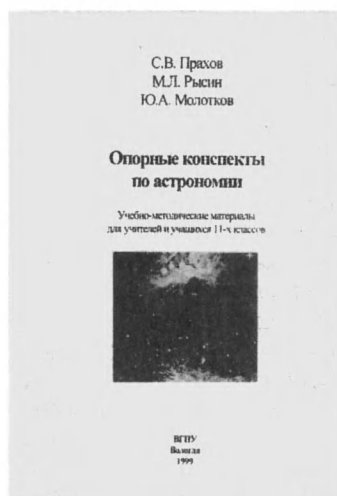
Но скоро в космосе появились и первый человек, - сказал Космонавт-Исследователь. - Бортинженер покажет вам, как





чая на имеющиеся на каждой полосе тетради вопросы-задания. В результате на память об изучении факультатива у школьника останется рисованный альбом, художественные достоинства которого будут зависеть от прилежания и способностей ученика, ставшего соавтором составителя данного пособия... Собственно, это же можно было бы сказать по поводу "Космических сказок".

Но, конечно, вышли в свет не только различные рабочие тетради. В 1999 г. Вологодский государственный педагогический университет выпустил книгу **"Опорные конспекты по астрономии"** (С.В. Прахов, М.Л. Рысин, Ю.А. Молотков). Это



учебно-методические материалы для учителей и учащихся XI класса. Подготовлены "опорные конспекты" для 30 уроков астрономии. Пособие выпу-

щено в свет под общей редакцией профессора В.П. Томанова. В предисловии подчеркивается: «Авторы старались представить теоретический материал в наиболее наглядном виде, поэтому "опорные конспекты" содержат большое количество рисунков и фотографий, помогающих восприятию и усвоению изучаемого материала». До сих пор не прекращаются дискуссии по поводу целесообразности внедрения в практику преподавания различных учебных предметов, включая астрономию. Думается, что "опорные конспекты" полезны. Наряду, например, с учебными диафильмами (десятки которых в 60-80-х годах автору удалось сделать на студии "Диафильм"), "опорные конспекты" представляют в наглядной, удобной для запоминания форме главное из того, что школьники должны понять и запомнить на данном уроке астрономии. Хорошо, если в распоряжении ученика окажутся учебник, каждый параграф которого – материал данного урока, рабочая тетрадь (опять же с поурочной разработкой) и поурочный "опорный конспект". Все это, подчеркивают авторы "Опорных конспектов по астрономии", действительно "значительно упрощает для учителя (особенно начинающего – **ЕЛ.**) процесс подготовки и проведения уроков, а учащимся помогает лучше ориентироваться в ма-

териале во время подготовки к контрольно-зачетным мероприятиям и экзамену", если, конечно, таковой проводится. Авторы довольно удачно подбирают вопросы и задания к каждому уроку, но пожалуй, "опорные конспекты" следовало бы разгрузить от излишне большого текстового материала. В основе "опорного конспекта" все-таки должен быть простой и наглядный рисунок (чертеж), иначе в значительной мере теряется смысл самого понятия "опорный конспект".

Почти незамеченной почему-то осталась весьма полезная книга Е.Б. Гусева **"Качественные задачи по астрономии"**, изданная еще в 1996 г. Рязанским педагогическим университетом им. С.А. Есенина. В пособии собрано более 500 каче-



ственных задач познавательного и исследова-

тельского плана. Это учебно-методическое пособие для учителей физики и астрономии, студентов физико-математических факультетов педагогических вузов и учащихся IX–XI классов. Новый сборник задач можно рассматривать в качестве дополнения к ряду существующих задачников, хорошо известных учителям астрономии. Е.Б. Гусев выделяет три группы качественных задач. Во-первых, творческие задачи исследовательского типа (надо ответить на вопросы “Почему?”, “Каким образом?”). Во-вторых, конструкторского плана (“Что будет, если изменится..?”). В-третьих, задачи познавательные (и занимательные), требующие ответить на вопросы “Какой?”, “Где?”, “При каких условиях?”. Сборник задач построен по принципу укрупнения дидактических единиц (удачно используются сопоставления и противопоставления, рассматриваются экстремальные физические ситуации, прямые и обратные задачи). Все это должно способствовать развитию творческого мышления учащихся. В задачнике 94 страницы (5-38 стр. – сами задачи и вопросы, 39-93 стр. – ответы и решения). Это, в частности, свидетельствует о том, что книга содержит не только дидактический материал, но и большую информацию по существу включенных в нее вопросов и задач.

В последние годы резко возрос интерес к энциклопедиям и другим справочным материалам в помощь изучающим астрономию. Достаточно вспомнить фундаментальную “Астрономию для детей” (издательство “Аванта плюс”. М., 1997. Отв. редакторы В. Цветков и И. Лапина). Менее известна книга



В.А. Голубева “Справочные материалы по астрономии” (Минск, “Народная асвета”). Это учебно-методическое пособие для учителей астрономии включает “Справочные таблицы по астрономии” и “Тематический словарь астрономических терминов”. В “Таблицах” школьники найдут современные данные по всем разделам курса астрономии (“Основы практической астрономии”, “Законы движения небесных тел”, “При-

рода тел Солнечной системы”, “Солнце и звезды”, “Строение Вселенной”). Соответственно этим разделам построен и “Словарь астрономических терминов”. Пособие может быть использовано на уроках, факультативных занятиях, в самостоятельной работе учащихся. Справочные материалы пригодятся, конечно, и учителям при подготовке к урокам и составлении различного рода заданий, контрольных работ, тестов, зачетов и т.д.

Подводя итог, подчеркнем главное: методика обучения астрономии в нашей стране продолжает развиваться. Ученые и преподаватели-практики ищут пути наиболее эффективно обучения школьников и студентов. Особенно интересен и перспективен опыт разработки и создания компьютерных программ по курсу астрономии. Такого рода пособия нуждаются в квалифицированном методическом обеспечении, без чего они вряд ли найдут широкое применение в практике преподавания. Но когда все это будет сделано, уроки и занятия по астрономии будут подняты на качественно новый уровень. В этих условиях формальное исключение астрономии из “Базисного плана” выглядит абсолютно несвоевременным, непродуманным и, по существу, ошибочным.

## Рождение современной звездной карты: 1922-1928

История появления созвездий берет свое начало в глубокой древности. На протяжении веков список созвездий неоднократно менялся и дополнялся. В 1922 г. на Первой Генеральной ассамблее Международного Астрономического Союза (МАС) был официально утвержден список из 88 созвездий, уже сложившийся в астрономии к концу XIX в., их латинские названия и трех- и четырехбуквенные способы сокращенной записи. Трехбуквенная аббревиатура оказалась удобнее, и от упоминания четырехбуквенной вскоре отказались. Точные границы созвездий были установлены несколько позже, на Третьем конгрессе МАС в 1928 г.

### ЗВЕЗДНАЯ КАРТА

Звездная карта – изображение, созданное на основе данных астрономического каталога, дополненное символическими знаками и визуализированными формами, упрощающими идентификацию объектов. Она представляет собой иллюстративное приложение к каталогу – по сути, виртуальной карте. Карта неба, построенная на плоскости посредством той или иной картографической проекции, отражает положение объектов на небесной сфере. Для наглядного изображения неба и в античной, и в средневековой Европе использовались также звездные глобусы.

В различные исторические эпохи существовало несколько определений звездной карты. Данное выше, видимо,

не последнее. В наши дни звездная карта строится с помощью специальных программ и графических редакторов на экране персонального компьютера.

Первый известный звездный каталог, не сохранившийся до наших дней, создан Гиппархом во II в. до н.э. Созданию каталогов и звездных карт предшествовали восходящие к далекому прошлому словесные описания неба. Наиболее древнее из дошедших до нас античных описаний содержится в поэме Арата “Явления” (Земля и Вселенная, 1998, № 3). Система созвездий Арата в основном сохранена в каталоге Птолемея, которому посвящено много исследований (Земля и Вселенная, 1999, № 2).

**Каталог Птолемея** (около 150 г. н.э.) содержит координаты 1025 звезд и описание 48 созвездий и двух астеризмов (“Волосы” и “Антиной”), не выделенных в отдельные созвездия. Каталог состоит из трех частей: созвездия северного неба, зодиакальные созвездия, созвездия южного неба. Информация размещена в четырех столбцах. В первом приводится словесное описание положения звезды относительно фигуры созвездия (на самой фигуре или в ее окрестности). Далее указаны градусы долготы в эклиптических координатах, отсчитываемые от 0° соответствующего знака Зодиака. В третьем столбце – градусы эклиптической широты со знаком + или –, для северного и южного полушарий соответственно. В последнем столбце греческого текста указана звездная величина.

Вместе с эклиптическими координатами для каждой звезды в каталоге указано ее положение в символической фигуре, которая до создания универсальных систем небесных координат служила основным идентификационным ключом. Например:

Конфигурация	Со-звездие	Градус долготы	Градус широты	Величина
Звезда на голове Водолея	Водолей	0 1/3	+ 15 1/2 1/4	5
Более южная из двух на правой голени...	Водолей	11 2/3	- 7 1/2	3

Перечень звезд созвездия завершается итоговой строкой, где указывается общее число звезд в созвездии и количество звезд каждой звездной величины (с первой по шестую). Пример:

*... Всего 42 звезды, из них 1 первой величины, 9 третьей, 18 четвертой, 13 пятой, 1 шестой.*

Птолемей включил в каталог некоторые звезды, не входившие ранее в традиционные фигуры созвездий. Часть списков завершается перечнем звезд, "не вошедших в фигуру".

*... Около Водолея не вошедшие в фигуру*

Последняя звезда из трех, следующая за изгибом струи	Водолей	26 2/3	-15 1/2	4-3
--	---------	--------	---------	-----

*Всего 3 звезды величиной, несколько большей четвертой.*

В XVI-XIX вв. каталог Птолемея служил основой составителям европейских звездных атласов и каталогов, главной структурной единицей в которых было созвездие. Последний труд такого типа – "Новая Уранометрия" Ф.В. Аргеландера (1843 г.). В нем еще находим фигуры созвездий, границы которых обозначены плавными линиями. Каталог и звездные карты "Боннского обозрения" (1855 г.) того же автора со-

держат только экваториальные координаты без каких-либо ссылок на созвездия.

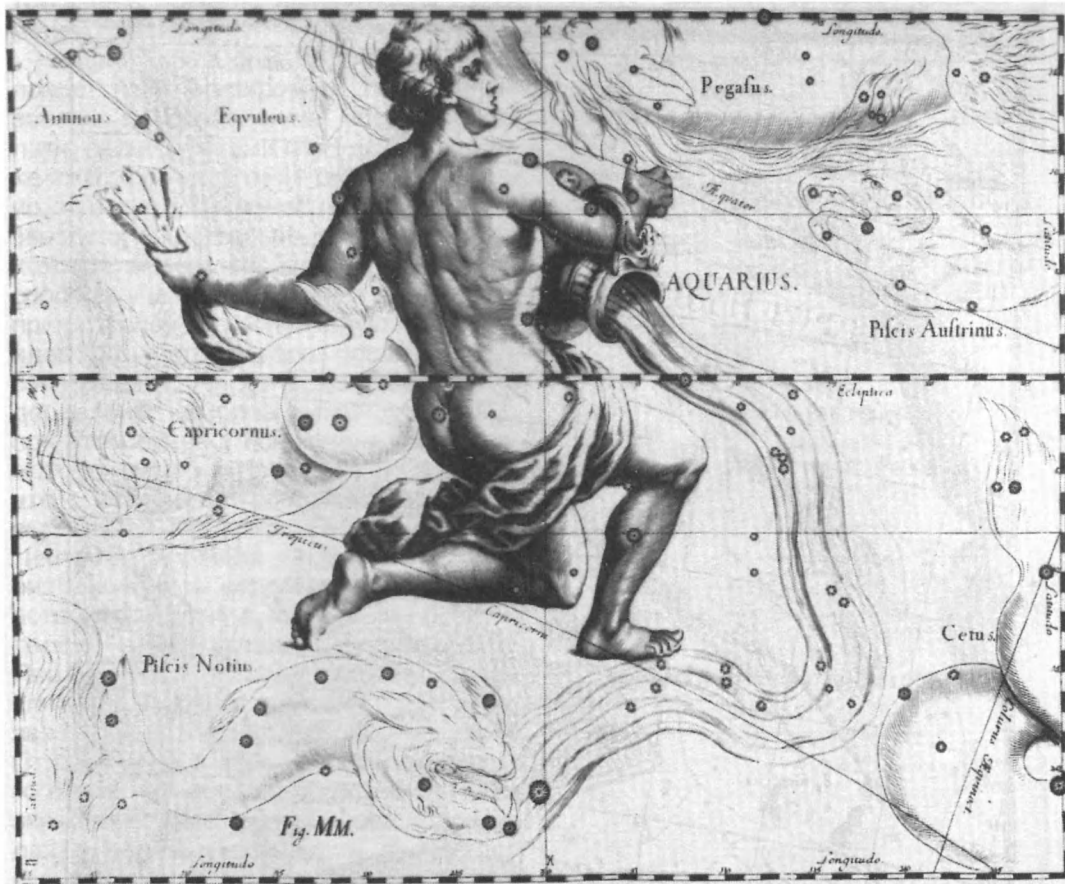
#### СОЗВЕЗДИЯ СОВРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДНОЙ КАРТЫ

В утвержденный в 1922 г. Первым съездом МАС список из 88 созвездий были включены все 48 созвездий каталога Птолемея, а также упоминаемый им астеризм "Волосы", ставший созвездием Волосы Вероники. Всего к Птолемею восходит 51 созвездие (учитывая, что Корабль Арго разделен на современной карте на три отдельных созвездия). В список включили созвездие Южного Креста, известное с времен античности, двенадцать созвездий южного неба, выделенных П. Кейзером в 1595 г., три созвездия Питера Планциуса, впервые выделенные им на глобусе в 1598 г., семь созвездий, впервые нанесенных на карту Яном Гевелием (1690 г.) и четырнадцать созвездий южного неба, выделенных Николя Луи де Лакайлем во время наблюдений в Южной Африке в 1751-52 гг.

Европейская культура полностью приняла античную традицию деления неба на созвездия. Основой структуры универсальной европейской звездной карты стали созвездия каталога Птолемея.

Следующий этап создания современной звездной карты пришелся на 1595 г., когда на карту южного неба были нанесены двенадцать новых созвездий, заполнившие участки неба, не наблюдаемые в северном полушарии Земли. Это созвездия Хамелеона, Пчелы (впоследствии названном Мухой), Золотой Рыбы, Райской Птицы, Журавля, Южной Змеи, Индейца, Павлина, Феникса, Южного Треугольника, Тукана, Летучей Рыбы.

Одновременно с двенадцатью созвездиями южного неба на глобусе П. Планциуса в 1598 г. появляются еще три созвездия. Введением этих созвездий началась идентификация участков неба, не содержащих ярких звезд и заполняющих большие пространства "между созвездиями". Это созвездия Жирафа, Голубя и Единорога.



Созвездие Водолея. Страница "Атласа звездного неба" Яна Гевелия, 1690 г.

Значительные изменения структура созвездий претерпела в 1690 г. с выходом в свет "Описания всего звездного неба", или "Уранографии" Яна Гевелия. Семь новых созвездий заполнили как большие (в случае созвездия Гончих Псов), так и малые (например, созвездие Ящерицы) пространства, не содержащие ярких звезд. На современной карте присутствуют семь созвездий Я. Гевелия: Гончие Псы, Ящерица, Рысь, Малый Лев, Секстант, Лисичка, Щит. (У Я. Гевелия последнее созвездие называлось Щит Собесского, но потом название сократилось до Щита.)

В 1751-1752 гг. Н. Лакайль завершил деление южного неба на созвез-

дия, выделив 14 новых. Он стал основоположником традиции рассматривать созвездие Корабль Арго в виде отдельных созвездий (Киль, Паруса, Компас). Его карта южного неба была издана в Париже в 1763 г. и включала новые созвездия: Октант, Печь, Сетка, Насос, Компас, Скульптор, Живописец, Телескоп, Микроскоп, Столовая Гора, Циркуль, Часы, Резец, Наугольник.

#### СОВРЕМЕННЫЕ ГРАНИЦЫ СОЗВЕЗДИЙ

Попытка пренебречь созвездиями и пользоваться только сеткой координат, предпринятая в "Боннском Обозрении", не удалась. Наряду с очевидным дидактическим значением деления неба на созвездия, облегчающим знакомство с ним и его изучение, важную роль в "возвращении" созвездий и установлении их современных границ сыграло приня-

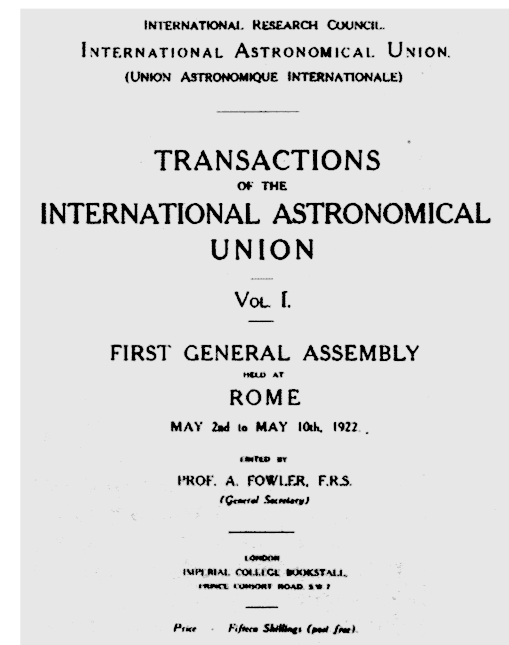


Фрагмент карты "Уранография" И.Э. Бодэ, 1801 г.

тое ранее правило обозначений переменных звезд.

Еще в 1850 г. Ф.В. Аргеландер предложил каталогизировать переменные звезды по созвездиям, обозначая их латинскими буквами от R до Z в порядке их открытия. В 1881 г. стало очевидно, что число переменных звезд в созвездиях значительно превосходит то, которое можно обозначить при таком способе учета. Е. Хартвиг предложил принять систему, основанную на той же идее Ф.В. Аргеландера: после Z идут сочетания от RR до ZZ. В 1904 г. были добавлены комбинации от AA до QZ, при этом буква J исключена из-за возможной путаницы с буквой I. Отметим, что в истории астрономии это не первый случай, когда из-за близкого фонетического звучания и похожего написания вносились коррективы в систему астрономов. Так, в XIX в. было окончательно установлено "превращение" Пчелы (Apis) в Муху (Musca), из-за слишком схожего названия этого созвездия с названием другого – Райской Птицы (Arus), к тому же соседствующего с ним на небе. Когда же число обозначенных переменных звезд в пределах отдельных созвездий превзошло все возможные комбинации букв, было принято простое решение обозначать вновь открываемые звезды символом V (Variable) с номером по порядку, начиная с V 335.

До конца XIX в. название переменной звезде присваивал исследователь, открывший эту звезду, ориентируясь на современную ему научную литературу. С внедрением фотографического метода наблюдений значительно возрос темп открытий переменных звезд. Уследить за литературой стало труднее, поэтому участились случаи, когда одно и то же название стало присваиваться одновременно разными исследователями разным переменным звездам. В связи с этим право окончательного присвоения и утверждения названий переменных звезд было дано Комиссии переменных звезд Астрономического общества Германии, исполнявшего в то время функции международной координирующей организации. Один или два

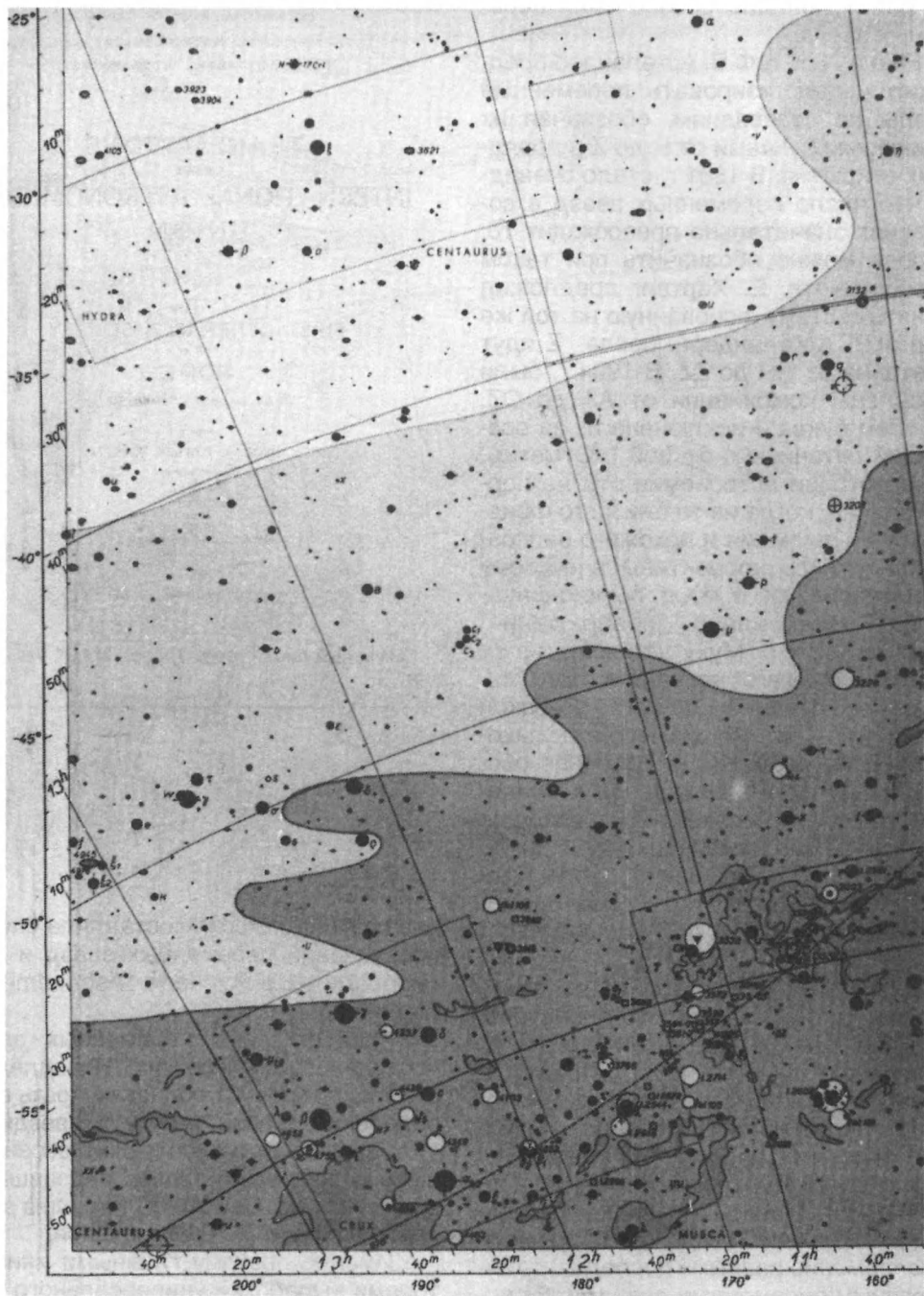


Титульный лист I тома "Трудов МАС", 1922 г.

раза в год Комиссия составляла списки обозначений переменных звезд и публиковала их в журнале "Astronomische Nachrichten".

Каталогизация переменных звезд проводилась согласно их принадлежности к созвездиям. Неоднозначность в определении границ между созвездиями стала причиной разночтений в обозначениях переменных звезд, оказавшихся вблизи границ. Случалось, что одна звезда получала по два обозначения.

Именно поэтому главными инициаторами выработки универсального способа разграничения небесной сферы на созвездия и, что важно отметить, сохранения самой системы созвездий выступили представители Комиссии переменных звезд МАС № 27 (Variable Stars), председателем которой с 1922 г. был С.И. Бейли (S.I. Bailey).



Фрагмент карты "Atlas Coeli, 1950.0" А. Бечваржа



На Второй Генеральной ассамблее МАС в 1925 г. перед Комиссией по способам записи, унификации и формату публикаций МАС № 3 была поставлена задача разработать универсальную систему разграничений небесной сферы на созвездия. К этой работе были привлечены и члены Комиссии переменных звезд. Одно из основных условий – не допустить изменений в названиях переменных звезд и тем самым не нарушить порядок существующих каталогов переменных звезд.

Комиссия № 3 решила установить границы созвездий, “основанные” на дугах часовых кругов и небесных параллелях, и опубликовать соответствующие карты в виде атласа, охватывающего область от  $+90^\circ$  до  $-12.5^\circ$ , с включением в него звезд до 6.5 звездной величины. Эпоха атласа была выбрана 1875.0, так как в это время уже существовал атлас южного неба Б.А. Гулда “Аргентинская Уранометрия”, в котором границами южных созвездий служили дуги координатной сетки для равноденствия 1875.0.

Создание проекта карты с точными разграничениями небесной сферы на 88 созвездий было поручено Эжену Жозефу Дельпорту (1882–1955), астроному Королевской обсерватории в Бельгии.

После окончания в 1903 г. Брюссельского университета Э.Ж. Дельпорт начал научную деятельность в Королевской обсерватории в Уккле, где проработал всю жизнь. С 1936-го по 1947 г. занимал должность ее директора.

Научные работы Э.Ж. Дельпорта относятся к позиционной астрономии. С 1903-го по 1919 г. Э.Ж. Дельпорт выполнил несколько тысяч определений положений звезд, работая в рамках международной программы “Карта неба”. После 1919 г. в основном занимался систематическими наблюдениями положений комет и астероидов. В ряду астероидов, первооткрывателем которых он стал, стоят открытые им в 1932 г. Амур и в 1936 г. – Адонис.

Э.Ж. Дельпорту предстояло создать новую, не допускающую разночтений систему разграничений звездной

сферы на созвездия. Границы созвездий должны быть выбраны так, чтобы избежать изменений названий переменных звезд; эта задача относится также к работе Комиссии по переменным звездам.

Было решено принять в качестве основы разработки Б.А. Гулда. Что касается его границ созвездий южного неба, проведенных в направлениях прямых восхождений и кругов склонений для равноденствия 1875.0, то они уже фактически использовались, как принятые всеми астрономами. Таким образом стояла задача “достроить” подобным же образом всю систему созвездий вплоть до Северного полюса.

Все же некоторые границы Б.А. Гулда пришлось изменить, чтобы с помощью такой коррекции созвездий можно было сохранить обозначения следующих переменных звезд: “TV Ophiuchi, UW Ophiuchi, DG Aquilae, RR Normae, T Circini et U Tucanae.” (Delporte, 1930).

На Третьей Генеральной ассамблее МАС проект Э.Ж. Дельпорта относительно границ созвездий был принят единогласно. Согласно этому проекту, границы созвездий теперь стали представлять собой дуги больших кругов, направления которых должны совпадать с направлениями небесных параллелей и кругов склонений для равноденствия 1875.0.

Плавные разграничения, принятые в астрономии около ста последних лет, были заменены ступенчатыми границами, участки которых представляли собой дуги больших кругов, а их направления соответствовали направлениям небесных параллелей и кругов склонений эпохи 1875.0. Атлас Э.Ж. Дельпорта был издан в Лондоне в 1930 г. Таблицы, содержащие координаты крайних точек, также входили в состав “Каталога ярких звезд” Ф. Шлезингера.

КОНЕЦ XX ВЕКА: ПРОДОЛЖЕНИЕ ПОЛЕМИКИ

Несмотря на то, что в современной астрономии карта созвездий не имеет фундаментального значения, интерес к ней, к ее происхождению и истории продолжает сохраняться.

Звездная карта представляет собой важный самоценный результат астрометрических наблюдений, без которого невозможно представить развитие всей астрономии. Понятие звездной карты, в свою очередь, неотделимо от понятия созвездия, издавна являющегося основной структурной единицей разделения звездного неба.

При отсутствии четких границ созвездий их структура имела определенный потенциал развития, и каждый его этап несет символы очередной эпохи становления европейской цивилизации. Стандартизация звездной карты – утверждение списка созвездий и закрепление их границ – положила конец этой по меньшей мере двухтысячелетней традиции. Этого требовало развитие самой астрономии – увеличение числа открытий, интенсивный международный обмен информацией. Увеличение точности наблюдений в конце концов привело к созданию точных разграничений созвездий.

Традиционная система созвездий способствует серьезному изучению звездного неба как астрономами, так и представителями других профессий,

связанных с необходимостью ориентации в пространстве, что было очень актуально в еще совсем недавнем прошлом, но и сегодня не утратило своего значения. Кроме того, звездное небо следует рассматривать не только как предмет астрономических исследований, но и в качестве неотъемлемой части окружающей нас природы. С этой точки зрения знание звездного неба является культурно-эстетическим фактором, а сама карта созвездий уникальным явлением, рожденным человеческой цивилизацией, достойным особого внимания и изучения.

В завершение необходимо упомянуть одно немаловажное обстоятельство. Современная карта созвездий фактически несет в себе образы (символы) европейской культуры. В последнее десятилетие XX в. это обстоятельство часто становилось предметом полемики, инициируемой астрономами Китая и Японии, – стран, обладающих собственными древними традициями деления неба на созвездия, старающихся противостоять сложившемуся в науке европоцентризму.

*А.В. КУЗЬМИН*

## Информация

### **Британцы ставят телескоп на Паранале**

Ассоциация 18 университетов Великобритании реализует проект VISTA (Visible and Infrared Survey Telescope) – строительство 4-м широкоугольного телескопа. (Vista на испанском языке означает – взгляд.) Он будет способен проводить обзорные наблюдения, т.е. получать снимки больших участков неба, при коротких экспозициях в визуальном и инфракрасном участках спектра.

VISTA станет самым большим и эффективным среди телескопов, которые войдут в действие в 2004 г. Строительство начнется в 2000 г. Место установки – гора Параналь в Чили, где уже действует Очень Большой Телескоп (ОБТ) Европейской Южной Обсерватории. (Великобритания не входит в число стран – участников ЕЮО.)

По мнению генерального директора ЕЮО доктора Катрин Сезарской, установка телескопа VISTA на Паранале принесет большую пользу европейским астрономам. Ожидается, что на широкоугольных снимках, полученных с помощью VISTA, можно будет обнаружить много неизвест-

ных ранее интересных небесных объектов. А затем их можно будет детально изучить с помощью специальных приборов, установленных на сверхмощном ОБТ.

Европейская Южная Обсерватория уже владеет широкоугольным 2,2-м телескопом на горе Ла Силья (Земля и Вселенная, 1999, № 2). Кроме того, ЕЮО планирует установить в 2002 г. на Паранале оптический 2,5-м телескоп, предназначенный для обзоров неба. Вместе с VISTA, способным работать в инфракрасном диапазоне, они обеспечат всеволновое полное перекрытие неба из одного пункта наблюдений.

ESO Press Release 03/00

## Космические помощники природоведов

Рост населения и стремление к благосостоянию порождают нехватку природных ресурсов на нашей планете. Идет активный поиск новых источников сырья и энергии, но, к сожалению, возможности Земли не безграничны... Искать новые минеральные и энергетические ресурсы, изучать природные явления, климат и последствия хозяйственной деятельности человека, контролиро-

вать состояние биосферы помогают специализированные спутники. В настоящее время эксплуатируются космические системы дистанционного зондирования Земли США, России, Франции, ESA, Индии, Канады, Японии и Китая. В статье рассказывается о российской оперативной спутниковой системе изучения и контроля природных ресурсов Земли "Ресурс-О1".

### ПЕРВЫЕ СЪЕМКИ ИЗ КОСМОСА

**Дистанционное зондирование** (его просто так не называли) давно использовали в астрономии, анализируя собственное или отраженное излучения небесного тела. Вещество, каждое по-своему, поглощает, излучает, рассеивает или отражает свет. Любое природное образование имеет индивидуальный спектральный образ, по которому можно определить его состояние.

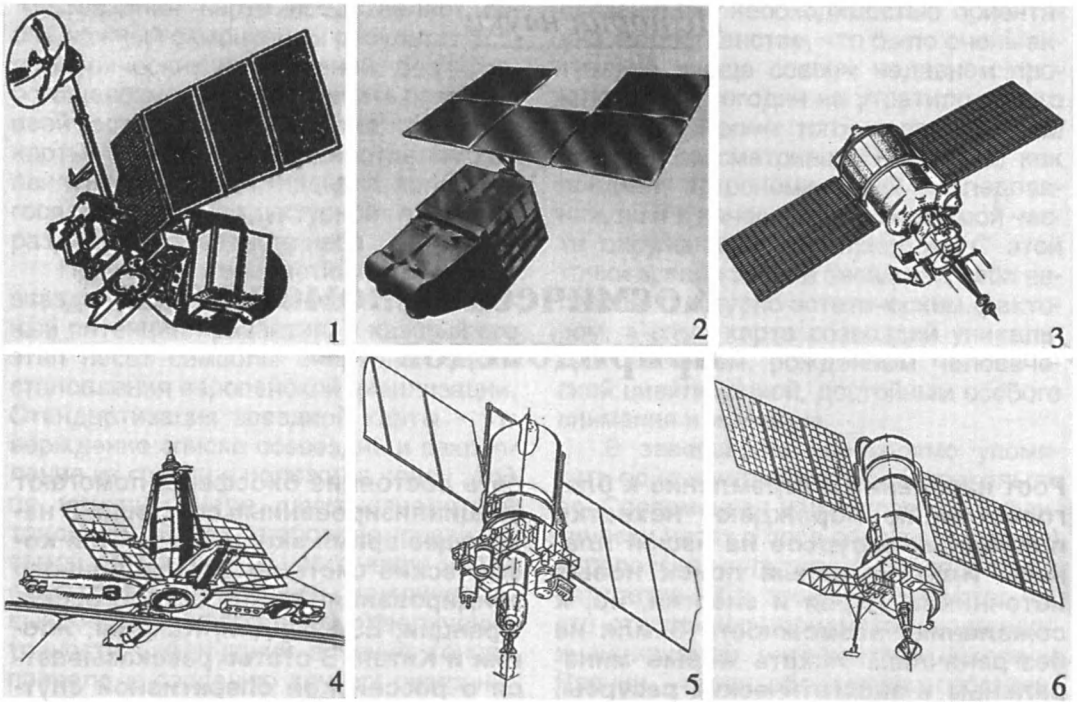
Важное значение имеют спектральные характеристики многочисленных наземных образований. Классифицировать их начал еще в 1947 г. советский ученый Е.Л. Кринов (1906–1984 гг.) – известный астроном, много лет возглавлявший Комитет по метеоритам АН СССР.

**Первый снимок** земной поверхности с ракеты получен фотоаппаратом, установленным на немецкой баллистической ракете V-2 (А-4), запущенной в декабре 1946 г. с американского ракет-

ного полигона Уайт Сэндз (White Sands). Ракета достигла высоты 166 км, после чего фотоаппарат с отснятой пленкой возвратили на Землю в специальной капсуле.

До конца 50-х гг. космическая съемка поверхности Земли осуществлялась с высоты до 200 км аппаратурой, установленной на баллистических ракетах и аэростатных зондах. Началом обзора поверхности Земли и контролем глобальных атмосферных изменений из космоса можно считать запуск американского **метеорологического спутника "TIROS-1"** (Television and Infra-Red Observation Satellite – спутник телевизионного и инфракрасного наблюдения Земли) 1 апреля 1960 г. После запуска ряда таких спутников США создали в 1966 г. на их основе космическую метеорологическую систему "TOS" (Tiros Operational System – эксплуатационная система "Тирос").

Первый советский метеорологический спутник "**Космос-122**" был выве-



ден на орбиту 25 июня 1966 г. В 1967 г. последовали запуски метеоспутников “Космос-144 и -156”, образовавших с наземными приемными пунктами первую метеорологическую систему “**Метеор**”.

Главный объект наблюдения всех метеорологических спутников – динамическое развитие облачного покрова. Вся аппаратура настроена на получение снимков глобальных атмосферных явлений и измерение их параметров. Но на некоторых снимках наблюдались лишь поверхность суши и акватории морей. Так начались наблюдение и изучение качественных изменений поверхности Земли из космоса!

23 июля 1972 г. был запущен первый американский спутник изучения природных ресурсов Земли “**Landsat-1**” (ERTS-1). 9 июля 1974 г. на орбиту вышел отечественный КА “**Метеор-1**” (№ 18) аналогичного назначения. За ним последовала серия космических аппаратов изучения и контроля природных ресурсов Земли “**Метеор-Природа**”. Работы имели в значительной мере экспериментальный и исследовательский характер. Одновременно создавалась инфраструктура, обеспечивающая полу-

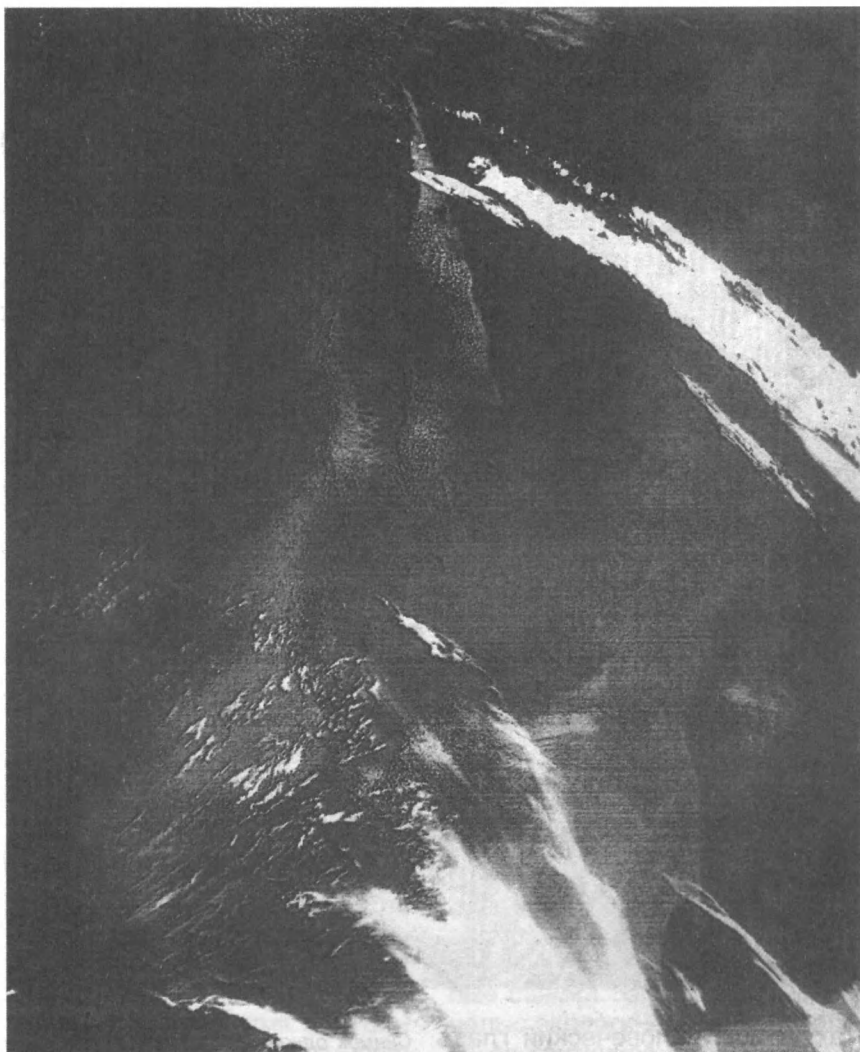
*Спутники изучения и контроля природных ресурсов Земли: 1 – “Landsat-7” (США, запущен 15 апреля 1999 г.); 2 – “SPOT-4” (Франция, запущен 24 марта 1998 г.); 3 – “Метеор-Природа” (СССР, запуски проведены в 1976-81 гг.); 4 – “Океан-О1” (№ 7) (Россия, запущен 11 октября 1994 г.); 5 – “Метеор-3” (Россия); 6 – “Ресурс-О1” (№ 4) (Россия, запущен 10 июля 1998 г.)*

чение, распределение и обработку информации.

что можно увидеть из космоса

Геологи заметили, что созданные на основе космических снимков карты отличаются от составленных по результатам наземных экспедиций и при аэрофотосъемке. Накопилось множество снимков с самолетов, из которых специалисты поняли: можно увидеть всю картину в целом – в одних и тех же условиях, в одно и то же мгновение и охватывающих большую территорию.

При аэрофотосъемке одинаковые условия фотографирования всего участка не выдерживаются: из-за плохой погоды, изменения характера поверх-



*Снимок Индийского океана у побережья Сомали, полученный КА "Ресурс-О1" в ИК-спектре. В правом нижнем углу – гидродинамическая структура теплого течения. Белый цвет соответствует более холодным объектам*

ности, смены времен года. Собранные вместе, снимки одного района напоминают лоскутное одеяло. В такой разнообразности нужная информация просто тонет. Карты, полученные с помощью аэрофотосъемки, содержат в себе ошибки, которые можно выявить только при взгляде из космоса. Космические средства съемки, в отличие от

авиационных, позволяют охватить большие территории, повторить фотографирование нужного района независимо от погодных условий и сезона в динамике и в других спектральных диапазонах.

Наиболее информативными и распространенными космическими средствами **дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)** стали фотографические, телевизионные и радиолокационные спутники.

**На снимках Земли из космоса**, полученных в разных спектральных зонах, потребитель находит необходимые ему объекты изучения. Информация закодирована в контрастных искусствен-



ных цветах, чтобы человеческий глаз мог легко ее воспринимать. Например, растительность в невидимом инфракрасном диапазоне кодируется красным цветом. Чем ярче, насыщенней красный цвет, тем гуще и богаче растительный покров в данном месте. Особенно хорошо это видно на спектральных снимках сельскохозяйственных районов, сделанных весной. Темные прямоугольники – поля “под паром”, более светлые пятна – всходы озимой пшеницы. Спектр укажет минеральный состав, содержание воды в почве, тип сельскохозяйственной культуры, степень зараженности ее болезнями и вредителями и др. Как перезимовали сельскохозяйственные расте-

*Снимок одного из районов интенсивного земледелия. Получен сканером МСУ-Э спутника “Ресурс-О1”, прошел компьютерную обработку (окрашен в условные цвета). Темные прямоугольники – насыщенные водой почвы, светлые – всходы сельскохозяйственных культур, другие оттенки показывают тип растительности, ее густоту, степень зараженности вредителями и другие особенности*

ния? Каковы реальная всхожесть озимых культур и предварительные оценки урожая? Подобные и многие другие вопросы почвоведения, прогнозирования урожая, гидрологии и предупреждения сельскохозяйственных катастроф помогают решать спутники дистанционно-

## Запуски космических аппаратов российской оперативной системы дистанционного зондирования Земли "Ресурс-О"

№ п/п	Наименование КА	Тип КА	Масса, кг	Дата старта	Окончание работы
1	"Метеор-1" (№ 18)	"Метеор-Природа"	1440	9 июля 1974 г.	28 октября 1976 г.
2	"Метеор-1" (№ 25)	"Метеор-Природа"	2200	15 мая 1976 г.	24 июля 1978 г.
3	"Метеор-1" (№ 28)	"Метеор-Природа"	2200	29 июня 1977 г.	14 июня 1979 г.
4	"Метеор-1" (№ 29)	"Метеор-Природа"	2200	25 января 1979 г.	28 октября 1981 г.
5	"Метеор-1" (№ 30)	"Метеор-Природа"	2200	18 июня 1980 г.	6 сентября 1988 г.
6	"Интеркосмос-Болгария-1300"	"Метеор-Природа"	2300	10 июля 1981 г.	5 июля 1984 г.

№ п/п	Наименование КА	Тип КА	Масса, кг	Дата старта	Окончание работы
7	"Космос-1484"	"Ресурс-ОЗ"	2300	24 июля 1983 г.	27 февраля 1984 г.
8	"Космос-1689"	"Ресурс-О1" (№ 1)	2300	3 октября 1985 г.	25 декабря 1986 г.
9	"Космос-1939"	"Ресурс-О1" (№ 2)	2000	20 апреля 1988 г.	1 июня 1994 г.
10	"Ресурс-О1"	"Ресурс-О1" (№ 3)	1907	4 ноября 1994 г.	Продолжает работать
11	"Ресурс-О1"	"Ресурс-О1" (№ 4)	2800	10 июля 1998 г.	Частично работает

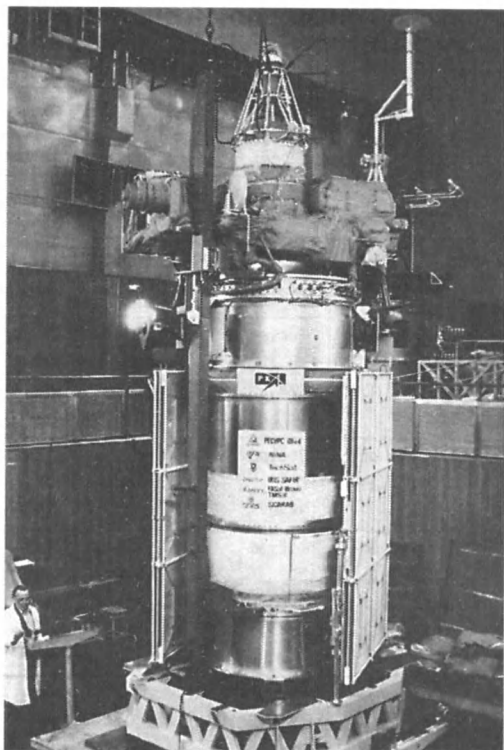
го зондирования Земли. Полученные со спутников снимки используются и для нужд лесного и рыбного хозяйств, мелиорации, гляциологии, океанографии, изучения биосферы и климата, слежения за опасными природными и техногенными явлениями (мониторинг чрезвычайных ситуаций).

### ЧТО ТАКОЕ СИСТЕМА "РЕСУРС"

Развитие методики наблюдений и средств космической техники позволили разработать к 1980 г. постоянно функционирующую спутниковую систему ДЗЗ "Ресурс". Она состоит из трех взаимно дополняющих типов космических аппаратов: **фотографических** ("Ресурс-Ф1, -Ф2 и -Ф1М"), **оперативных** ("Ресурс-О" и "Океан-О") и **метеорологических** – геостационарного "Электро" (ГОМС) и низкоорбитального "Метеор-3". Кроме них в систему входят назем-

ные пункты приема информации, самостоятельные структуры обработки и анализа снимков.

Многозональные и спектрональные съемки Земли, главным образом с целью экологического контроля, ведутся со спутников "Ресурс-Ф". Большой фонд снимков с КА "Ресурс-Ф" находится в Госцентре "Природа" (Земля и Вселенная, 1998, № 1). При необходимости проследить кратковременные и сезонные явления на территории России и в прилегающих регионах используются спутники оперативного наблюдения "Ресурс-О" и "Океан-О". Они, в отличие от космических аппаратов "Ресурс-Ф", позволяют быстро передавать информацию по радиоканалам. Аппаратура КА "Океан-О" проводит радиолокационное и оптическое зондирование Земли в интересах морского судоходства, рыболовства и освоения шельфовых зон океана. Метеоспутники "Электро" и



*Космический аппарат "Ресурс-О1" (№ 4) на космодроме Байконур перед запуском*

**"Метеор-3"** обеспечивают получение глобальной обзорной информации с малым уровнем разрешения.

Кроме ИСЗ "Ресурс-О" применяются и другие космические средства дистанционного зондирования. Постоянно действующим источником информации остается орбитальный комплекс **"Мир"**. На модуле **"Природа"** установлена такая же аппаратура, что и на последней модификации "Ресурса-О1", но ее возможности из-за характера орбиты и особенностей использования в пилотируемом режиме сильно ограничены. Это связано с тем, что орбитальные станции должны отвечать условиям радиационной безопасности и поэтому выводятся на орбиты высотой не более 400 км. Орбитальный комплекс "Мир" имеет наклонение 51,6°, съемка возможна только до этой широты и не затрагивает большую часть территории России. Помимо того, орбитальные станции – многоцелевые системы (на них проводятся эксперименты, требующие различных режимов работы),

вследствие чего сложно стабилизировать их полет для выполнения фотосъемки. По этим причинам условия и режимы съемки менее благоприятны, чем на специализированных спутниках.

С 1985 г. запускаются модифицированные КА "Ресурс-О1", созданные на основе бортовой и научной аппаратуры экспериментальных спутников "Метеор-Природа" с использованием базовых космических платформ типа "Метеор".

#### КАК РАБОТАЕТ "РЕСУРС-О1"

Космические аппараты ДЗЗ **"Ресурс-О1"** (длина 6,4 м, размах панелей солнечных батарей 11,6 м) выводятся на круговую солнечно-синхронную орбиту высотой 825 км и наклонением 98,8°. Такая орбита гарантирует прохождение спутника на каждой широте в одно и то же время суток. Над любым местом Земли он пролетает, по крайней мере, дважды в сутки. В течение нескольких суток полета удается наблюдать сезонные изменения ландшафта (включая появление снежного покрова), эрозию почвы, развитие растительности, ход сельскохозяйственных работ, лесные пожары, наводнения и т.д. Происходящие изменения, замеченные со спутников ДЗЗ, требуют незамедлительных действий со стороны землепользователей и служб по борьбе с бедствиями. Экологи получают уникальную оперативную и объективную информацию о состоянии водоемов, обстановке вокруг городов и промышленных районов.

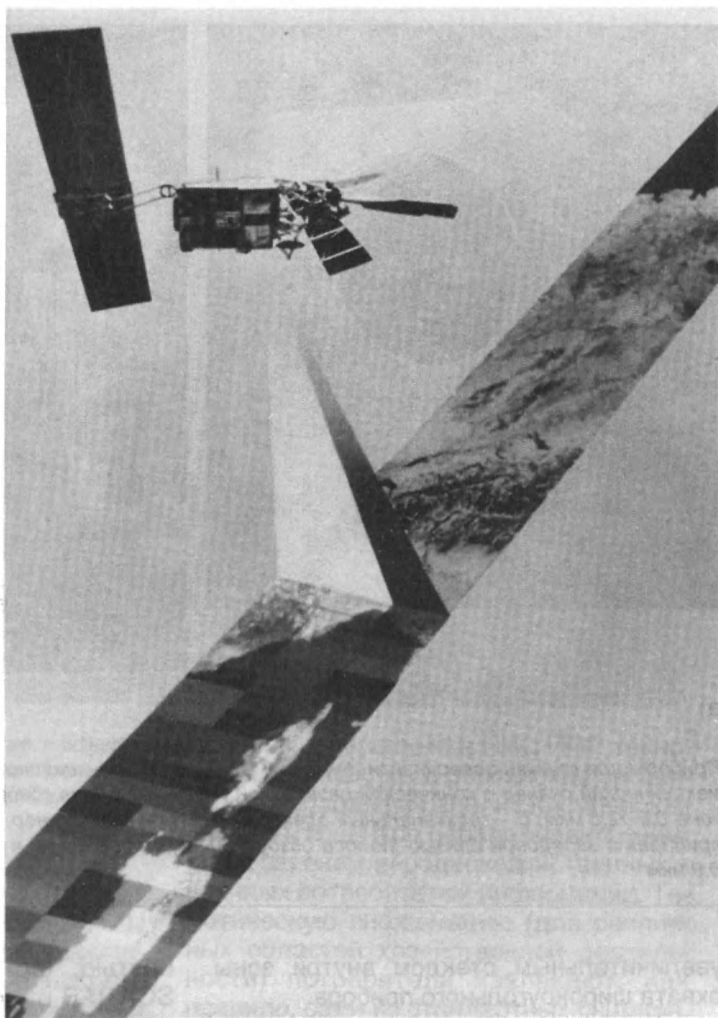
Быстрота получения информации из космоса – важнейшее достоинство оперативных систем наблюдения. Электрические сигналы от установленных на спутниках сканеров и радиометров объединяются в информационные потоки и передаются на Землю по радиоканалам. Наземные радиоприемные пункты осуществляют связь со спутниками и регистрацию принятой информации.



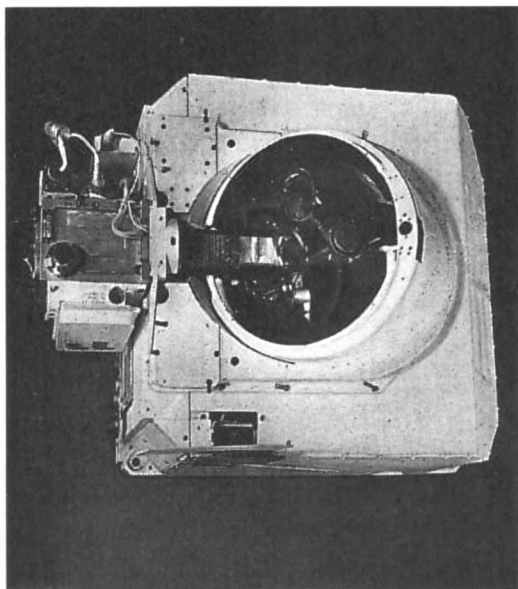
*Проведение съемки со спутника "Ресурс-О1" за один виток сканирующими приборами и телевизионной камерой участков поверхности Земли длиной 5000 км*

Подмосковный пункт в Медвежьих озерах начинает прием снимка, когда спутник летит над Баренцевым морем, а заканчивает – когда КА находится над Северной Африкой. На его борту установлены запоминающие устройства (магнитофоны). Панорама длиной в 5000 км записывается на запоминающее устройство спутника. Поэтому можно получить снимок в одной части Земли, а затем передать по радиолинии на приемную станцию в другом районе планеты. Наряду с приборами наблюдения используются информационные радиосистемы – важнейшие элементы спутников дистанционного зондирования. Скорость передачи информации с помощью радиосистемы четвертого спутника "Ресурс-О1" увеличена в 8 раз (61,44 Мбит/с) по сравнению с предыдущим аппаратом (№ 3). Такие радиосистемы создаются в Российском научно-исследовательском институте космического приборостроения. В том же Институте разрабатывались многозональные сканирующие устройства для ИСЗ "Ресурс-О" и "Океан-О". Сборка КА серии "Ресурс-О" производится в Научно-производственном предприятии – Всероссийском научно-исследовательском институте электромеханики (Москва).

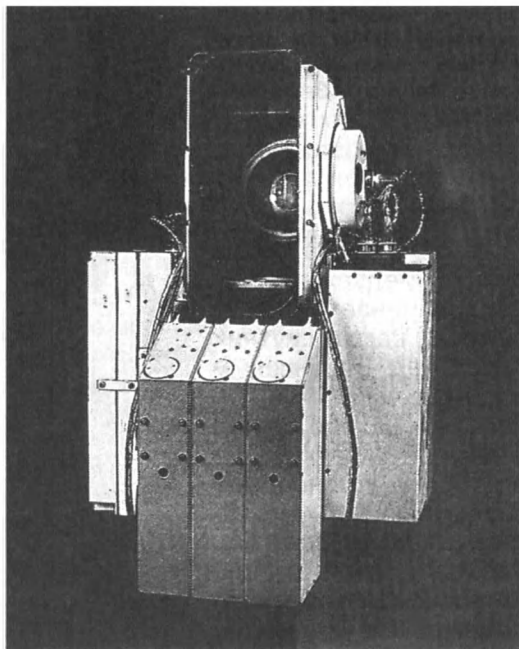
На ИСЗ "Ресурс-О1" (№ 4) установлен бортовой информационный комплекс: два многозональных сканирую-



щих устройства и аппаратура для сбора, обработки и передачи информации в реальном времени. **Широкоугольный сканер** среднего разрешения **МСУ-СК** для многозональной съемки отслеживает полосу земной поверхности шириной 720 км и работает в шести спектральных зонах (видимой и ближней инфракрасной) с разрешением на местности около 170 м, достаточным для решения региональных задач. Полный обзор **узкоугольного сканера** высокого разрешения (до 30 м) **МСУ-Э** – 60 км. По командам с Земли можно перенацеливать приборы на нужный участок поверхности. Он обеспечивает наблюдение в трех спектральных зонах (видимой и ближней ИК-областях) и служит как бы



а)



б)

*Приборы для съемки поверхности Земли КА "Ресурс-О1": а – широкоугольный пятиканальный оптико-механический сканер с конической разверткой МСУ-СК (полоса обзора 720 км), работающий в диапазоне 0,5-12,6 мкм; б – трехканальный электронно-оптический сканер высокого разрешения МСУ-Э на приборах с зарядовой связью (полоса обзора 60 км), работающий в узкой области спектра от 0,5 до 0,9 мкм*

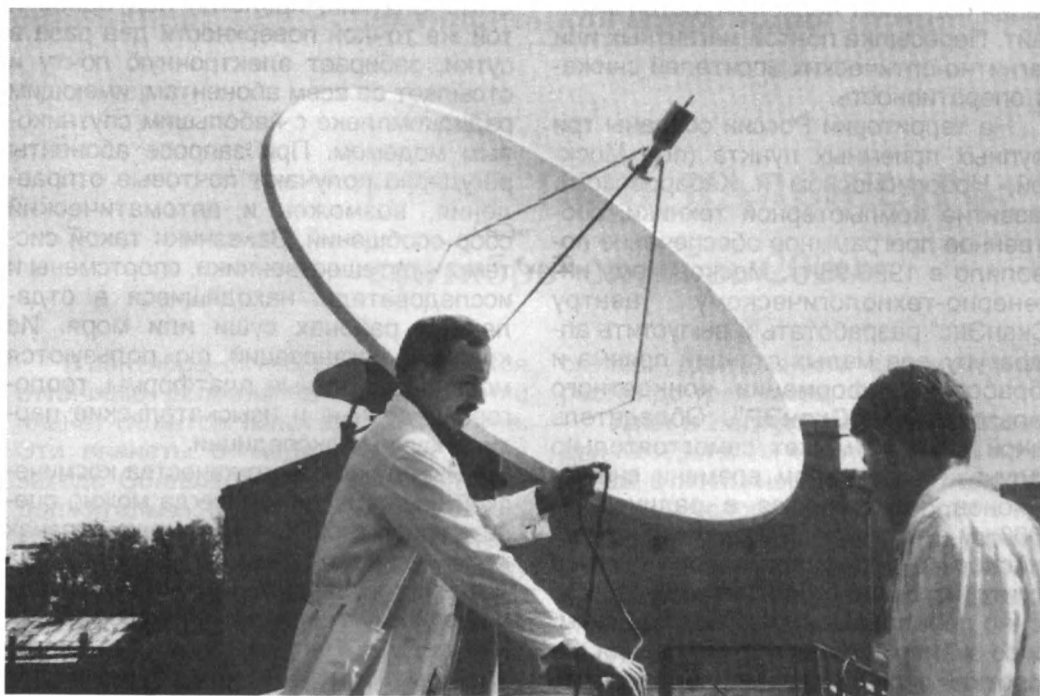
увеличительным стеклом внутри зоны охвата широкоугольного прибора.

Сочетание широкоугольного и узкоугольного приборов для обзорного и детального наблюдения, отличающее "Ресурс-О1" от американского "Landsat-7" и французского "SPOT-4", расширяет круг потребителей и перечень решаемых задач. Это основа сотрудничества в обмене информацией и развития коммерческих отношений в данной области космонавтики.

В настоящее время намечается тенденция **универсализации** космических аппаратов. Так, "Ресурс-О1" (№ 4) выполняет задачи метеорологии и геофизики. Наряду с аппаратурой для дистанционного зондирования на нем установлены и другие приборы. Телевизионная камера локального обзора MP-900 следит за облач-

ностью, французско-русский прибор SCARAB измеряет отраженную от Земли солнечную радиацию, а российский прибор ISP-2 регистрирует падающие на спутник прямые солнечные лучи. В результате ученые получают величину радиационного баланса в верхней границе атмосферы. Проблеме воздействия Солнца на многие стороны жизни людей можно решить с помощью приборов **RMK-M** (Россия-Белоруссия) и **NINA** (Россия-Италия). Одна из задач эксперимента NINA – изучение сейсмомагнитных связей, позволяющее оперативно прогнозировать землетрясения.

Главное не только передать информацию с орбиты, но и сохранить ее и правильно использовать. **Мониторингом** окружающей среды занимается **Научно-исследовательский центр изу-**



*Антенна для приема информации со спутников дистанционного зондирования Земли (Научно-исследовательский центр изучения природных ресурсов)*

**чения природных ресурсов** (НИЦ ИПР), находящийся в ведении Гидрометеослужбы России и обеспечивающий работу со спутников ДЗЗ "Ресурс-О1" и "Океан-О". В г. Долгопрудном, рядом с Физико-техническим институтом, установлены антенны непосредственного приема данных с КА "Ресурс-О1" НИЦ ИПР. Здесь производится автоматизированная обработка снимков и их дешифровка, составляются тематические карты для различных областей народного хозяйства. В центре находится Государственный фонд данных природо-ведческих спутников.

На компьютерах производится картографическая коррекция снимков, их координатная привязка, делается аннотирование. Эти операции объединены общей технологией, называемой нормализацией: изображения приводятся в стандартную форму, воспринимаемую любым потребителем инфор-

мации. Проверенные в НИЦ ИПР технологии передаются в российские организации, проводящие анализ космических снимков. В центре обрабатывают снимки по заявкам народнохозяйственных и научных потребителей информации. Тематическую информацию (для различных областей хозяйственной деятельности) потребители извлекают, как правило, сами из стандартных снимков. Для этой цели во многих лабораториях и организациях имеются специалисты по обработке аэрокосмической информации.

#### КАК ПЕРЕДАЕТСЯ ИНФОРМАЦИЯ

Непосредственная передача данных со спутников эффективнее предварительной записи на борту КА и ее последующего "сброса" на приемные станции. К сожалению, крупные станции расположены не во всех регионах России, поэтому приходится пересылать информацию, используя общедоступные средства связи. Низкая пропускная способность линий связи не позволяет передавать необходимые объемы информации, т.к. снимок высокого разре-

шения содержит несколько сотен мегабайт. Пересылка почтой магнитных или магнитно-оптических носителей снижает оперативность.

На территории России созданы три крупных приемных пункта (под Москвой, Новосибирском и Хабаровском). Развитие компьютерной техники, собственное программное обеспечение позволило в 1996-98 гг. Московскому инженерно-технологическому центру "СканЭкс" разработать и выпустить аппаратуру для малых станций приема и обработки информации конкретного пользователя "СканЭР". Владелец такой станции может самостоятельно получать в реальном времени снимки районов, находящихся в радиусе до 2000 км от станции. В июне 1998 г. Российское авиационно-космическое агентство решило бесплатно и беззастенчиво передавать внутри страны снимки со сканера среднего разрешения. За короткий срок в России появилась сеть из 14 персональных малых станций "СканЭР". Такое количество малых приемных станций с режимом непосредственной передачи информации со спутников повышает возможности основных приемных пунктов. Теперь можно заглянуть на страничку Internet (<http://scanex.ss.msu.ru>) и заказать либо съемку, либо кадр из архива.

#### ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Спутниковая система оперативного наблюдения "Ресурс-О" и "Океан-О" дополняет своей информацией основные зарубежные системы ДЗЗ "Landsat" и "SPOT" – лидеров изучения и контроля природных ресурсов Земли. С ними не конкурирует и появившаяся 10 лет назад аналогичная индийская система "IRS", работающая в своем диапазоне спектра и разрешения снимков.

"Ресурс-О1" стал "космическим почтальоном" благодаря системе сброса информации "IRIS" (Бельгия, Германия, Испания и Великобритания, под эгидой

ESA). Спутник, пролетая над одной и той же точкой поверхности два раза в сутки, забирает электронную почту и отправляет ее всем абонентам, имеющим радиокomплекс с небольшим спутниковым модемом. При запросе абоненты регулярно получают почтовые отправления, возможен и автоматический сбор сообщений. Заказчики такой системы – путешественники, спортсмены и исследователи, находящиеся в отдаленных районах суши или моря. Из крупных организаций ею пользуются морские нефтяные платформы, геологоразведочные и изыскательские партии, научные экспедиции.

Выгоду от нового качества космической информации не всегда можно оценить напрямую. Поэтому во всех странах космические системы ДЗЗ находятся на дотации государства. Весьма значительный эффект от системы оправдывает такой подход. Например, система может уменьшить ущерб от стихийного бедствия. Или предоставить объективные данные об экологическом состоянии региона, способствуя уменьшению его загрязнения. Без системы "Ресурс-О" немислимо создать российский земельный кадастр (список используемых площадей). Специалистов других областей хозяйственной деятельности система "Ресурс-О" освободит от длительной и дорогостоящей работы по сбору дополнительной информации.

Для России значение системы "Ресурс" особенно велико. Поэтому, несмотря на экономический кризис, эксплуатацию и развитие системы дистанционного зондирования Земли продолжают финансировать. Предполагается создать новые, более универсальные спутники "Океан-О" на базе космической платформы КА "Ресурс-О" и "Метеор". В 2000-2002 гг. планируется запустить спутники "Метеор-3М", "Электро-2" и "Ресурс-Арктика". Так завершится переход к оперативной системе дистанционного зондирования нового поколения.

*В.И. ИВАНОВ*

## НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ:

сентябрь–октябрь 2000 г.

В сентябре–октябре продолжают отличные условия для наблюдений планет-гигантов **Юпитера** и **Сатурна**. Эти планеты восходят вскоре после захода Солнца. В конце октября продолжительность их видимости возрастает почти до 12 ч. Обе планеты будут находиться в созвездии Тельца, между звездными скоплениями **Гиад** и **Плеяд**. В конце октября Сатурн достигнет своей максимальной яркости ( $-0,2^m$ ), что случается не при каждом противостоянии планеты и на сей раз объясняется приближением Сатурна к точке перигелия и удачным раскрытием колец.

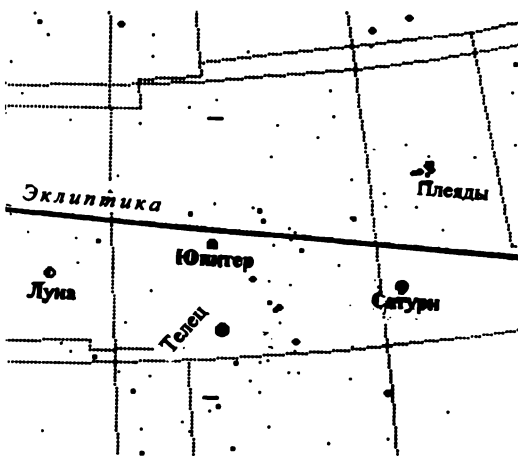
**Марс** можно будет увидеть утром в созвездии Льва. 16 сентября он пройдет вблизи звезды Регул ( $\alpha$  Льва), значительно уступая ей в блеске. К концу

октября длительность видимости возрастет до трех часов.

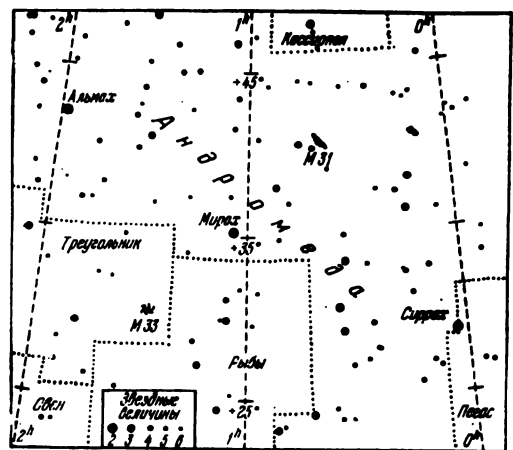
**Уран** и **Нептун** находятся в созвездии Козерога. Их можно увидеть по вечерам в небольшой телескоп или бинокль, но условия их видимости в России неблагоприятны (низко над горизонтом). Уран все же наблюдать можно, он относительно яркий ( $5,7^m$ ) и расположен выше.

Из других объектов звездного неба наилучшие условия наблюдений в сентябре–октябре будут для тех, что находятся в созвездиях Кассиопеи, Андромеды, Рыб, Овна и Кита. Наиболее зрелищны соседние галактики – Туманность Андромеды M31 и спиральная галактика в Треугольнике M33.

Стоит обратить внимание на созвездие Кита, в котором находятся две



Положение Юпитера, Сатурна и Луны на фоне звезд созвездия Тельца 20 сентября 2000 г.



Положение на небе галактик M31 и M33 (из книги Ф.А. Зигеля "Сокровища звездного неба", стр. 112)

## АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В СЕНТЯБРЕ–ОКТАБРЕ 2000 г.

Дата	Время UT	Событие
Сентябрь 5	16 <sup>ч</sup> 29 <sup>м</sup>	<b>Луна в первой четверти</b>
Сентябрь 8	12 <sup>ч</sup> 35 <sup>м</sup>	Луна в апогее (404761 км)
Сентябрь 12	19,9 <sup>ч</sup>	Сатурн: стояние, переход от прямого движения к попятному
Сентябрь 13	19 <sup>ч</sup> 39 <sup>м</sup>	<b>Полнолуние</b>
Сентябрь 16		Солнце переходит из созвездия Льва в созвездие Девы
Сентябрь 21	1 <sup>ч</sup> 30 <sup>м</sup>	<b>Луна в последней четверти</b>
Сентябрь 22	17 <sup>ч</sup> 28 <sup>м</sup>	<b>Осеннее равноденствие</b>
Сентябрь 24	8 <sup>ч</sup> 22 <sup>м</sup>	Луна в перигее (366961 км)
Сентябрь 27	19 <sup>ч</sup> 54 <sup>м</sup>	<b>Новолуние</b>
Сентябрь 29	13,9 <sup>ч</sup>	Юпитер: стояние, переход от прямого движения к попятному
Октябрь 4		Максимум долгопериодической ( $P = 332,0^d$ ) переменной о Кита ( $m_{\max} = 2,0^m$ )
Октябрь 5	11 <sup>ч</sup> 00 <sup>м</sup>	<b>Луна в первой четверти</b>
Октябрь 8		Максимум метеорного потока Драконид
Октябрь 6	7 <sup>ч</sup> 03 <sup>м</sup>	Луна в апогее (404170 км)
Октябрь 13	8 <sup>ч</sup> 56 <sup>м</sup>	<b>Полнолуние</b>
Октябрь 19	21 <sup>ч</sup> 58 <sup>м</sup>	Луна в перигее (370116 км)
Октябрь 20	8 <sup>ч</sup> 02 <sup>м</sup>	<b>Луна в последней четверти</b>
Октябрь 21		Максимум метеорного потока Орионид
Октябрь 26	20,6 <sup>ч</sup>	Уран: стояние, переход от попятного движения к прямому
Октябрь 27	7 <sup>ч</sup> 59 <sup>м</sup>	<b>Новолуние</b>
Октябрь 30		Солнце переходит из созвездия Девы в созвездие Весов

Таблица II

## СОЕДИНЕНИЯ ПЛАНЕТ С ЛУНОЙ

Дата	Время UT	Планета		Дата	Время	Планета	
Сентябрь 9	23 <sup>ч</sup> 05 <sup>м</sup>	Нептун	1,2° N	Октябрь 7	6 <sup>ч</sup> 17 <sup>м</sup>	Нептун	1,3° N
Сентябрь 11	2 <sup>ч</sup> 17 <sup>м</sup>	Уран	1,4° N	Октябрь 8	8 <sup>ч</sup> 55 <sup>м</sup>	Уран	1,5° N
Сентябрь 19	2 <sup>ч</sup> 01 <sup>м</sup>	Сатурн	1,7° N	Октябрь 16	6 <sup>ч</sup> 17 <sup>м</sup>	Сатурн	1,5° N
Сентябрь 19	19 <sup>ч</sup> 40 <sup>м</sup>	Юпитер	2,4° N	Октябрь 17	0 <sup>ч</sup> 42 <sup>м</sup>	Юпитер	2,2° N
Сентябрь 25	18 <sup>ч</sup> 13 <sup>м</sup>	Марс	2,2° S	Октябрь 24	7 <sup>ч</sup> 59 <sup>м</sup>	Марс	3,2° S
Сентябрь 29	18 <sup>ч</sup> 06 <sup>м</sup>	Меркурий	7,1° S	Октябрь 27	18 <sup>ч</sup> 20 <sup>м</sup>	Меркурий	6,1° S
Сентябрь 30	3 <sup>ч</sup> 35 <sup>м</sup>	Венера	4,9° S	Октябрь 30	9 <sup>ч</sup> 33 <sup>м</sup>	Венера	4,4° S

*Примечание:* N – планета находится к северу от Луны, S – к югу.

звезды, давшие название двум типам переменных звезд. Одна из них, о Кита (она же **Мира Кита**), – первая из переменных звезд, ставшая известной в Европе (если не считать Сверхновую Тихо

Браге 1572 г.). Обнаружил ее 13 августа 1596 г. Давид Фабриций (1564– 1617), который проводил наблюдения Меркурия и хотел отметить его положение на звездной карте, измерив

## СОЛНЦЕ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Восход ( $\lambda = 0^h$ )	Заход ( $\varphi = 56^\circ$ )
Сентябрь 1	10 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 52.6 <sup>s</sup>	8°14'49''	31'42''	5 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	18 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>
11	11 17 56.2	4 31 27	31 47	5 24	18 28
21	11 53 47.8	0 40 20	31 52	5 44	18 01
Октябрь 1	12 29 49.4	-3 13 11	31 57	6 03	17 35
11	13 06 19.1	-7 03 08	32 03	6 24	17 09
21	13 43 36.9	-10 43 28	32 08	6 44	16 44

Таблица IV

## ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНЕТАХ, ВИДИМЫХ В СЕНТЯБРЕ–ОКТАБРЕ 2000 г.

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход ( $\lambda = 0^h$ )	Заход ( $\varphi = 56^\circ$ )
<b>Марс</b>						
Сентябрь 1	9 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 35.4 <sup>s</sup>	+15°57'48''	3.6''	1.8 <sup>m</sup>	3 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	18 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>
11	9 55 26.2	13 54 30	3.7	1.8	3 04	18 02
21	10 19 43.7	11 43 13	3.7	1.8	3 03	17 33
Октябрь 1	10 43 32.4	9 25 37	3.8	1.8	3 02	17 02
11	11 06 56.1	7 03 26	3.9	1.8	3 01	16 32
21	11 29 59.8	4 38 14	4.0	1.8	2 59	16 01
<b>Юпитер</b>						
Сентябрь 1	4 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 39.4 <sup>s</sup>	+21°03'18''	40.0	-2.4	21 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	14 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup>
11	4 36 50.8	21 09 00	41.3	-2.4	20 51	13 39
21	4 38 44.6	21 11 58	42.6	-2.5	20 13	13 02
Октябрь 1	4 39 15.3	21 12 15	43.9	-2.6	19 34	12 23
11	4 38 20.4	21 09 52	45.2	-2.7	18 54	11 42
21	4 36 01.8	21 04 54	46.4	-2.7	18 13	11 00
<b>Сатурн</b>						
Сентябрь 1	3 56 45.3	18 11 51	18.6	0.1	21 14	13 14
11	3 57 15.7	18 11 26	18.9	0.0	20 35	12 35
21	3 57 01.7	18 08 55	19.3	0.0	19 56	11 56
Октябрь 1	3 56 03.5	18 04 21	19.6	-0.1	19 16	11 15
11	3 54 23.8	17 57 56	19.9	-0.1	18 36	10 33
21	3 52 07.4	17 49 54	20.1	-0.2	17 55	9 50
<b>Уран</b>						
Сентябрь 1	21 22 51.7	-16 07 22	3.7	5.7	18 15	2 59
11	21 21 29.5	-16 13 36	3.7	5.7	17 35	2 18
21	21 20 18.6	-16 18 52	3.7	5.7	16 55	1 37
Октябрь 1	21 19 21.8	-16 22 58	3.6	5.7	16 15	0 56
11	21 18 41.9	-16 25 43	3.6	5.8	15 36	0 16
21	21 18 20.5	-16 27 01	3.6	5.8	14 56	23 36

Примечание: В таблицах III, IV прямое восхождение и склонение даются на 0<sup>h</sup> UT.

## МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Созвездие	Радант		V, км/с	Часовое число	Даты видимости
		$\alpha$	$\delta$			
Кассиопейды	Кассиопея	1 00	63		10	20.08–15.09
Тауриды сев.	Телец	4 00	23	29	10	13.09–1.12
Тауриды южные	Телец	3 36	13	27	10	15.09–26.11
Ориониды	Орион	6 20	16	66	20	2.10–7.11
Цефеиды	Цефей	20 54	58		20	4.10–20.10
Дракониды	Дракон	17 40	54	20	–	6.10–10.10
Цетиды	Кит	4 00	10		10	13.10–24.10
Пегасиды	Пегас	23 12	27			18.10–21.10

расстояние от планеты до звезды  $3^m$  из созвездия Кита. Однако на звездных картах и глобусах этой звезды не оказалось. Фабриций, один из лучших наблюдателей того времени, принялся следить за неизвестной звездой, обнаружил, что ее блеск возрос до  $2^m$ , потом стал уменьшаться, а в конце октября звезда исчезла. Фабриций решил, что он наблюдал звезду, подобную той, что появлялась в 1572 г. в созвездии Кассиопеи. Однако в 1609 г. он увидел ее снова и понял, что обнаружил новый тип звезд – переменные звезды. В 1639 г. И. Гольвард установил период блеска звезды – 331,62 д. Ян Гевелий назвал ее Мирой, что по-латыни значит “Удивительная”. Ныне **мириды** – класс **долгопериодических переменных** – пульсирующие красные гиганты с низкой температурой поверхности и линиями окислов металлов в спектрах. Пределы измерения блеска и периоды у них непо-

стоянны. **Мира Кита** меняет блеск в среднем от  $3,4^m$  до  $9,3^m$  в среднем, но иногда может достигать  $2,0^m$ , и тогда становится самой яркой звездой созвездия. Как раз на 4 октября 2000 г. приходится максимум ее блеска.

Звезда **UV Кита**, расположенная недалеко от  $\alpha$  Кита, дала название особой группе **вспыхивающих звезд**. Эта тусклая звездочка  $13^m$  способна за несколько десятков секунд увеличить свой блеск на шесть звездных величин, т.е. в 250 раз. Затем она постепенно, за время от 10 мин до нескольких часов, возвращается в прежнее состояние. В среднем через 20 ч вспышка повторяется. Предполагается, что звезды типа UV Cet – молодые красные карлики, а их вспышки имеют ту же природу, что хромосферные вспышки на Солнце, но гораздо большего масштаба.

*В.А. ЮРЕВИЧ*



### Солнце в феврале–марте 2000 г.

В феврале–марте 2000 г. солнечная активность была достаточно высокой. В первые дни февраля на солнечном диске отмечались 4-5 групп пятен, но спустя несколько дней кривая чисел Вольфа резко пошла вверх.

В конце февраля на диске можно было насчитать до 11 групп пятен! Соответственно, большим разнообразием структур отличалась и хромосфера: многочисленные флоккулярные поля, окружающие активные области, много темных волокон.

В марте число Вольфа практически не опускалось ниже отметки 100, количество активных областей менялось от 5 до 14 (!). В конце месяца при наиболее высокой активности отмечались мощные вспышки, число Вольфа достигло 200. По-видимому, максимум 23-го цикла уже не за горами.

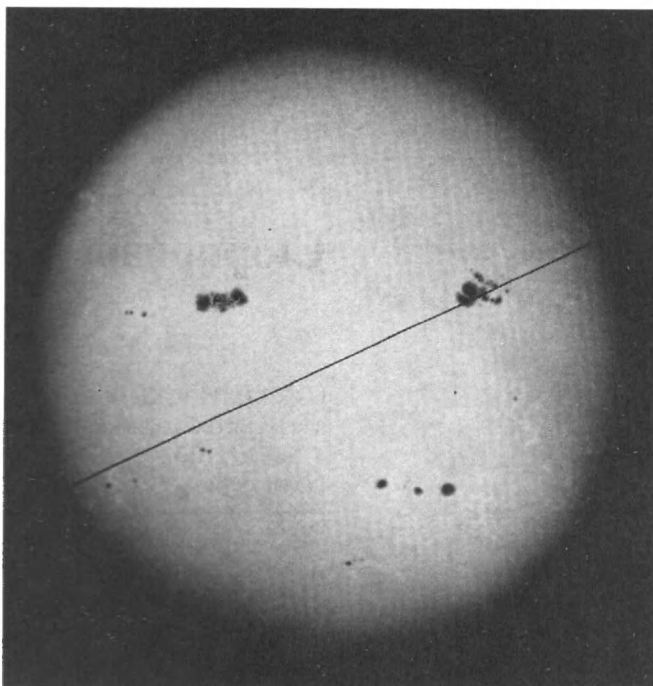
*С.А. ЯЗЕВ,*  
кандидат

*физико-математических наук*

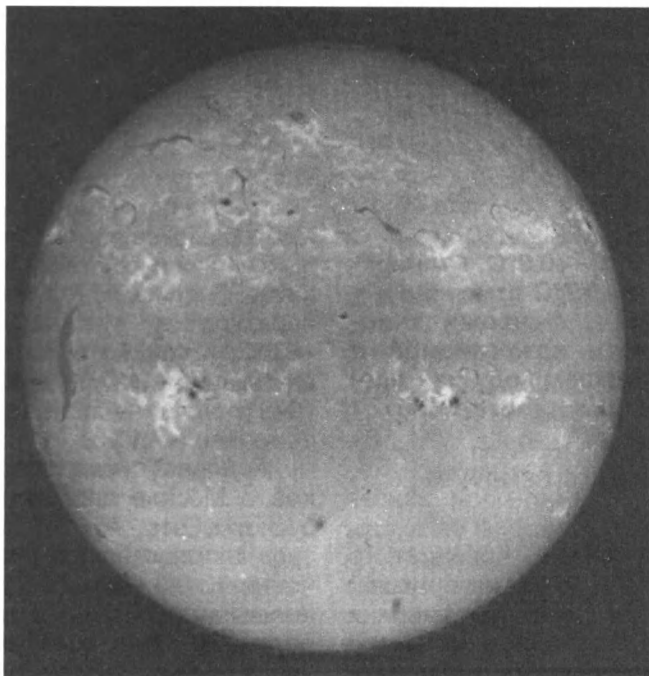
---

*Хромосфера Солнца 29 февраля 2000 г. Видно много флоккулярных полей, окружающих активные области, большое количество темных волокон, среди них выделяется крупное диффузное волокно на востоке (на снимке слева).*

*Снимки получены Т.В. Говориной, Байкальская астрофизическая обсерватория ИСЗФ СО РАН*



*Фотосфера Солнца 29 февраля 2000 г.*



## Сюрпризы погоды в 1999 году

О.Н. БЕЛИНСКИЙ,  
кандидат географических наук  
Т.Н. БУРЦЕВА  
Росгидромет

---

По сравнению с рекордно теплым 1998 г. интенсивность положительных аномалий температуры воздуха в 1999 г. значительно снизилась, но для Северного полушария год все же был теплым, хотя и чуть холоднее предыдущих. Среднегодовая температура в Северном полушарии в 1999 г. составила  $+0,7^{\circ}\text{C}$ , тогда как в 1998 г. –  $+0,9^{\circ}\text{C}$ , а в 1997 г. –  $+0,8^{\circ}\text{C}$ . Температура  $+0,7^{\circ}\text{C}$  отмечена и в 1995 г. А неожиданно и катаклизмов в минувшем году как всегда было достаточно...

### ПОГОДА В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

Теплее обычного в 1999 г. было на большей части Северной Америки и Евразии. Наиболее интенсивные положительные аномалии средних годовых температур

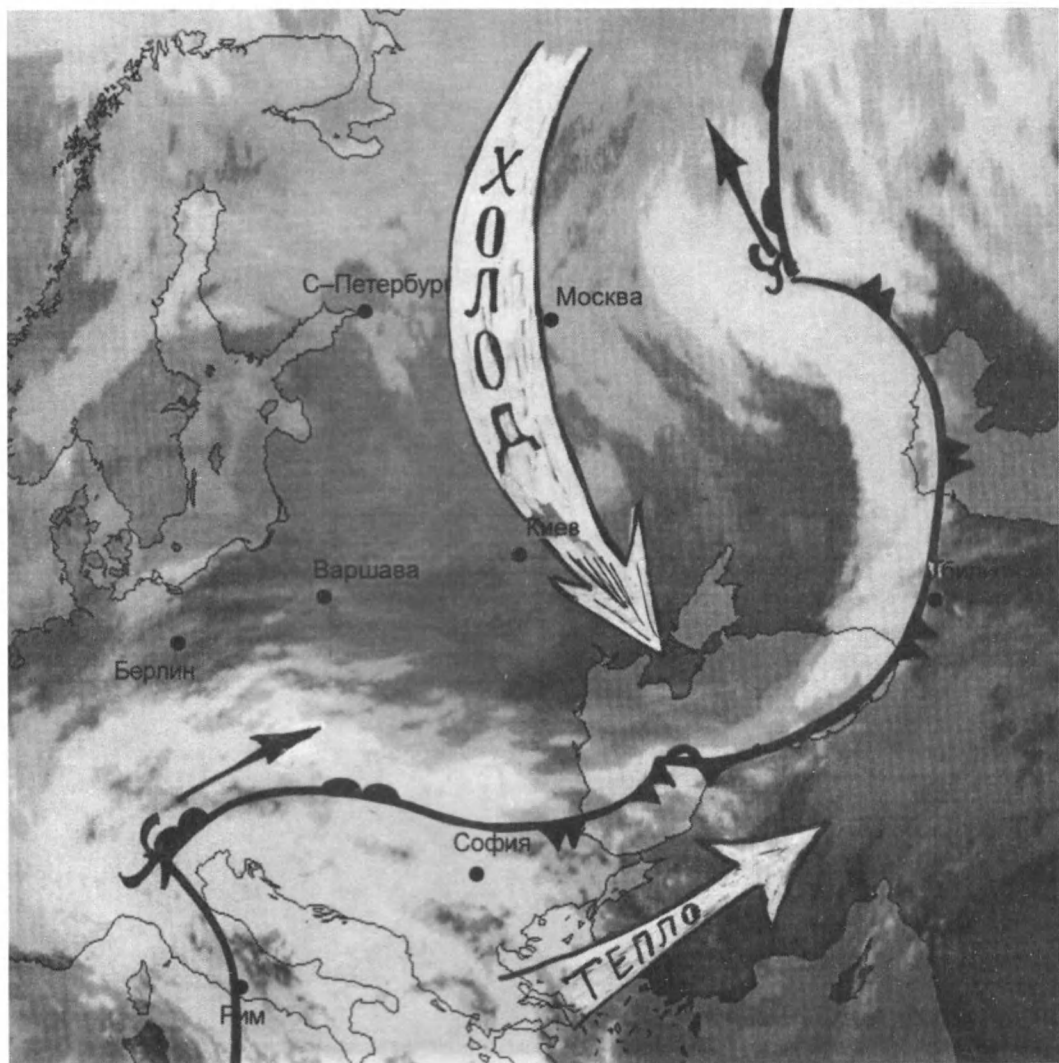
(выше  $+2^{\circ}\text{C}$ ) наблюдались в Белоруссии, в центральных и восточных районах Канады, а также на севере США. Самые большие среднегодовые отклонения температуры в Северном полушарии (свыше  $+3^{\circ}\text{C}$ ) отмечены в районе Гудзонова залива. Отрицательные аномалии занимали большую часть тропической зоны Тихого океана, ниже обычных оказались температуры в Индии и на юге Индокитая. Средняя за год температура в Москве –  $+6,6^{\circ}\text{C}$ , столь же высокой она была и в 1975 г., но в 1979 г. было на полградуса теплее ( $+7,1^{\circ}\text{C}$ ).

Годовая сумма осадков в Москве составила 547 мм, это – 83% от средних многолетних значений. Ниже нормы осадков выпало в период с апреля по июль (больше всего их было в июне), а также осенью – в сентябре и ноябре. Лишь в янва-

ре 1999 г. количество осадков в 1,7 раза превысило обычный уровень.

На востоке Германии, в Польше, Белоруссии, Литве, на севере и северо-западе Европейской части России, на востоке Центрального района, Верхней Волге, а также на Кавказе в течение года сохранялась преимущественно сухая погода.

Наиболее засушливая обстановка сложилась на востоке Евразии. Очень мало выпало осадков на юге Западной Сибири, в Амурской области, на северо-востоке Якутии, на Чукотке, в Монголии, в Центральном и Северо-Восточном Китае. В районе Улан-Удэ (Бурятия) было сухо в течение всего 1999 г. Столь скудные осадки в сочетании с высокими температурами в теплый период года привели к возникновению в этих регионах многочисленных лесных



*Вторжение холодного воздуха на Черное море, вызвавшее значительное похолодание в начале 1999 г. Снимок с геостационарного спутника МЕТЕО АТ-7, 11 января 1999 г.*

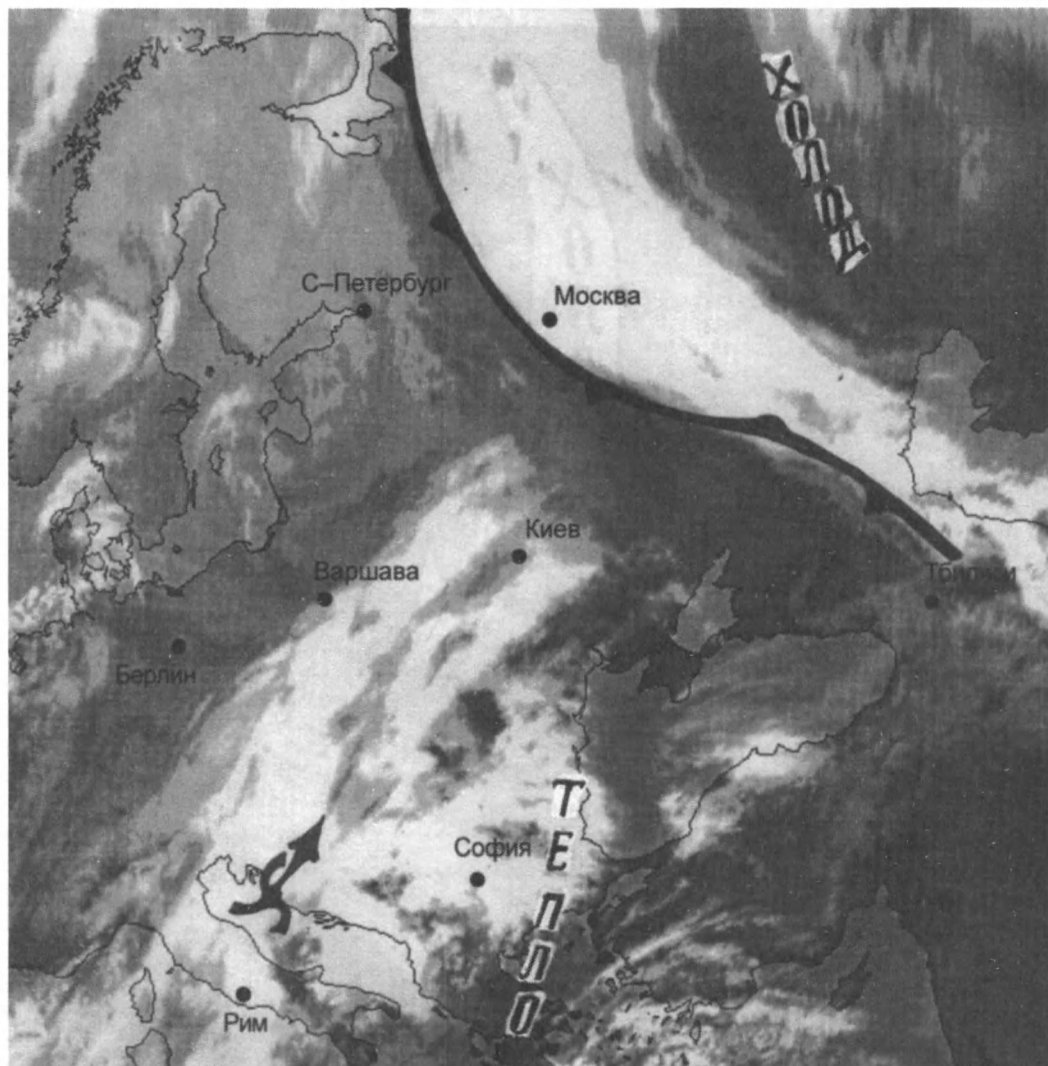
пожаров. В целом по России засушливых областей оказалось значительно больше, чем в 1998 г. Недостаток влаги на севере Азии компенсировался ее избытком на юго-востоке континента. Больше

всего дождей выпало во Вьетнаме, Таиланде, Малайзии: в последние месяцы года там практически непрерывно шли ливни, вызванные тайфунами и тропическими штормами.

На западе Северного полушария годовые суммы осадков распределились довольно неравномерно. В то время как на территории Канады отмечались довольно благоприятные погодные усло-

вия, большую часть районов США, включая Аляску, с февраля по декабрь 1999 г. поразила атмосферная и почвенная засуха. По данным Национального центра климатических прогнозов США, засуха во многих районах наблюдалась в течение всего лета и осени 1999 г.

**Аномальные засушливые условия** погоды сложились летом в июне-июле 1999 г. и на европейской части Рос-



сии. Еще весной западно-восточный перенос воздушных масс сменился устойчивым преобладанием меридиональных атмосферных процессов. Очень теплым в средней полосе России был апрель. В конце месяца температура повышалась днем до  $+25^{\circ}\text{C}$ . В центральных областях такая теплая погода в апреле повторяется раз в 10–15 лет.

Но уже в первые майские дни на европейскую

часть России обрушился с северо-восточными ветрами **холодный арктический воздух**. Сформировавшийся над покрытым льдом Карским морем, он быстро достиг берегов Черного моря.

Меридиональный перенос воздуха с юга на север сменился на обратный (с севера на юг). Над восточными областями Европейского континента установился **мощный стационарный циклониче-**

*Арктический воздух распространился на европейскую часть России из района Карского моря в феврале 1999 г. Снимок МЕТЕО АТ-7, 10 февраля 1999 г.*

**ский вихрь**, простершийся до больших высот. По его западной периферии на европейскую часть России почти весь месяц поступал холодный арктический воздух. Заморозки в центральных об-



*Последствия урагана, пронесшегося над Нижним Новгородом 31 мая 1999 г.*

ластях отмечались до середины мая, и все это время дожди чередовались со снегом.

В целом май на 4-5°C был холоднее обычного, что случается очень редко. Он был вторым таким за столетие после очень холодного мая 1918 г., когда аномалия составила -5,6°C.

Необычной была и динамика **стратосферной циркуляции**. Так, уже в первой декаде марта произошла смена режима зимней циркуляции на летнюю. Но спустя несколько дней в стратосфере вновь вернулась зима: антициклонический вихрь над Северным по-

люсом был вытеснен мощным циклоном. Только через два месяца летняя антициклональная циркуляция прочно установилась в стратосфере на высотах 20–24 км. Эту ситуацию некоторые синоптики объясняли тем, что неустойчивый режим стратосферной циркуляции распространился в тропосферу и это вызвало смену обычной широтной циркуляции воздушных масс на междуширотную (с севера на юг и с юга на север).

В июне на востоке Европейского континента, как и в апреле, сформировался **“блокирующий” антициклон**, который, несколько видоизменяясь, продержался до середины июля. По его западной периферии с юга на Скандинавию перемещались умеренно теплые

и влажные воздушные массы. В результате этого в Западной Европе шли проливные дожди, которые нередко сопровождались штормовыми ветрами. Во многих европейских странах наблюдались наводнения.

Европейская часть России на длительный период оказалась заблокированной этим антициклоном от атлантической влаги. Средняя для региона в июне аномалия температуры впервые за 120-летний период наблюдений составила +5°C. Июнь был одним из самых “сухих” месяцев. Незначительное количество осадков (10–20 мм, при норме 75 мм) привело к засухе и многочисленным лесным пожарам.

Устойчивые меридиональные атмосферные процессы, когда антици-

клон сохранялся и над теплой поверхностью, вызвали иссушение верхнего слоя почвы. В результате в июне и первой половине июля в большинстве районов европейской части России наблюдалась **почвенная засуха** разной интенсивности. Запасы продуктивной влаги в пахотном слое почвы были менее 5-10 мм. Условия для формирования урожая сельскохозяйственных культур, особенно яровых зерновых, кукурузы, картофеля и овощей были крайне неблагоприятными.

В августе засуха прекратилась. Температура воздуха в большинстве регионов России опустилась ниже обычного уровня. Прохладным был и сентябрь. В октябре же очень теплая погода вновь возобладала практически на всей территории России, за исключением районов Прибайкалья, Хабаровского и Приморского краев.

В ноябре сильные и продолжительные холода вновь обрушились на Европу (особенно в восточной части) и на Западную Сибирь. Это привело к созданию крупной месячной отрицательной аномалии температуры воздуха, с центром в районе Средней Волги и Урала. Здесь средние за месяц аномалии достигали  $-7...-8^{\circ}\text{C}$ .

В декабре картина распределения аномалий температуры воздуха в умеренных широтах Евразии вновь резко изменилась. Средняя месячная

температура в большинстве районов Европы и Азиатской части России была выше нормы.

Необходимо отметить, что в это время преобладал **западно-восточный перенос** воздушных масс, способствовавший учащению проникновению "глубоких" и мощных циклонических вихрей в глубь материка. Циклоны вызвали **наводнения** в России (Санкт-Петербург и Калининград) и во Франции (на реке Гароне в г. Бордо). Очень сильные дожди прошли на юге Великобритании и в Германии. Снегопады и сход снежных лавин наблюдались в Альпах и в Карпатах.

Ветры ураганной силы до 35-40 м/с дважды в конце декабря обрушивались на Францию, Германию и Швейцарию. Эти бури привели к значительным разрушениям и жертвам (Земля и Вселенная, 2000, № 2).

Таким образом, после засухи в июне-июле на европейской части России до конца года наблюдались резкие колебания от месяца к месяцу как в режиме циркуляции, так и в термическом режиме.

**В тропической зоне Мирового океана**, где на характер погоды значительное влияние оказывают тропические циклоны (ураганы, тайфуны и т.д.), наблюдался **61 циклон**. Это было наименьшее число циклонов за последние 30 лет, начиная с 1970 г. В Северном полушарии зарегистрирован 41 тропический ци-

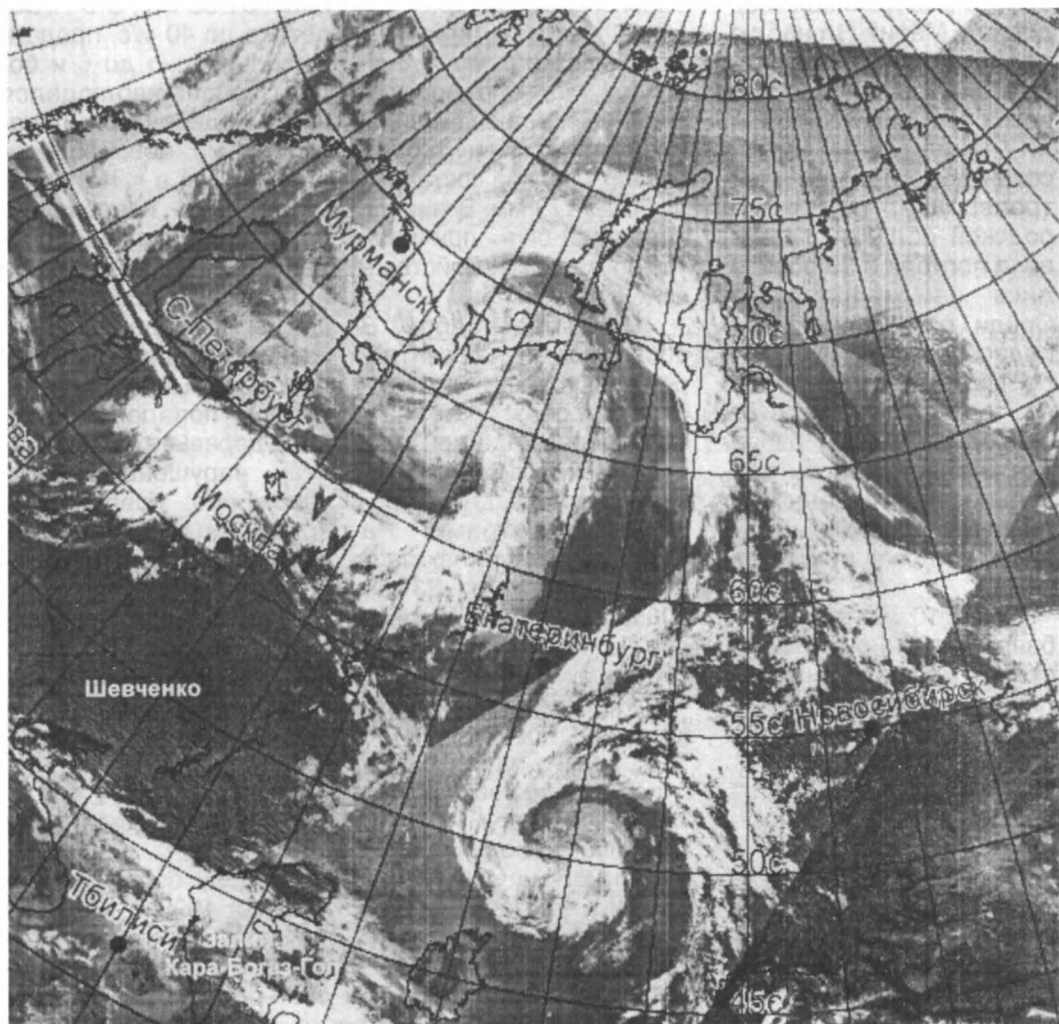
клон, в Тихом океане – 27, в Атлантическом – 12, в Индийском – 2. Наиболее сильные ветры сопровождали циклон "Флойд", который двигался в сентябре в Северной Атлантике. При подходе к Багамским островам скорости ветра достигали 65 м/с, на побережье США – 35-45 м/с. С этим циклоном были связаны значительные разрушения.

Три разрушительных тайфуна с ураганными ветрами 37-40 м/с: "Мегги" – в июне, "Йорк" – в сентябре и "Дэн" – в октябре пронесли на юго-востоке Китая. Аналогичные ветры сопровождали тайфун "Барт", который в сентябре обрушился на Японию.

#### МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ СТИХИЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В РОССИИ

На территории России в 1999 г. зарегистрировано **152 случая возникновения стихийных метеорологических явлений** – экстремальных погодных событий, часто наносящих ущерб. Наиболее разрушительными были 24 явления, с некоторыми из них связана гибель людей. Напомню хронологию событий.

**Январь-февраль.** С 25 по 28 января в Приморском и Хабаровском краях, а также на Сахалине, мощный циклонический вихрь стал причиной сильных снегопадов (20-36 мм), метелей с ветрами 20-25 м/с, на побережье до 23-28 м/с, а в районе пос. Чумикан (Хаб-



Монтаж космических изображений Евразии на 31 мая 1999 г. Холодный воздух на атмосферном фронте принес с собой усиление шквалистого ветра в ряде областей России, особенно в Поволжье и на юго-западе Сибири

ровский край) до 37 м/с. Ненастые вызвало остановку транспорта, обрыв линий электропередач, разрушение крыш ряда домов. В горных районах

Сахалина гремели снежные лавины.

**Март-май.** 1-2 марта на юге Магаданской области, в районе Лисянских-Ямских островов и в заливе Шелехова снегопады, метели и ураганные ветры до 35-40 м/с причинили значительный ущерб; отключалась электроэнергия.

18 апреля около 18 часов в Санкт-Петербурге и в Ленинградской области вторжение холод-

ного воздуха на атмосферном фронте сопровождалось сильными грозами и шквалами, проливными дождями. Скорость ветра в порывах достигала 18-23 м/с. Погибло 4 человека. Шквалом поломаны и повалены деревья, сорваны крыши со многих зданий, разбиты рекламные щиты, произошли перебои с водоснабжением и электроснабжением.

31 мая в Нижегородской, Ивановской, Влади-

мирской, Рязанской областях, в республиках Мордовия и Марий-Эл наблюдались ливни, грозы и шквалы со скоростями ветра от 18 до 30 м/с. Были повреждены крыши сотен домов, линии электропередач. В Нижегородской области 3 человека погибли и 39 обратились за медпомощью. Среди погибших – двое подростков.

**Июль–август.** Лето на территории России – период активного развития конвективной деятельности, связанной с ливнями, грозами, шквалами, а иногда и со смерчами.

Так, 10 июня в Аксубаевском районе Татарстана прошел сильный ливень с градом (диаметр градин до 20-22 мм), при этом ветер усиливался до 25-28 м/с. В результате было разрушено несколько административных и жилых зданий, повалены деревья. Одним из упавших деревьев убило 14-летнего подростка.

5 июля развитие активной конвекции привело к возникновению в районе г. Самары грозового очага. По городу прошел шквал полосой 1,5-2 км (скорость по визуальным наблюдениям 17-22 м/с). Разрушения были значительными: поваленные деревья, сорванные с домов крыши. Под сложенным деревом погибла девочка, два человека попали в больницу, 7 человек обратились за медпомощью. Потоки воды нарушали движение транспорта, создавалась

угроза подтопления подвальных помещений.

30 августа циклон с юга Японского моря сместился на Приморский край. Здесь прошли сильные ливни. Количество выпавших осадков составило от 30 до 179 мм. Возникли паводки, был причинен ущерб сельскохозяйственным культурам.

**Сентябрь–ноябрь.** В последних числах сентября на Сахалин, Курильские острова и на Камчатку обширный циклон принес сильные дожди, которые сопровождались ураганными ветрами. На Сахалине и Курилах за 2 дня выпало от 33 до 108% месячной нормы осадков, в это время ветер порой достигал 25-30 м/с. На Камчатке количество осадков составило 50-100 мм, а на мысах полуострова бушевал ветер ураганной силы – 35-40 м/с; уровень воды в реках поднялся на 0,5-1,8 м. Имелись многочисленные повреждения линий электропередачи.

22-24 октября на Сахалине выпало от 20 до 83 мм осадков (79-93% нормы): в результате дождей и таяния ранее выпавшего снега поднялся уровень воды, она вышла на пойму, затопила поля, дороги, различные хозяйственные объекты. На участке железной дороги Поронайск–Смирных размыто полотно и разрушен мост. На окраинах Южно-Сахалинска подтоплено 52 дома.

**Декабрь.** В Калининградской области из-за сильных ветров 18-23 м/с

порывами до ураганной силы 31-38 м/с, а в г. Советске до 40 м/с, продолжительностью до 6 и более часов наблюдался нагон воды с моря и значительные повреждения зданий. Так в г. Калининграде было повреждено более 300 зданий, повалено более 300 деревьев и несколько рекламных щитов. В городе и близлежащих поселках подтоплено много предприятий. Ветром повалено более 2500 деревьев. В 253 пунктах нарушено энергоснабжение, повреждены крыши более чем 1000 зданий. Погибло два человека.

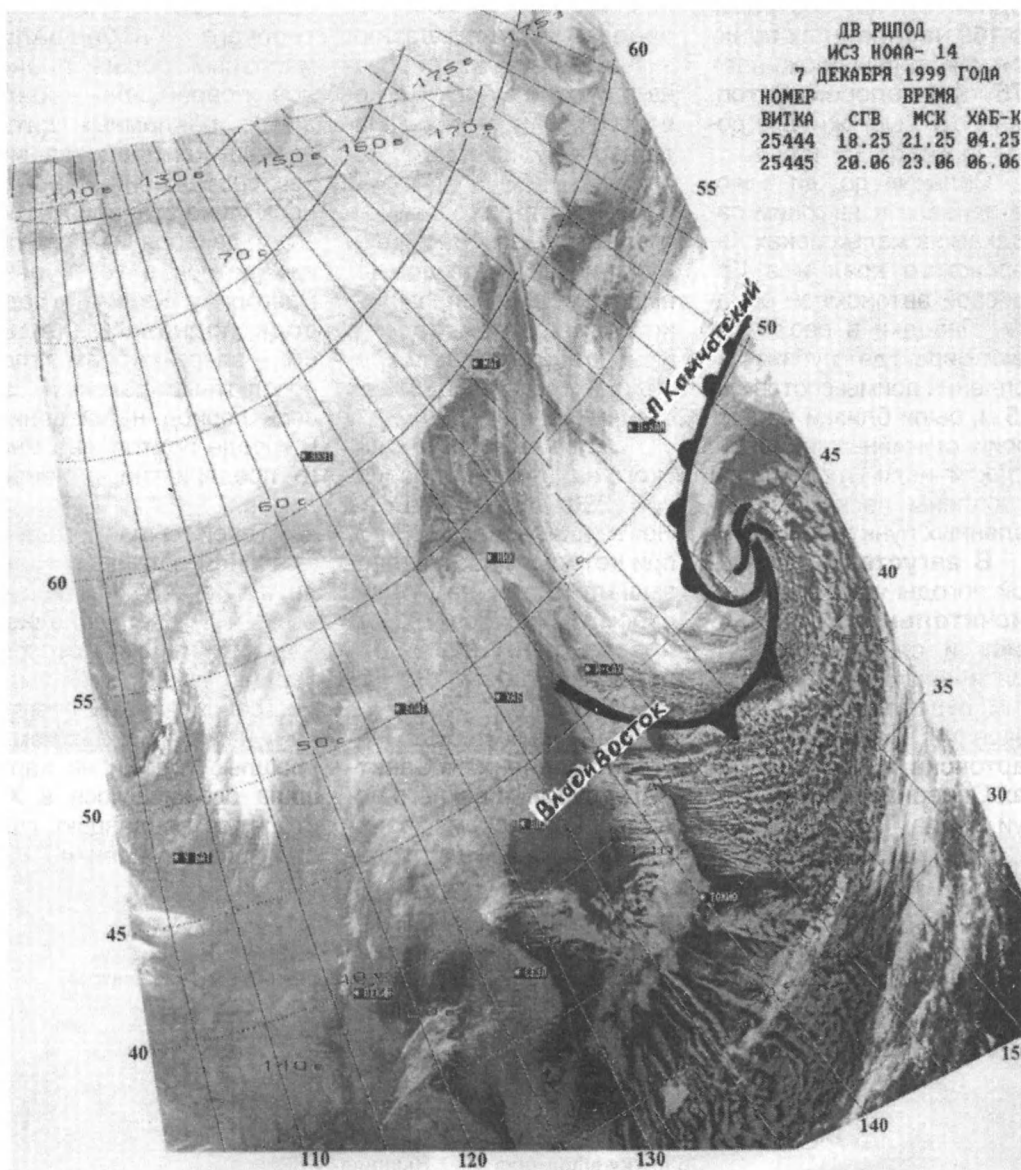
В этом же месяце произошло вторжение мощного тихоокеанского циклона на Камчатку. Он вызвал снегопады и сильные ветры.

половодья и наводнения

В пору весеннего половодья 1999 г. на европейской территории России высокие уровни воды наблюдались на реках севера и северо-запада, а также в среднем и нижнем течении Оки, на отдельных участках рек Костромы, Унжи, Ветлуги, Вятки и Камы.

На азиатской территории страны высокие уровни воды были характерны для нижнего течения Оби, Иртыша и рек, впадающих в них – Туры, Сосьвы, Тавды, Васюгана. Не избежали широкого разлива Средний и Нижний Енисей, Подкаменная и Нижняя Тунгуска, а также Лена





*Продвижение циклона на Камчатку в декабре 1999 г. Участок синоптической карты, построенной на основе космического снимка*

(от г. Ленска до Якутска) и отдельные ее притоки. Прошедшие в период снеготаяния дожди необычно высоко подняли уро-

вень воды на реках Приморского края.

Наибольший ущерб сезонные изменения принесли жителям берегов Енисея. С 14 по 22 мая произошел рекордно высокий подъем уровня воды в районе Дудинка-Игарка. Была затоплена взлетно-посадочная полоса аэродрома.

В июне значительные заторы образовались при вскрытии льда на Лене, на участке от г. Ленска до устья реки Алдан. Уровень воды у Якутска повышался до отметок, наблюдавшихся с прошлого столетия, и столица республики была почти полностью затоплена. На территории Якутии от

водной стихии пострадало **169 населенных пунктов**, в которых проживает 475 тыс. человек. Затоплено 15 тыс. жилых домов, погибло 15 человек.

Сильные дожди в июле привели к высоким паводкам на малых реках Хабаровского края и в Еврейской автономной области. Паводки в верховьях реки Бира, где глубина затопления поймы составила 1,5 м, были близки к категории стихийных явлений. Практически полностью затоплены несколько населенных пунктов.

**В августе** из-за жаркой погоды **уровни воды значительно понизились** и стали близки к критическим, затрудняющим судоходство на Иртыше у Омска и Нижневартовска, а также на реках Северная Сосьва, Полуй, Ныда, Таз.

**В сентябре** очень низ-

кая водность (**25-30% от средних многолетних значений**) зарегистрирована в бассейнах рек Волхова и Свири на северо-западе европейской части России.

**В октябре** обильные дожди в бассейне реки Кубани вызвали дождевые паводки, благодаря которым приток воды в Краснодарское водохранилище составил **175% от обычного**.

Сильные ветры с Финского залива были причиной 290 наводнений на Неве (начиная с 1691 г.), при которых паводок превышал 150 см над ординаром. 30 ноября 1999 г. **превышение над ординаром достигло 262 см**. По величине подъема уровня воды это было шестое наводнение в Санкт-Петербурге за всю его историю. Городскому хозяйству нанесен значитель-

ный ущерб. В Санкт-Петербурге наблюдался массовый обрыв проводов, повреждены кровли домов, рекламные щиты, размыт комплекс защитных сооружений, закрыто несколько станций метро.

4 декабря из-за сильных ветров в устье реки Преголи у Калининграда **вода поднялась на 188 см** – впервые повторился абсолютный максимум за весь период наблюдений. В городе подтоплено много предприятий и жилых домов.

Такой была погода в Северном полушарии Земли, и в России в частности, в 1999 г., в предпоследнем году нашего века и второго тысячелетия. Она была многообразна, как всегда, не лучше и не хуже, чем в прошлые годы и не нарушила сложившуюся в XX столетии тенденцию глобального потепления.

**Заведующая редакцией** Г.В. Матросова. **Зав. отделом наук о Земле** В.А. Маркин.  
**Зав. отделом астрономии** В.А. Юревич. **Зав. отделом космонавтики** С.А. Герасютин.

**Художественные редакторы** М.С. Вьюшина, О.Н. Никитина.

**Литературный редактор** О.Н. Фролова.

**Мл. редактор** Л.В. Рябцева.

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

**Номер оформили:** Р.В. Ермакова, Е.Е. Барк, Ю.А. Тюришев.

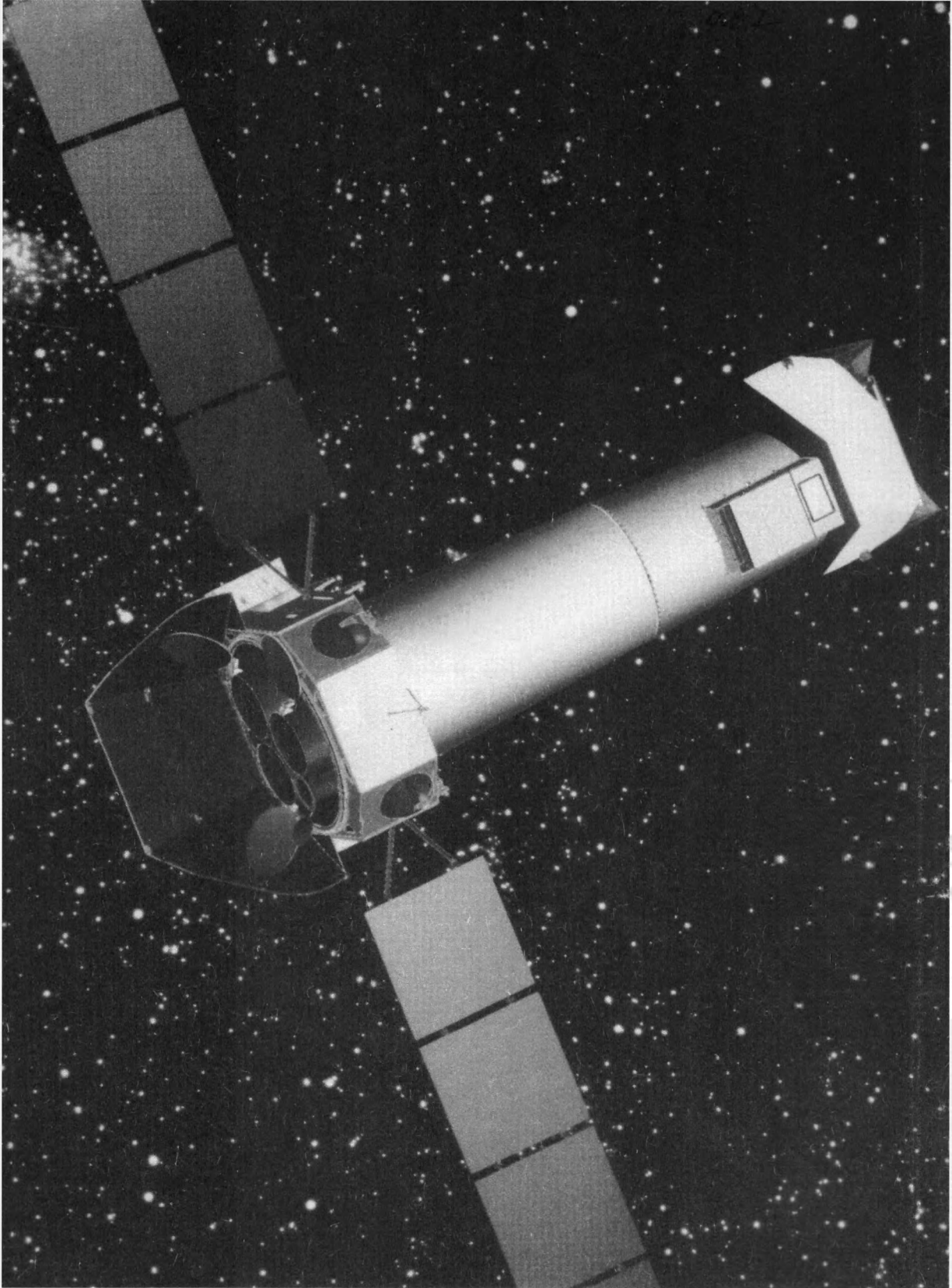
**Обложку оформила** М.С. Вьюшина.

Сдано в набор 05.05.2000 Подписано в печать 06.07.2000. Формат бумаги 70 × 100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Офсетная печать Уч.-изд. л. 12,0 Усл.печ.л. 9,1 Усл. кр.-отт. 8,2 тыс. Бум.л. 3,5  
Тираж 875 экз. Заказ № 3669

Свидетельство о регистрации № 2119 от 28.06.91  
Учредители: Президиум РАН,  
Астрономо-геодезическое общество (АГО) при РАН  
Академиздатцентр "Наука"

Адрес издателя: 117864 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Адрес редакции: 117810 Москва, Марононский пер., 26  
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66  
Отпечатано в ППП "Типография "Наука"  
121099 Москва, Шубинский пер., 6





"Наука"  
Индекс 70330