

ISSN 0044-3948

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

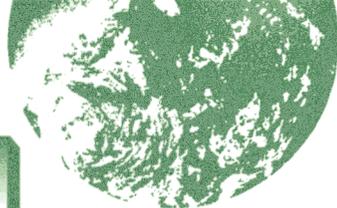
КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

МАЙ – ИЮНЬ

3/2002







Научно-популярный журнал  
Российской академии наук и  
Астрономо-геодезического  
общества  
Издается с января  
1965 года  
Выходит 6 раз в год  
Академиздатцентр  
"Наука"  
Москва

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

3/2002

**Новости науки и другая информация:** Звуки звезд [12]; Солнце в декабре 2001 г.–январе 2002 г. [13]; Венера: почему обратное вращение? [25]; Начало работы на орбите Марса [26]; Очередной поток Леонид [27]; Проверена теория Миланковича [38]; Адаптивная оптика на ОБТ [43]; Разбегание галактик или "усталость" света? [48]; Грязевые вулканы на дне Средиземного моря [73]; Загадочный микрокварц [79]; Как фонтанирует нейтронная звезда [80]; Свинцовые звезды [88]; Пояс астероидов у звезды  $\xi$  Зайца [97]; Звезда в тумане [97]; Новые книги [102, 108]; Наблюдения кометы Икея–Джанга [109]; Перестройка ложа Индийского океана [110].

## В номере:

- 3 ФАДЕЕВ Ю.А. Пульсации звезд
- 16 БЕЛЯЕВ М.Ю., ДЕСИНОВ Л.В. Мониторинг Земли с Международной космической станции
- 28 БЕЛИНСКИЙ О.Н., БУРЦЕВА Т.Н. Первый год тысячелетия отбушевал...

## ЛЮДИ НАУКИ

- 39 Владимир Николаевич СТРАХОВ (к 70-летию со дня рождения)
- 44 Николай Семенович КАРДАШЕВ (к 70-летию со дня рождения)
- 49 Василий Павлович МИШИН (к 85-летию со дня рождения)
- 54 **Памяти Петра Владимировича Щеглова**

## ИСТОРИЯ НАУКИ

- 57 ГУЛЯЕВ Р.А. Внеатмосферные исследования в лаборатории Г.М. Никольского

## ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 65 БАЛАНДИН Р.К. Глобальные круговороты литосферы

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 74 НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: июль–август 2002 г.
- 81 КУЗЬМИН А.В., ЛЕВИТАН Е.П. История звездной карты
- 89 ГУСЕВ Е.Б. Затмения – как часто они происходят?
- 93 СОЛОМОНОВ Ю.В. Наблюдение окрестностей ярких звезд

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 98 ЮРЕВИЧ В.А. От Арата до Архимеда
- 103 ГАЛЕНКО В.И. Создатели космической гавани

## ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

- 109 ЛЕУШКАНОВ А.В. О кометах, металлах и дейтерии



© Академиздатцентр "Наука"  
Российская академия наук  
журнал "Земля и Вселенная" № 3, 2002 г.

Zemlya i Vseennaya (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

### In this issue:

**На стр. 1 обложки:** Область вблизи центра звездного скопления NGC 3603. Снимок получен с помощью 8.2-м зеркала "Йепун" Очень Большого Телескопа, адаптивной системы NAOS и инфракрасной камеры CONICA в Европейской Южной Обсерватории на горе Параналь в Чили. Поле зрения 27" × 27". Длина волны – 2.2 мкм. Экспозиция – 300 с. Север – вверху, восток – слева. Фото ЕЮО (к стр. 43).

**На стр. 2 обложки:** Вверху – экипаж четвертой основной экспедиции МКС: Д. Бёрш (США), Ю. Онуфриенко (РФ) и К. Уолз (США). Работал на станции с 7 декабря 2001 г. до мая 2002 г. Внизу – экипаж КК "Колумбия" (STS-109): С. Альтман, Д. Кэри, Н. Кёрри, Д. Ньюман, Д. Грунфельд, Р. Линнехан и М. Массимино, выполнивший очередной ремонт КТХ в марте 2002 г. Фото NASA.

**На стр. 3 обложки:** Вверху – перспективный снимок Центрального Памира (сделан 25 июня 2001 г.). Примерно так и даже мельче видят горные страны космонавты невооруженным глазом. Тренированные космонавты даже при скорости полета более 7 км/с легко находят их и делают снимок объективом с фокусным расстоянием 800 мм. Возникает ощущение, что снимок получен при аэрофотосъемке. Космонавт Ю.В. Усачёв очень точно выбрал ракурс и момент съемки. Внизу – Сарезское озеро (Таджикистан) теряется среди горного рельефа. Фото РКК "Энергия" (к ст. М.Ю. Беляева и Л.В. Десинова).

**На стр. 4 обложки:** Международная космическая станция пополнилась в июле–декабре 2001 г. новыми элементами – модулями для стыковок и выходов в открытый космос "Квест" (США) и "Пирс" (Россия), манипулятором (Канада). Вид станции после расстыковки корабля "Индевор" (STS-108) 15 декабря 2001 г. На МКС доставлен экипаж четвертой основной экспедиции, а третья длительная экспедиция возвращена на Землю. Фото NASA.

- 3 FADEEV Yu.A. Star pulsation  
16 BELYAEV M.Yu., DESINOV L.V. Earth monitoring from International space station  
28 BELINSKY O.N., BURTZEVA T.N. First year of millennium stormed off

### PEOPLE OF SCIENCE

- 39 Vladimir Nikolaevich STRAKHOV (to the 70<sup>th</sup> birthday)  
44 Nikolay Semenovich KARDASHEV (to the 70<sup>th</sup> birthday)  
49 Vasily Pavlovich MISHIN (to the 85<sup>th</sup> birthday)  
54 **To the memory of Petr Vladimirovich Shcheglov**

### HISTORY OF SCIENCE

- 57 GULYAEV R.A. Extra-atmospheric research in the laboratory of G.M. Nikolsky

### HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 65 BALANDIN R.K. Global circulation of lithosphere

### AMATEUR ASTRONOMY

- 74 CELESTIAL CALENDAR: July-August 2002  
81 KUZMIN A.V., LEVITAN E.P. History of star map  
89 GUSEV E.B. Sun eclipses – how often do they happen?  
93 SOLOMONOV Yu.V. Observation of bright stars neighbourhood

### BOOKS ON EARTH AND SKY

- 98 YUREVICH V.A. From Arat to Archimed  
103 GALENKO V.I. Founders of cosmic bay

### LETTERS TO EDITORIAL OFFICE

- 109 LEUSHKANOV A.V. About comets, metals and deuterium

### 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 физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,  
доктор физ.-мат. наук Л.В. ЗЕЛЕНЬКИЙ,  
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,  
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,  
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,  
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,  
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,  
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАШУК,  
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

## Пульсации звезд

Ю.А. ФАДЕЕВ,  
доктор физико-математических наук  
Институт астрономии РАН

---

Подобно многим физическим объектам звезды способны совершать колебания около состояния равновесия. В простейшем случае это сферически-симметричные пульсации, когда все элементы вещества, находящиеся на одном расстоянии от центра звезды, смещаются вдоль радиуса синхронно. Такие движения называют **радиальными пульсациями**. К радиально пульсирующим звездам относятся переменные типа  $\delta$  Цфефея (классические цефеиды), RR Лиры, W Девы, RV Тельца и o Кита (мириды). Главная особенность строения этих звезд – более 90% их массы сосредоточено в компактном ядре, радиус которого не превосходит одной десятой радиуса звезды. В зависимости от типа радиально пульсирующей переменной поверхностные слои смещаются в ходе пульсационного цикла на расстояние, составляющее от одной десятой (переменные



типа  $\delta$  Цфефея) до половины (переменные типа W Девы и RV Тельца) радиуса звезды. Таким образом, при радиальных пульсациях движениями охвачена значительная часть объема звезды, однако масса пульсирующих слоев по сравнению с массой звезды невелика. Скорость движения вещества вблизи поверхности составляет несколько десятков километров в секунду. Во внешних слоях мирид и переменных типа

RV Тельца ускорение силы тяжести столь значительно, что при такой скорости часть газа безвозвратно выбрасывается в окружающее пространство. Истечение вещества из атмосфер пульсирующих звезд обнаруживается наблюдениями в инфракрасном диапазоне спектра по присутствию мельчайших пылевых частиц, конденсирующихся в истекающем от звезды газе.

В звездах возможны и более сложные, **нерадиальные колебания**. Как и при радиальных пульсациях, вещество при этом смещается вдоль радиуса, однако фаза смещения зависит также и от координат точки на поверхности движущегося слоя. В результате поверхностные слои нерадиально пульсирующей звезды разделяются на отдельные участки, в одних вещество движется от центра звезды, в других – в противоположном направлении. Наиболее известные

представители нерадиально пульсирующих звезд – **переменные типа  $\delta$  Цита и  $\beta$  Цефея**. В отличие от радиально пульсирующих звезд, переменность блеска которых обусловлена одновременно циклическими изменениями радиуса и температуры всей поверхности

звезды, при нерадиальных пульсациях изменения потока излучения связаны с вариациями температуры отдельных участков поверхности звезды. Поэтому суммарная амплитуда изменения блеска нерадиально пульсирующей звезды не велика и, как правило, не

превосходит сотых долей звездной величины. Именно по этой причине подавляющее большинство нерадиально пульсирующих звезд было обнаружено лишь в последние годы благодаря значительному прогрессу в методах звездной фотометрии и спектроскопии.

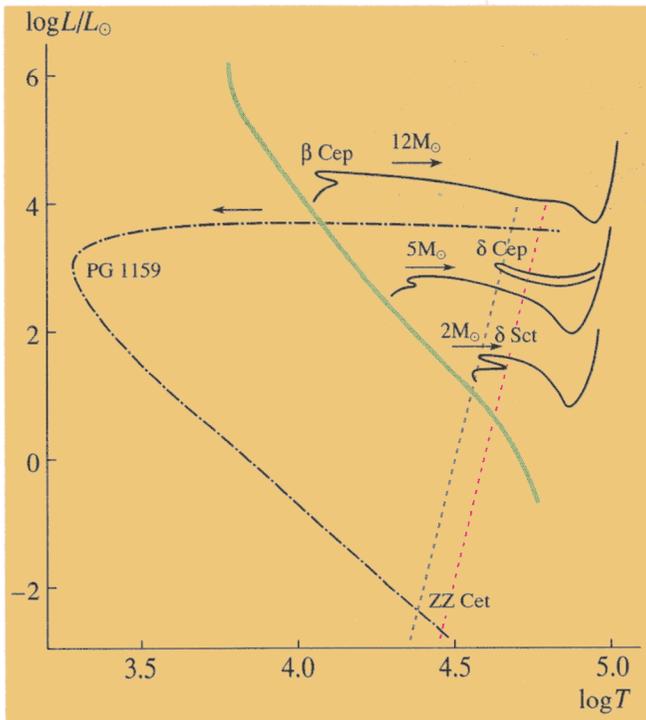
**ПУЛЬСИРУЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ  
НА ДИАГРАММЕ  
ГЕРЦШПРУНГА–РЕССЕЛА**

Положение звезды на **диаграмме Герцшпрунга–Рессела** в значительной степени определяет ее эволюционный статус, т.е. принадлежность к группе звезд одного возраста  $t$  и близких по значениям массы  $M$ , светимости  $L$ , поверхностной температуры  $T$  и содержания химических

элементов. В настоящее время поверхностная температура звезд уверенно измеряется методами спектрального анализа, в то время как светимость известна недостаточно вследствие неопределенности в расстояниях до звезд. Для пульсирующих переменных проблема местонахождения звезды на диаграмме Герцшпрунга–Рессела существенно упрощается, поскольку можно

использовать дополнительные сведения: период пульсаций, амплитуда и форма кривой блеска, характерное поведение отдельных спектральных линий в течение пульсационного цикла.

Первое, что бросается в глаза при рассмотрении пульсирующих звезд на диаграмме Герцшпрунга–Рессела, – существование полосы, в пределах которой размещены наиболее известные и многочисленные группы пульсирующих переменных. В верхней части этой полосы расположены радиально пульсирующие гиганты: перемен-



*Пульсирующие переменные звезды на диаграмме Герцшпрунга–Рессела. Зеленая полоса – главная последовательность, синяя и красная штриховые линии – границы полосы пульсационной неустойчивости, сплошные черные линии – эволюционные треки звезд с массой  $2 M_{\odot}$ ,  $5 M_{\odot}$  и  $12 M_{\odot}$ , штрих-пунктирная линия – эволюционный трек звезды после сброса водородной оболочки на стадии красного гиганта. Стрелками указано направление движения вдоль трека. По горизонтальной оси отложен логарифм поверхностной температуры звезды  $T$ , по вертикальной оси – логарифм светимости звезды  $L$ , выраженной в единицах светимости Солнца  $L_{\odot}$ .*

ные типа  $\delta$  Цефея, RR Лиры, W Девы и RV Тельца. В окрестности пересечения полосы пульсационной нестабильности с главной последовательностью находятся нерадиально пульсирующие переменные типа  $\delta$  Щита, а в самой нижней части диаграммы — нерадиально пульсирующие белые карлики (переменные типа ZZ Кита). Существование полосы пульсационной неустойчивости наводит на мысль, что возникновение пульсаций в звездах со столь различными свойствами связано с проявлением общего механизма пульсационной неустойчивости.

Однако не все пульсирующие звезды находятся в пределах полосы неустойчивости. К числу таких звезд принадлежат, в частности, переменные типа  $\beta$  Цефея, расположенные вблизи главной последовательности, и мириды, занимающие обширную область красных гигантов в правой верхней части диаграммы.

Сопоставляя характеристики пульсирующих переменных звезд с результатами расчетов звездной эволюции (на диаграмме Герцшпрунга—Рессела они представлены эволюционными треками), можно заключить, что существующая классификация пульсирующих переменных — следствие эволюционного статуса этих звезд. Таким образом, пульсирующие переменные помогают проследить основные этапы звездной эволюции от начала термоядерного горения водорода до превра-

щения звезды в остывающий белый карлик.

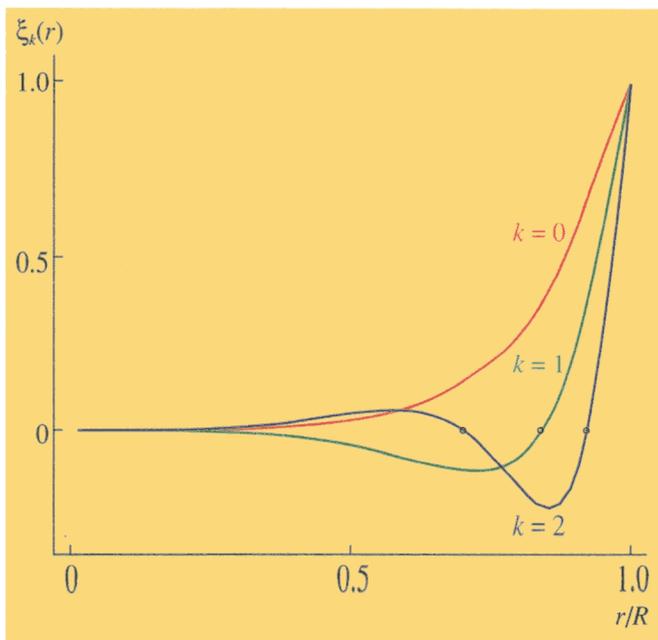
Сильная зависимость скорости термоядерных реакций от массы звезды — главная причина того, что массивные звезды быстрее совершают свой эволюционный путь. Именно поэтому переменные типа  $\beta$  Цефея, массы которых в 10–20 раз больше массы Солнца, относятся к самым молодым пульсирующим звездам, т.к. их пульсационная неустойчивость появляется уже в непосредственной близости от главной последовательности.

В звездах с массами от  $4 M_{\odot}$  до  $10 M_{\odot}$  пульсации возникают на более поздней фазе эволюции. После выгорания водорода в ядре звезда на непродолжительное время становится красным гигантом, и после включения реакций термоядерного превращения гелия в углерод и кислород она становится пульсирующей переменной типа  $\delta$  Цефея. На диаграмме Герцшпрунга—Рессела цефеиды расположены на петлеобразных участках эволюционных треков, пересекающих полосу пульсационной неустойчивости. Чтобы достигнуть стадии классической цефеиды, звезде требуется от одного до нескольких десятков миллионов лет, что очень немного в масштабах жизни звезд. Поэтому звезды типа  $\delta$  Цефея также относятся к молодым объектам.

Пульсирующие переменные типа RR Лиры и W Девы принадлежат к старому населению Галактики. Мас-

сы этих звезд  $M \approx 0.6 M_{\odot}$ , а возраст измеряется миллиардами лет. Центральные части их состоят в основном из атомов углерода и кислорода — продуктов термоядерного горения гелия. Вследствие малой массы звезды температура в углеродно-кислородном ядре оказывается недостаточной для включения реакций синтеза более тяжелых химических элементов, поэтому единственным местом выделения энергии служат слои термоядерного горения гелия и водорода, находящиеся над инертным углеродно-кислородным ядром.

На этапе слоевого горения водорода и гелия происходит постепенное увеличение массы углеродно-кислородного ядра и возрастание светимости звезды. При этом поверхностная температура звезды изменяется очень незначительно. Следовательно, ее радиус монотонно возрастает, что сопровождается уменьшением ускорения силы тяжести на поверхности. С течением времени внешние слои оказываются все слабее связанными со звездой силами гравитации. Наконец, наступает такой момент, когда незначительное возмущение способно привести к отрыву внешних слоев звезды и она теряет заметную часть,  $\approx 10\%$  своей первоначальной массы, на отрезке времени порядка нескольких десятков тысяч лет. Таким возмущением может послужить и пульсация звезды. Поток истекающего из



Амплитуда смещения вдоль радиуса при радиальных пульсациях звезды типа  $\delta$  Цфефея в фундаментальной моде ( $k = 0$ ) и первых двух обертонах ( $k = 1, 2$ ). По горизонтальной оси отложено расстояние от центра звезды в долях ее радиуса. Кружками отмечены узлы обертонов.

тальные параметры звезды: массу, радиус и светимость. Знание этих величин необходимо для проверки наших представлений об эволюции звезд, базирующихся преимущественно на теориях и расчетах.

#### ЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ ЗВЕЗДНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

При решении физических задач нередко оказывается возможным сделать предположение о малости колебаний, позволяющее применить **метод линеаризации**. Суть метода в том, что искомое решение представляется в виде сходящегося ряда, причем все его члены выше первой степени отбрасываются. Решение линеаризованных уравнений для радиальных звездных пульсаций представляет собой набор значений периода пульсаций  $\Pi_k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots$ ) и соответствующий набор функций  $\xi_k(r)$ , описывающих изменение амплитуды пульсаций вдоль радиуса от центра звезды до ее поверхности. Следует заметить, что в силу предположения о малости колебаний мы не можем выразить амплитуду пульсаций в абсолютных единицах, поэтому функции  $\xi_k(r)$  описывают лишь относительное изменение

звезды газа может быть столь велик, что конденсирующиеся в охлаждающемся газе пылевые частицы почти полностью скрывают звезду от наблюдателя в оптическом диапазоне спектра и превращают ее в инфракрасный объект.

Освободившись от внешних слоев, звезда быстро эволюционирует в левую часть диаграммы Герцшпрунга–Рессела, причем ее светимость не претерпевает существенных изменений. Поверхностная температура возрастает до нескольких сотен тысяч градусов, и жесткое излучение, испускаемое звездой, заставляет светиться остатки выброшенной ранее водородной оболочки, наблюдаемой теперь в виде планетарной туманности. В некоторых звездах, находящихся на этой стадии эволюции, были обнаружены нерадиальные пульсации (звезды типа PG 1159).

Источники термоядерной энергии оказываются к этому моменту полностью исчерпанными. Дальнейшая эволюция звезды связана с ее остыванием, сопровождающимся постепенным уменьшением светимости и поверхностной температуры. По мере остывания звезда может несколько раз становиться неустойчивой относительно нерадиальных колебаний (ZZ Cet). Анализ переменности блеска позволяет определить скорость остывания белого карлика, что исключительно важно для понимания заключительной стадии звездной эволюции.

Таким образом, пульсации могут неоднократно возникать на протяжении жизни одной звезды. Информация, которую удается получить при анализе пульсационной переменности, представляет громадный интерес, т.к. позволяет определить фундамен-

ние амплитуды вдоль радиуса, выраженное в долях амплитуды пульсаций на поверхности звезды.

Из решения линеаризованных уравнений следует, что подобно многим другим колебательным системам (например, струне музыкального инструмента) звезда может пульсировать лишь при определенных значениях периода  $P_k$ . Его длительность определяется распределением температуры и давления газа от центра до поверхности. Значения периодов  $P_k$  убывают с ростом  $k$  и самый длинный из них,  $P_0$ , соответствует колебаниям в **фундаментальной моде**, при которых амплитуда радиального смещения монотонно возрастает от центра звезды к ее поверхности, а все слои звезды одновременно проходят через фазы максимального сжатия и максимального расширения.

Помимо колебаний в фундаментальной моде в звездах нередко наблюдаются радиальные пульсации в **первом обертоне** (переменные типа  $\delta$  Цефея с периодами короче 7 дней, некоторые звезды типа RR Лиры). В этом случае звезда может быть представлена двумя зонами, пульсирующими в противофазе. неподвижный слой газа, находящийся между этими зонами, – узел обертона. Продолжая аналогию с музыкой, заметим, что на струнных музыкальных инструментах (например, скрипке или гитаре) также возможны обертоновые колебания, которые называются **флажолетами**.

Движения газа в пульсирующей звезде можно рассматривать как проявление длинноволновых **акустических колебаний**, т.к. период фундаментальной моды приблизительно равен удвоенному времени пробега звуковой волны от центра до поверхности. (Разумеется, учитывая, что скорость распространения звука возрастает по направлению к центру звезды.) Таким образом, вдоль радиуса укладывается половина пульсационной волны фундаментальной моды, а сами пульсации можно представить **стоячей волной**, возникающей в результате наложения двух бегущих волн, распространяющихся вдоль радиуса в противоположных направлениях.

Для существования стоячей волны необходимо, чтобы на ее краю происходило идеальное отражение бегущей волны. Однако понятие внешней границы звезды очень условно, т.к. звездная атмосфера непрерывно переходит в межзвездную среду. Тем не менее описание радиальных звездных пульсаций в терминах стоячей волны оказывается вполне хорошим приближением. Для этого необходимо, чтобы протяженность слоев звездной атмосферы, в пределах которых плотность газа убывает в  $e = 2.718\dots$  раза, была значительно меньше, чем длина пульсационной волны (диаметр звезды для колебаний в фундаментальной моде). Это условие выполняется у цефеид, однако в звездах с протяжен-

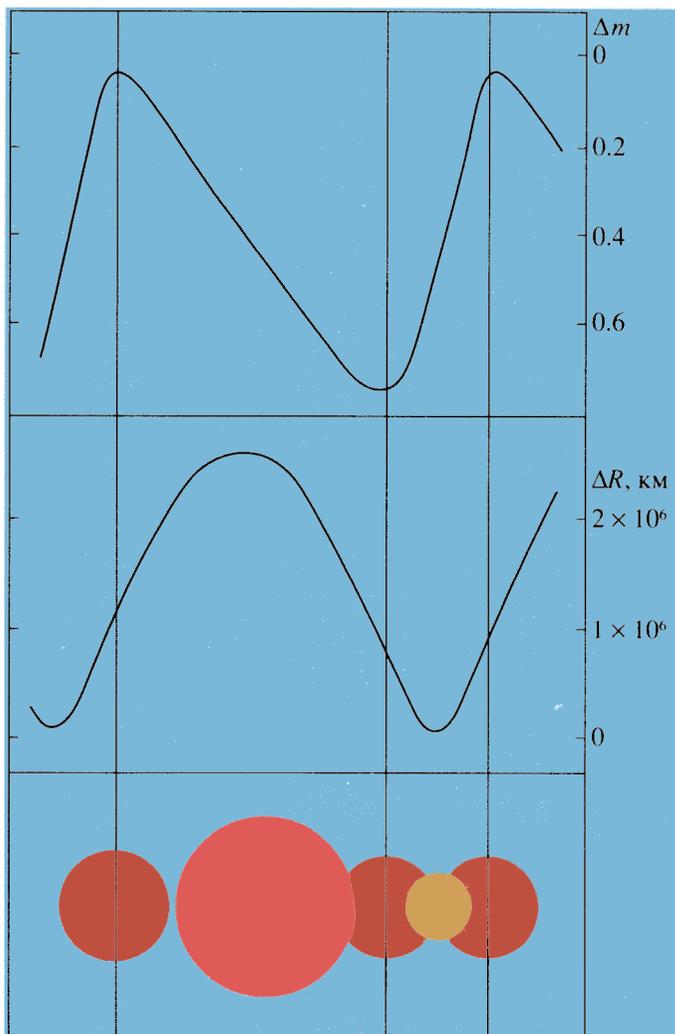
ными атмосферами отражение пульсационной волны уже не столь идеально, и часть энергии пульсаций уходит в околозвездную среду. Прямое свидетельство этого – **ударные волны**, возникающие каждый цикл колебаний в атмосферах пульсирующих переменных типа W Девы, RV Тельца и миридах.

Самый замечательный результат линейной теории – установление связи между периодом пульсаций  $P$  и средней плотностью газа в звезде  $\rho$ . Обычно соотношение **период–средняя плотность** записывают в виде

$$P = Q \sqrt{\rho_{\odot} / \rho} = Q \sqrt{(R^3 / M) \times (M_{\odot} / R_{\odot}^3)},$$

где  $R$  – радиус звезды,  $\rho_{\odot} \approx 1.4 \text{ г/см}^3$  – средняя плотность Солнца,  $Q$  – пульсационная постоянная. В действительности величина  $Q$  изменяется, хотя и незначительно. Например, для пульсирующих переменных типа  $\delta$  Цефея ее значение находится в пределах 0.045–0.05 сут.

Роль соотношения период–средняя плотность в современной астрономии трудно переоценить. Например, если для какой-либо пульсирующей звезды из наблюдений известен ее радиус  $R$ , то по периоду пульсаций  $P$  можно немедленно определить массу  $M$  звезды. Значение пульсационной постоянной  $Q$  определяется методами теории звездных пульсаций. В настоящее время существуют очень надежные способы определения радиусов пульсирующих



*Изменения блеска, радиуса и температуры поверхности (передано цветом) звезды типа  $\delta$  Цефея, обусловленные пульсациями звезды. ("Энциклопедия для детей", том "Астрономия", "Аванта", 1997, с. 415).*

ды. Для объяснения данного факта необходимо обратиться к рассмотрению физических условий, при которых в звезде становится возможным возбуждение пульсационных движений.

Рассмотрим элементарный сферический слой звезды, который с незначительным отклонением был выведен из состояния равновесия. Амплитуда колебаний, совершаемых этим слоем около состояния равновесия, со временем будет либо уменьшаться, либо возрастать. В первом случае рассматриваемый слой будет устойчивым относительно колебаний с данным периодом, тогда как во втором случае – неустойчивым. Вклад данного слоя в подавление (уменьшение амплитуды) или возбуждение (возрастание амплитуды) **пульсационной неустойчивости** определяется работой по изменению состояния газа, которая связана с изменениями давления  $P$  и плотности  $\rho$  в течение всего замкнутого цикла колебаний.

Работа, совершаемая слоем за замкнутый цикл, будет положительной в том случае, когда максимум давления отстает от максимума плотности, т.е. в момент максимального сжатия давление в слое все еще продолжает воз-

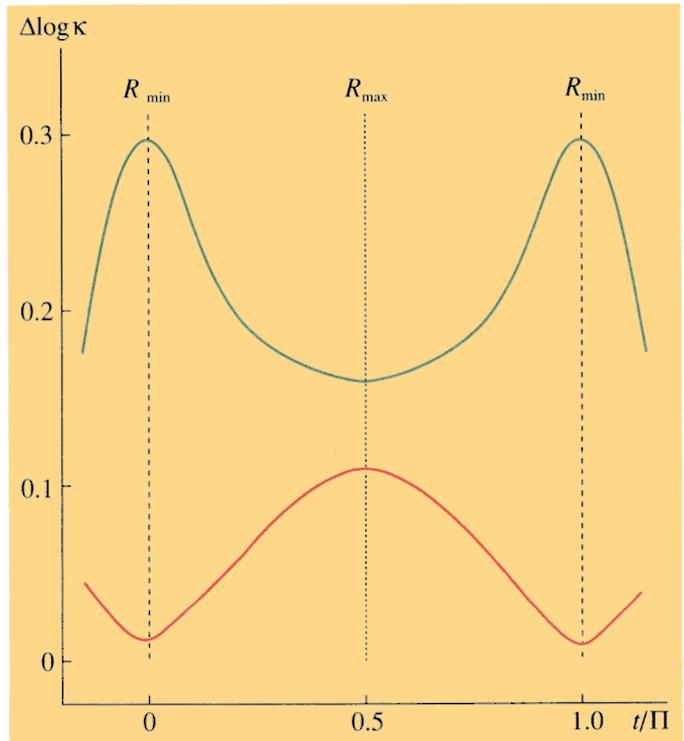
звезд по наблюдениям их кривых лучевых скоростей, поэтому для значительной группы звезд (главным образом классических цефеид) мы с хорошей точностью знаем их массы.

#### ФИЗИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЗВЕЗДНЫХ ПУЛЬСАЦИЙ

Способность совершать радиальные пульсации характерна для всех звезд, при этом периоды фундаментальной моды и обер-

тонов определяются строением звезды, т.е. ее массой, светимостью, температурой поверхности и распределением содержания химических элементов вдоль радиуса. Однако из наблюдений известно, что звездные колебания проявляются лишь в пределах определенных участков диаграммы Герцшпрунга–Рессела и в подавляющем большинстве случаев это явление связано с неустойчивостью какой-либо одной пульсационной мо-

Изменения коэффициента поглощения  $\kappa$  в области возбуждения (верхняя зеленая кривая) и в области подавления (нижняя красная кривая) пульсаций. На горизонтальной оси – фаза пульсационного цикла ( $t/\Pi = 0$  – максимальное сжатие, когда радиус звезды  $R$  минимален,  $t/\Pi = 0.5$  – максимальное расширение звезды).



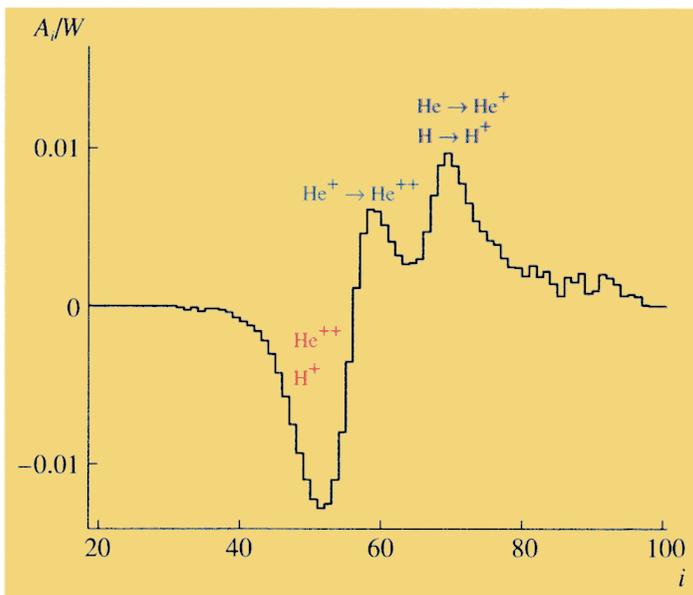
растать. В этом случае слой должен отбирать у внешнего источника часть тепла на стадии сжатия и возвращать ему этот избыток на стадии расширения. Очевидно, что роль внешнего источника тепла может принадлежать лишь излучению, распространяющемуся из недр звезды к ее поверхности. В частности, для возбуждения неустойчивости необходимо, чтобы при сжатии слоя непрозрачность газа возрастала, а при расширении – убывала. Именно таким свойством обладает газ, находящийся в состоянии частичной ионизации. Звездное вещество, не затронутое термоядерным нуклеосинтезом, по числу частиц состоит на 90% из атомов водорода и на 9% – из атомов гелия. У поверхности звезды эти атомы находятся в нейтральном состоянии. Температура в звезде растет с глубиной, и атомы легче там теряют электроны, переходя в ионизованное состояние. Процесс отрыва электронов от атомов – статистический, поэтому между зонами, составленными из нейтральных и ионизованных атомов, всегда имеется слой частичной ионизации, в котором находятся как нейтраль-

ные, так и ионизованные атомы.

Главная особенность частично ионизованного газа в том, что при возрастании температуры его непрозрачность возрастает, т.к. активизируется процесс ионизации, при котором кванты излучения поглощаются нейтральными атомами. Энергия поглощаемых квантов расходуется на отрыв электронов от нейтральных атомов. Таким образом, сжатие и нагрев частично ионизованного газа сопровождаются усилением способности захватывать излучение, что как раз и необходимо для возбуждения пульсационной неустойчивости.

В более глубоких слоях, где газ полностью ионизован, непрозрачность веще-

ства обусловлена тормозным излучением свободных электронов, пролетающих вблизи ядер ионизованных атомов. С увеличением температуры его скорость свободных электронов возрастает, и степень их взаимодействия с ядрами ионизованных атомов становится слабее. Следовательно, непрозрачность ионизованного газа убывает с ростом температуры, и сжатие слоя приводит к ослаблению способности захватывать тепло со стороны проходящего через слой излучения. Отсюда следует, что амплитуда колебаний слоя, находящегося в полностью ионизованном газе, будет со временем убывать. Таким образом, во всех звездах есть слои, способствующие возбуждению пуль-



Работа различных слоев звезды в ходе пульсационного цикла (результат расчета для 100 сферических слоев, на которые разбита звезда по радиусу). Для возникновения пульсаций необходимо, чтобы суммарная положительная работа слоев в зонах частичной ионизации водорода ( $H \rightarrow H^+$ ) и гелия ( $He \rightarrow He^+$ ,  $He^+ \rightarrow He^{++}$ ) превосходила по модулю отрицательную работу более глубоких слоев, подавляющих пульсации. ( $H^+$  — ионизованный водород,  $He^+$  и  $He^{++}$  — однократно и двукратно ионизованный гелий).

сационной неустойчивости, и слои, ее подавляющие. В целом, способность слоев частично ионизованного водорода и гелия возбуждать пульсации может реализоваться только в том случае, когда их суммарный вклад окажется сильнее вклада слоев, подавляющих пульсации.

#### ПУЛЬСИРУЮЩИЕ ЗВЕЗДЫ КАК АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

На протяжении тысяч пульсационных циклов амплитуда пульсаций цефеид с высокой точностью остается неизменной. Более того, согласно теоретическим расчетам пульсационные свойства цефеид практически не зависят от вида начального возмущения, в результате которого развивается пульсационная неустойчивость. Следовательно, цефеиды, как и многие другие пульсирующие переменные,

могут быть отнесены к числу автоколебательных систем. Так называют колебательные системы, в которых энергетические потери компенсируются наличием источника энергии. Как уже отмечалось, таким источником является излучение, распространяющееся из недр звезды к ее поверхности.

В предыдущем разделе мы сформулировали условия, необходимые для роста амплитуды пульсаций звезды, однако оставили открытым вопрос о том, как именно стадия роста неустойчивости переходит в режим автоколебаний. Для ответа необходимо обратиться к выводам нелинейной теории. К сожалению, уравнения газовой динамики и переноса излучения, описывающие структуру пульсирующей звезды в функции времени, не имеют аналитического решения, поэтому необходимые выводы могут быть получе-

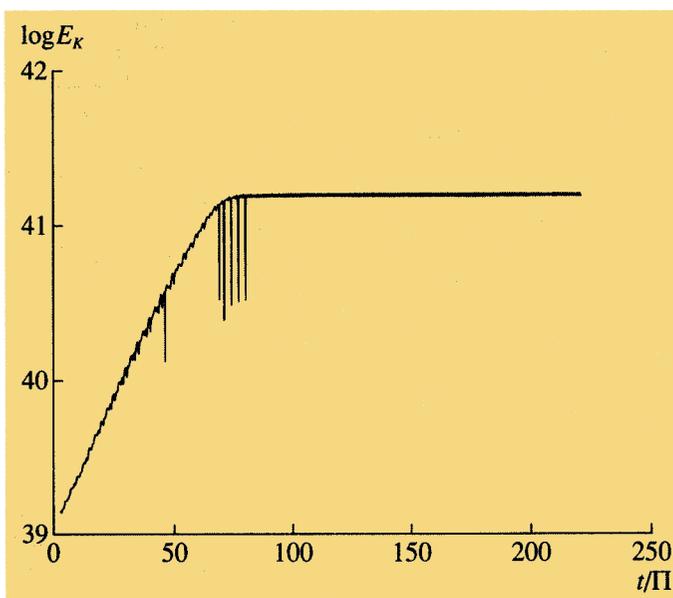
ны только с помощью вычислительных методов.

Рассмотрим кинетическую энергию всех пульсирующих слоев звезды. Если колебания происходят в виде стоячих волн, то в течение одного цикла эта величина дважды обращается в нуль, в моменты максимального сжатия и максимального расширения, когда скорость движения всех слоев нулевая. Соответственно, дважды за период кинетическая энергия пульсаций достигает своего максимального значения  $E_k$ .

Предположим, что первоначально звезда находится в состоянии равновесия. Поскольку в звездном веществе всегда присутствуют малые хаотические движения, связанные, например, с турбулентностью, амплитуда движений в зонах частичной ионизации будет нарастать. Если суммарная работа этих слоев  $W^+$  окажется по абсолютной величине больше отрицательной работы  $W^-$  слоев, подавляющих неустойчивость, амплитуда звездных пульсаций будет экс-

Кинетическая энергия пульсирующей звезды  $E_k$  в моменты максимального сжатия и максимального расширения в функции числа пульсационных циклов  $t/P$ . При зарождении колебаний их энергия и, следовательно, амплитуда постепенно возрастают, хотя отдельные единичные колебания могут давать сбои. Затем звезда переходит в режим автоколебаний с постоянной энергией (горизонтальная часть кривой).

пониженно нарастать. Этот процесс захватит и соседние слои, как нейтральные верхние, так и полностью ионизованные нижние. Очевидно, что скорость роста амплитуды непосредственно определяется величиной  $W^+ + W^-$  и зависит от распределения физических параметров вдоль радиуса звезды. По истечении нескольких десятков, сотен, а в некоторых случаях многих тысяч циклов рост амплитуды прекращается. Пульсирующая звезда переходит в режим автоколебаний, при которых амплитуда пульсаций остается неизменной, а вклад слоев возбуждения неустойчивости полностью уравнивается слоями, подавляющими неустойчивость. Этот переход связан с эффектом насыщения механизма возбуждения неустойчивости. Хотя в области частичной ионизации непрозрачность вещества возрастает с увеличением температуры, эта тенденция не может продолжаться беспрестанно, т.к. с увеличением температуры газ приближается к состоянию полной ионизации.



Таким образом, узкий температурный интервал состояния частичной ионизации водорода и гелия играет роль естественного ограничителя роста пульсационной неустойчивости. Однако в некоторых пульсирующих звездах (например, переменных типа RV Тельца и миридах) эффективность этого механизма недостаточна, и амплитуда пульсаций поверхностных слоев достигает значений, сравнимых с радиусом звезды. В этом случае включается другой физический механизм, ограничивающий рост неустойчивости. Это ударные волны, возникающие в звездной атмосфере в каждом цикле колебаний и эффективно перерабатывающие значительную часть кинетической энергии пульсаций в излучение.

Замечательные успехи теории звездных пульсаций связаны с хорошим знанием физики частично

ионизованных газов и существованием надежных сведений о коэффициенте поглощения звездного вещества. Но не следует забывать, что в некоторых типах звезд (например, в нашем Солнце) важным механизмом переноса энергии из звездных недр к поверхности, наряду с излучением, служит **конвекция**. С уменьшением температуры звезды эффективность конвективного теплообмена быстро возрастает. Поэтому существование низкотемпературной границы полосы пульсационной неустойчивости цефеид связано с возрастанием роли конвекции. К сожалению, вплоть до настоящего времени нет приемлемой физической теории конвекции, и это обстоятельство оказывается самым уязвимым местом современной теории звездных пульсаций.

Приложения теории звездных пульсаций оказыва-

ются в хорошем согласии с наблюдениями лишь применительно к относительно горячим звездам, во внешних слоях которых роль конвективного теплообмена незначительна. Однако для широкой разновидности пульсирующих переменных поздних спектральных классов (в нее

входят мириды) с протяженными (более 90% радиуса звезды) внешними конвективными зонами игнорировать конвекцию невозможно, так что проблема пульсаций мирид остается одним из белых пятен современной астрофизики. Скорее всего прогресс в понимании физической

природы конвективного теплообмена в звездах будет достигнут на основе работ по математическому моделированию конвекции. В настоящее время такие исследования ведутся в ряде крупных университетов и лабораторий с использованием мощных вычислительных средств.

## Информация

### Звуки звезд

Громадное количество энергии, выделяющейся в недрах Солнца, стремится вырваться наружу. В конвективной зоне Солнца газ буквально кипит, нагретые пузыри газа перемещаются со скоростями, близкими к звуковой. Подобно кипящей воде, турбулентность в зоне конвекции Солнца – источник шума. Звуковые волны распространяются внутри солнечной субстанции и отражаются на поверхности, заставляя ее колебаться. Эти колебания были впервые зафиксированы в 60-х гг. XX в. Тогда и появилась гелиосейсмология (Земля и Вселенная, 1983, № 3; 1992, № 2). Амплитуда и частота колебаний служат для астрономов источником информации о физических условиях в недрах Солнца, подобно тому как сейсмические волны помогают геологам изучать внутреннее строение Земли.

Можно ожидать, что подобное явление существует и у других звезд. Но обнаружить у них крайне малые пульсации – труд-

ная проблема. Необходима очень высокая точность измерений. Чтобы решить эту задачу, швейцарские астрономы Франсуа Буши и Фабиан Каррье из Женевской обсерватории применили 1.2-м телескоп им. Леонарда Эйлера, установленный в Европейской Южной обсерватории на горе Ла Силья в Чили. Спектрометр CORALIE, установленный на этом телескопе, отлично зарекомендовал себя при поисках планет у других звезд (Земля и Вселенная, 1999, № 3). С его помощью можно фиксировать очень малые изменения лучевой скорости наблюдаемого объекта. Если поверхность звезды периодически осциллирует, в спектре звезды можно будет заметить периодические смещения спектральных линий.

Телескоп навели на ближайшую яркую звезду –  $\alpha$  Сеп А. По своим параметрам она очень похожа на Солнце. Данные, полученные за пять ночей наблюдений, обработали сложными математическими методами, разработанными для анализа колебаний такого сорта. Осцилляции поверхности звезды обнаружены. Их период – около 7 мин, что близко к данным гелиосейсмологии – 5 мин для Солнца. Скорость смещения – до 35 см/с. Само смещение поверхности – всего около 40 м –

ничтожная часть от размера звезды, чей радиус составляет 875000 км.

Ветвь астрофизики, изучающая звуковые пульсации звезд, уже получила собственное имя – астеросейсмология. Ее данные позволят теоретикам увереннее создавать модели внутреннего строения звезд. Ведь его определяют пять главных параметров – масса, возраст, начальное содержание гелия и тяжелых элементов, параметр конвекции. Между тем в большинстве случаев только две характеристики звезд можно измерить непосредственно – светимость и температуру. Ясно, что основные параметры можно варьировать (в определенных пределах) и тем не менее получить на выходе согласие с наблюдениями. Но теперь и параметры осцилляций поверхности можно рассчитывать и сравнивать их с данными астеросейсмологии. Неопределенность уменьшится.

Поэтому исследования по астеросейсмологии будут развиваться. На ЕЮО их собираются реализовать с помощью 3.6-м телескопа, оборудованного новым спектрографом HARPS, и провести подобное исследование примерно для 100 солнцеподобных звезд.

ESO Press Release 15/01  
28 June 2001

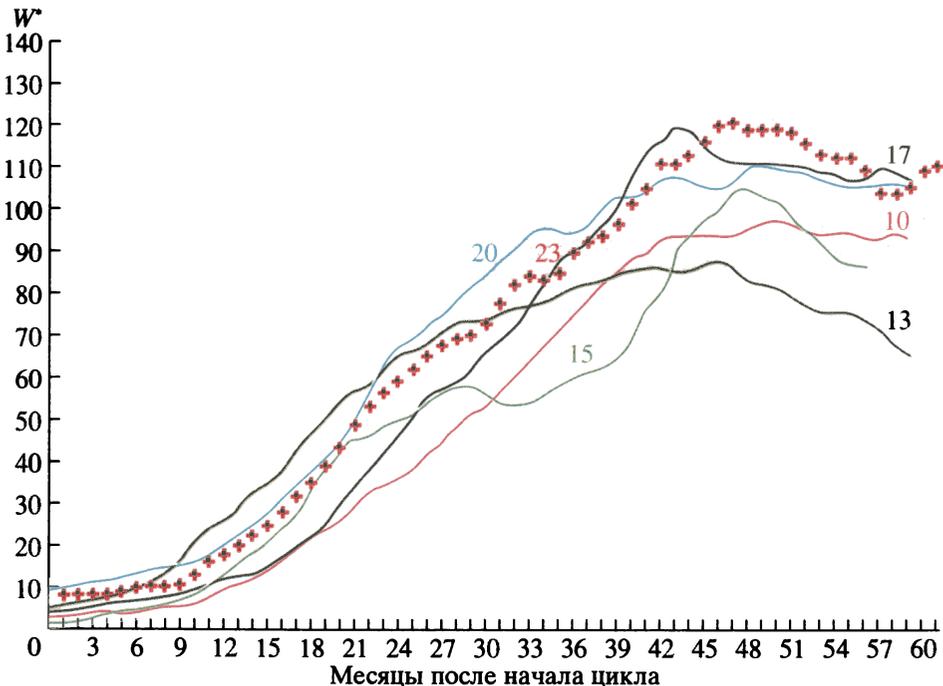
Солнце в декабре 2001 г.–январе 2002 г.

Солнечная активность в рассматриваемые месяцы существенно возросла. Похоже, что текущий солнечный цикл достиг вторичного максимума. Значения относительного числа солнечных пятен  $W_{\text{дек}} = 131.8$  и  $W_{\text{январь}} = 113.9$ . Сглаженное за тринадцать месяцев число Вольфа возросло в июне 2001 г. до значения

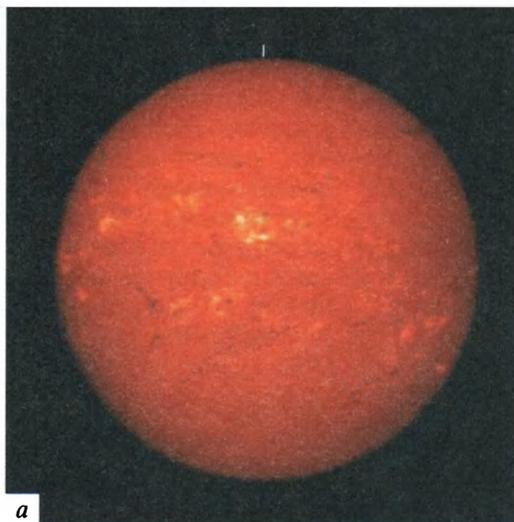
$W^*_{\text{июнь}} = 109.8$ . Надо отметить, что в текущем цикле солнечной активности июньское сглаженное значение радиоизлучения на длине волны 10 см ( $F_{10 \text{ см}} = 179$ ) почти достигло своей величины в максимуме цикла ( $F_{10 \text{ см}} = 181$ ) – очередная неожиданность текущего цикла. Обычно вторичный максимум – это мак-

симум явлений и индексов, связанных со вспышечными процессами.

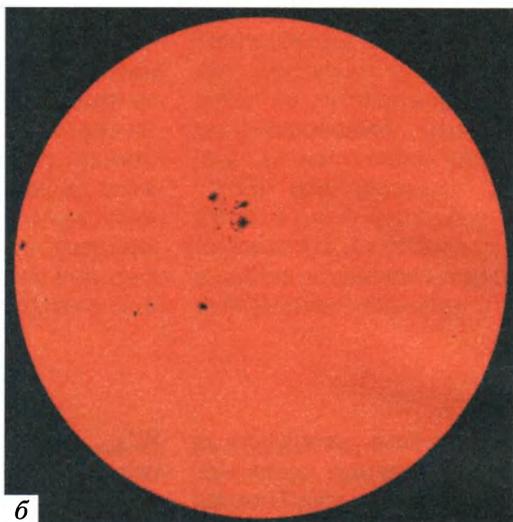
В декабре 2001 г. пятнообразовательная активность Солнца оставалась на высоком уровне для циклов средней величины. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 26 декабря ( $W = 167$ ), а минимальное



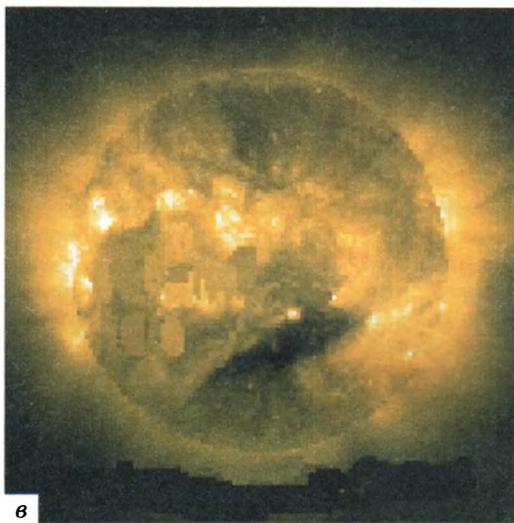
Развитие текущего 23-го цикла солнечной активности в течение 61 месяца после начала по сравнению с циклами подобной величины (№№ 10, 13, 15, 17, 20).  $W^*$  – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.



а



б



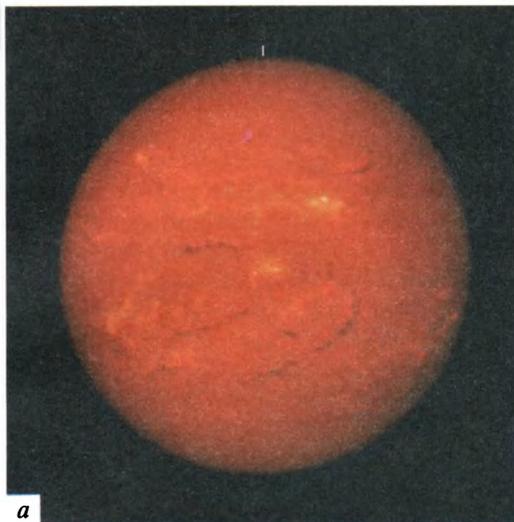
в

*Вид Солнца 21 декабря 2001 г.: а) в самой сильной водородной линии в видимой части спектра  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 6563 \text{ \AA}$ ); б) в белом свете (непрерывном спектре); в) в линии крайнего ультрафиолета  $\lambda = 193 \text{ \AA}$  (SOHO).*

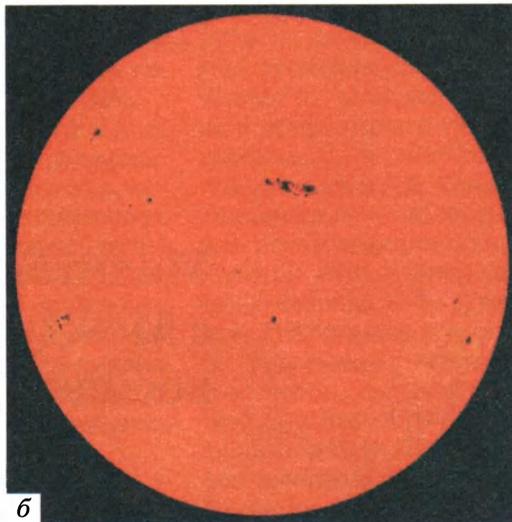
(W = 99) – 19 декабря. На диске Солнца постоянно наблюдалось от 9 до 14 групп солнечных пятен. Наиболее интересными были три группы пятен: две в северном и одна в южном полушариях Солнца. Самыми значительными событиями первой половины месяца были вспышки 11–13 декабря в активной области северного полушария, сопровождавшиеся значительными динамически-

ми явлениями в атмосфере Солнца, в том числе мощными выбросами коронального вещества. Возмущения от этих вспышечных явлений прошли мимо Земли, однако в околоземном космическом пространстве 11 декабря отмечено малое протонное событие. Большая солнечная вспышка 26 декабря явилась источником большого протонного события и началом редкого по длительности пе-

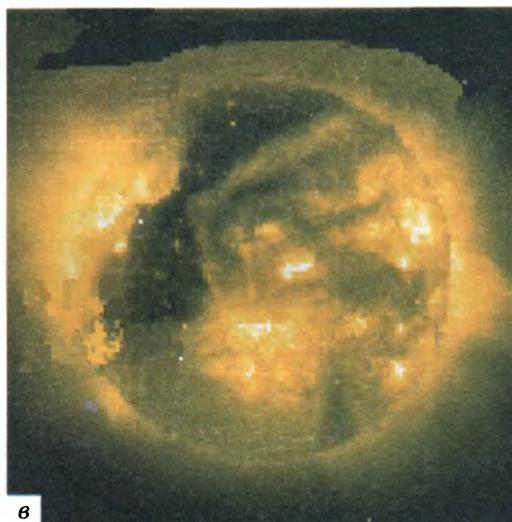
риода повышенного потока солнечных протонов. Среднесуточный поток протонов с энергией  $E > 10 \text{ МэВ}$  вернулся к фоновым значениям только 21 января. На фоне спада большого протонного события отмечены малые всплески: 29 и 30 декабря 2001 г., 10 и 15 января 2002 г. Наибольшей по мощности была залимбовая вспышка 28 декабря, которая произошла в активной области за



а



б



в

Вид Солнца 10 января 2002 г. в тех же длинах волн.

Снимки взяты в сети ИНТЕРНЕТ со страниц Службы Солнца ([www.sec.noaa.gov](http://www.sec.noaa.gov)).

восточным краем Солнца. Геомагнитное поле в последнем месяце 2001 г. было спокойным, без магнитных бурь, отмечено всего 5 возмущенных дней. За месяц на Солнце произошло 49 вспышек больших и средних баллов.

В январе пятнообразовательная активность существенно снизилась, вернувшись к нормальным значениям для данного этапа развития цик-

ла. Наибольшее относительное число пятен наблюдалось 4 января ( $W = 142$ ), а наименьшее – 17 января ( $W = 74$ ). Во вспышечном отношении первый месяц нового года был спокойным. Единственная большая протонная вспышка произошла в группе северного полушария 9 января. Геомагнитная обстановка продолжала оставаться спокойной: за весь месяц отме-

чено лишь 4 возмущенных дня. Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно узнать в ИНТЕРНЕТЕ (<http://www.izmiran.rssi.ru/space/solar/forecast.html>).

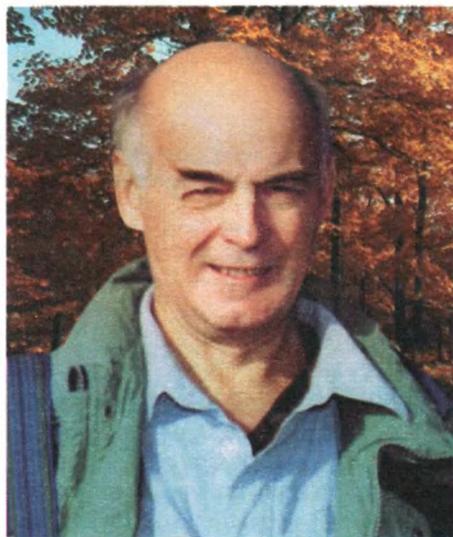
Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. Ишков  
ИЗМИРАН

## Мониторинг Земли с Международной космической станции

**М.Ю. БЕЛЯЕВ,**  
доктор технических наук  
Ракетно-космическая корпорация “Энергия”  
**Л.В. ДЕСИНОВ,**  
кандидат географических наук  
Институт географии РАН

---



Мониторинг земной поверхности с околоземной орбиты незаменим при исследовании географической оболочки, изучении природных ресурсов, прогнозировании и оцен-

ке последствий природных и техногенных катастроф. Реализация проекта такого мониторинга (“Ураган”) началась еще на орбитальном комплексе “Мир”. Теперь он

продолжен с борта Международной космической станции (МКС). Познакомимся с открывшимися новыми возможностями мониторинга окружающей среды.

23 марта 2001 г. некоторые элементы конструкции ОК достигли глубоководной впадины Тихого океана. Закончился 15-летний полет пилотируемой орбитальной станции "Мир". С 20 февраля 1986 г. она выполнила более 90 000 витков. При снижении "Мира" в плотных слоях атмосферы сгорело несколько тонн научной аппаратуры, в том числе приборы наблюдения и съемки земной поверхности. Доставка всего этого с орбиты на Землю стоила бы слишком дорого. Завершение функционирования комплекса "Мир" закономерно (Земля и Вселенная, 2001, № № 2,5).

Особенно ощутимой оказалась потеря оптического визира ОД-5 – прибора массой более 100 кг, с помощью которого космонавты могли наблюдать земной ландшафт с увеличением от 25 до 80 раз, различая детали размером 1–2 м.

Вместе с "Миром" погибли самые современные фотоаппараты, спектрометры, радиометры и другие приборы, установленные на модулях "Спектр" и "Природа" (Земля и Вселенная, 1997, № 3) для мониторинга природной среды.

Казалось бы, важнейшие эксперименты остановились, однако в те мартовские дни, когда орбитальный комплекс "Мир" заканчивал свое существование, российские космонавты Юрий Гидзенко и Сергей Крикалев уже изучали земные ландшафты с борта МКС по проекту "Ураган", разработанному Ракетно-

космической корпорацией "Энергия" им. С.П. Королева и Институтом географии РАН (ИГРАН).

Проект реализуется на МКС в тесном сотрудничестве космонавтов с географами и геофизиками. В анализе поступающей информации активное участие принимают преподаватели Географического факультета МГУ и специалисты многих других вузов, НИИ и исследовательских лабораторий.

#### "УРАГАН" НАД ПЛАНЕТОЙ

Важнейшее отличие проекта "Ураган" от всех более ранних программ съемок земной поверхности с борта советских и российских орбитальных станций – использование **цифровых фотоаппаратов**. Такие камеры защищают снимки от гамма-излучения, ведь, как правило, экспонированные фотопленки долго остаются на борту. Определенного времени требуют фотохимическая обработка, оцифровка изображений и другие процессы. Сегодня момент съемки и начало научной интерпретации снимков обычно разделяют только часы или даже минуты.

Высокая оперативность съемки дает возможность помимо решения традиционных задач природоведения исследовать **быстропротекающие процессы**, в том числе **природные и техногенные катастрофы**.

Эксперименты проекта "Ураган" с самого начала показали большую результативность. История этих

исследований восходит к 1974 г., когда для экипажей орбитальной станции "Салют-4" была разработана и осуществлена первая программа, ее авторы – Л.В. Десинов и А.Д. Коваль. Техническое обеспечение осуществляли специалисты РКК "Энергия": М.Ю. Беляев, В.Ф. Домышев, И.А. Фирсов и другие. В подготовке экипажей участвовал большой коллектив, в том числе А.Н. Евгуценко и Ю.Н. Юрин. Особое внимание этим экспериментам уделял начальник Центра подготовки космонавтов дважды Герой Советского Союза летчик-космонавт Г.Т. Береговой (1921–1995).

Теперь не верится, что тогда в учебные программы подготовки космонавтов по природоведению удавалось включать **ежегодные полеты** (по 5–8 в год) **над всеми природными зонами** территории бывшего Советского Союза, от западных границ до Камчатки. Очень часто предоставлялся тот самый Ту-134, на котором прилетел в Москву Ю.А. Гагарин после приземления в саратовской степи в апреле 1961 г. Всю штурманскую часть подготовки аэровизуальных наблюдений осуществлял первый заслуженный летчик-штурман СССР Н.С. Зацепя.

Наблюдения и съемки, выполненные в 1974–79 гг. В.В. Рюминым, Г.М. Гречко, В.В. Коваленком, А.С. Иванченковым, В.П. Савиных и другими космонавтами, и сегодня составляют **базовую информацию для мониторинга** многих райо-

нов земной поверхности, а методика и результаты исследований тех лет являются фундаментальной основой исследований начала XXI в.

“Разминкой” перед началом экспериментов на МКС стали исследования на орбитальной станции “Мир” в рамках программы сотрудничества с учеными США. Совместный проект “Динамика окружающей среды” (дистанционное зондирование и наблюдения в миссиях “Мир-Шаттл”), результаты которого опубликованы в 2000 г. в сборнике, вышедшем в Нью-Йорке, оказался очень эффективным не только с точки зрения полученных научных результатов. Это долговременное сотрудничество дало бесценный опыт взаимодействия ученых и специалистов по космическим полетам двух стран, который сегодня так необходим, ведь управление полетом осуществляется при взаимодействии Центров управления полетами (ЦУП) городов Хьюстон и Королев.

#### ВСЯ ПРИРОДА ЗЕМЛИ

Строго говоря, название проекта “Ураган” не полностью отражает его содержание, ведь в задачи наблюдений и съемок входит фиксирование не только бурных проявлений природы на нашей планете. Природные и техногенные катастрофы – это только часть проекта. В нем предусмотрены также общий мониторинг природной среды, исследования географической обо-

лочки, экологические наблюдения и съемки (включая “позитивную” экологию – жизнь природных резерватов: заповедников, национальных парков, заказников).

Проект имеет как научное назначение, так и практическое – получить информацию для нужд государственных предприятий и крупных частных фирм.

Организаторы экспериментов живо откликаются на требования партнеров. Например, в тех случаях, когда информация нужна географам и экологам, классификация задач осуществляется в соответствии с распределением ролей между институтами Академии наук. Исследования в интересах Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) сформулированы в соответствии с законом РФ “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” и “Положением о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера”, утвержденными постановлением Правительства РФ.

В классификации чрезвычайных ситуаций – 24 блока. В проекте “Ураган” рассматриваются **34 чрезвычайные ситуации** (пока только из 11 блоков, которые с учетом минимального технического оснащения МКС в 2001–02 гг. реальны для их мониторинга).

Совместные работы с организациями Министерства природных ресурсов РФ разделены на четыре части: **водное хозяйство,**

#### **лесная служба, геология и экология.**

Опыт первых четырех экспедиций на МКС показал, что принятая в системе МЧС классификация весьма рациональна и может послужить основой взаимодействия партнеров при изучении опасных природных и техногенных явлений. Классификация дает представление о половине задач, решаемых проектом “Ураган”. Приводим ее полностью, чтобы продемонстрировать читателю весь спектр исследований.

**Чрезвычайные ситуации природного характера. Геофизические опасные явления:** землетрясения, извержения вулканов. **Геологические опасные явления** (экогенные геологические явления): оползни, сели, обвалы, осыпи; лавины, абразия, эрозия, пыльные бури. **Морские гидрологические опасные явления:** тропические циклоны (тайфуны), цунами, ранний ледяной покров и припай, напор льдов, их интенсивный дрейф, отрыв прибрежных льдов. **Гидрологические опасные явления:** высокие уровни воды (наводнения), половодья, дождевые паводки, ледовые заторы на реках, ветровые нагоны, ранний ледостав и появление льда на судоходных водоемах и реках. **Пожары:** лесные, торфяные и степные.

**Чрезвычайные ситуации техногенного характера.**

**Транспортные катастрофы:** аварии речных, морских грузовых и пассажирских судов, аварии на

магистральных трубопроводах.

**Гидродинамические аварии:** прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений.

**Чрезвычайные ситуации экологического характера,** связанные с изменением состояния суши (почвы, недр, ландшафта): катастрофические просадки и оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче полезных ископаемых и другой деятельности человека, интенсивная деградация почв, опустынивание обширных территорий из-за эрозии, засоления, заболачивания почв.

**Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния гидросферы** (водной среды): истощение водных ресурсов, необходимых для организации хозяйственно-бытового водоснабжения и обеспечения технологических процессов, нарушение хозяйственной деятельности и экологического равновесия вследствие загрязнения зон внутренних морей и Мирового океана.

**Чрезвычайные ситуации, связанные с изменением состояния биосферы:** гибель растительности на обширной территории.

#### НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ

К настоящему времени завершены четыре этапа проекта. Эксперименты выполняли: Юрий Гидзенко и Сергей Крикалев – с ноября

2000 г. по март 2001 г.; Юрий Усачев с марта по август 2001 г.; Владимир Дежуров и Михаил Тюрин – с августа по декабрь 2001 г.; Юрий Онуфриенко – с 17 декабря 2001 г.

Для каждой экспедиции космонавтов Институт географии РАН разрабатывает свою программу исследований, которая в виде бортовой документации на сидироме передается на МКС и вводится в отдельный компьютер. Каждое задание сопровождается ранее полученными космическими, а зачастую аэрофото- и наземными снимками.

Картографическая поддержка экипажа осуществляется с помощью программы “Сигма”, созданной в РКК “Энергия”. Установленная на МКС, в ЦУП, в РКК “Энергия” и в ИГРАН, эта программа дает возможность определить положение МКС, прогнозировать ее трассу на месяцы вперед и реставрировать трассу вплоть до старта первого элемента МКС – российского модуля “Заря”. “Сигма” рассчитывает условия освещенности и показывает места расположения Солнца и Луны относительно орбиты. С ее помощью можно легко моделировать визуальные наблюдения земной поверхности через многие иллюминаторы, определять расстояние до объекта и угол, под которым может осуществляться съемка и т.п. Космонавты имеют возможность подготовиться к сеансу, учитывая его целевое назначение и “привязку” к ме-

стности, выбрать наиболее удачные условия.

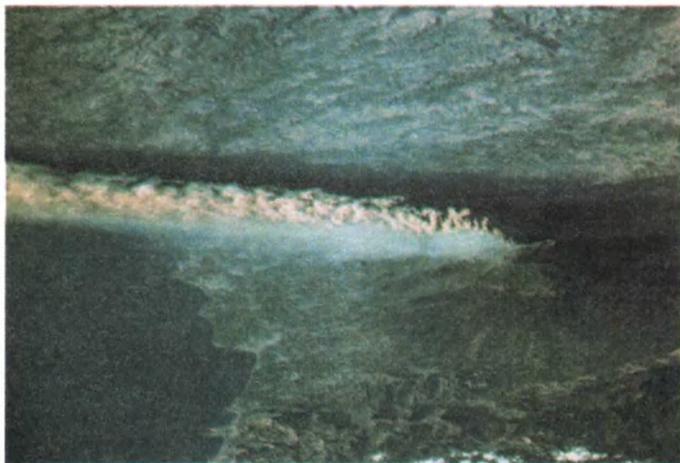
Все космонавты перед полетом проходят подготовку в Звездном городке, изучая задания проекта “Ураган” под руководством ученых ИГРАН. К сожалению, в настоящее время в программу подготовки не входят аэровизуальные облеты тестовых полигонов. В дальнейшем нужно будет дополнить ими программу.

Во время полета ученые ИГРАН совместно с Группой целевых нагрузок Главной оперативной группы управления полетом осуществляют долгосрочное и оперативное планирование заданий космонавтам. Они консультируют их во время наблюдений и съемок. Полученная информация оперативно анализируется в ИГРАН, а к дешифрированию и анализу привлекают специалистов из смежных организаций.

Основной объем цифровой фотоинформации поступает по схеме “борт МКС – ЦУП г. Хьюстон – ЦУП г. Королев – ИГРАН”.

В первой экспедиции, когда в проекте “Ураган” использовался только пленочный фотоаппарат “Хасельблад”, научная информация оказалась существенной, но практическая отдача – минимальной, т.к. специалисты NASA передали снимки российской стороне спустя несколько месяцев после их оцифровки. Теперь эта камера применяется для получения данных, имеющих только научное значение.

Во второй экспедиции для съемки стал приме-



*Извержение 25 июля 2001 г. вулкана Этна (вид со стороны Апеннинского полуострова). Клубы дымовых выбросов, прослеженные до Персидского залива, рассеялись над Индостаном. Снимок сделан Юрием Усачёвым.*

няться цифровой фотоаппарат **Kodak DCS 460**, и результативность экспериментов резко возросла. Его кадр размером  $3012 \times 2048$  пикселей обеспечивает при съемке в надир с высоты около 400 км при объективе  $F = 800$  мм охват площади –  $16 \times 11$  км с разрешением на местности около 5 м, а при объективе  $F = 400$  мм – площади  $32 \times 22$  км (разрешение на местности  $\approx 10$  м). Применяя короткофокусные объективы, космонавты фотографируют территории на даль-

ность до 1500 км с большой перспективой и охватом. Для смены объектива достаточно нескольких секунд.

В третьей экспедиции дополнительно к цифровой фотокамере стал применяться **аналоговый видеокomплекс LIV**. Он обеспечивает: формирование видеосигнала, запись его на магнитофон, оперативный просмотр и анализ изображения на мониторе, передачу сигнала в ТВ-систему орбитального комплекса для последую-

щего сброса по каналам связи в ЦУП.

Оцифровка изображений и их ввод в компьютер в видеокomплексе LIV не предусмотрены.

В четвертой экспедиции в дополнение к названным камерам на борт МКС доставлен отечественный прибор **“Рубинар”** – биноккулярная зрительная труба, дающая при визировании в надир разрешение на местности около 3 м. Прибор оснащен цифровой видеокамерой. Кроме того, на борту появилась и новая камера **Kodak DCS 760**.

Дальнейшее наращивание технических возможностей проекта “Ураган” связано прежде всего с необходимостью разработки и доставки на борт тепловизора с геометрическим разрешением лучше 30 м и температурным – не хуже  $0.1^\circ$ .



*Вид на кальдере вулкана Этна в надир. Сфотографирована площадь около  $16 \times 11$  км с разрешением на местности около 5 м. В тех случаях, когда облачность закрывает гору на высоте до 3000 м, слежение за вулканической деятельностью из космоса остается надежным способом получения информации. Снимок сделан Юрием Усачёвым.*

## ФОТОСЪЕМКИ ЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

За первые полтора года работы на борту МКС космонавты передали постановщикам экспериментов "Урагана" около 400 цифровых фотоснимков, полученных камерой Kodak DCS 460. Видеокамерой LIV отсняты десятки маршрутов при прохождении над многими природными зонами мира. С помощью прибора "Рубинар" получены первые результаты наблюдений небольших объектов. По существу, завершён экспериментальный этап исследований, а дальнейшая работа приобретает все более практический характер.

Остановимся на некоторых примерах, демонстрирующих возможности съемки с МКС.

Снимок вулкана **Этна на острове Сицилия** сделан в июле 2001 г. в тот момент, когда станция приблизилась к вулкану с северо-запада. Космонавт **Владимир Дежуров** использовал короткофокусный объектив, чтобы показать общую картину извержения. А когда МКС пролетала над вершиной Этны, с помощью объектива с фокусным расстоянием 800 мм сфотографировал ее кратер. Установлено, что основным очагом является не главный кратер, а боковой источник.



Серия таких снимков дает полное представление о развитии извержения.

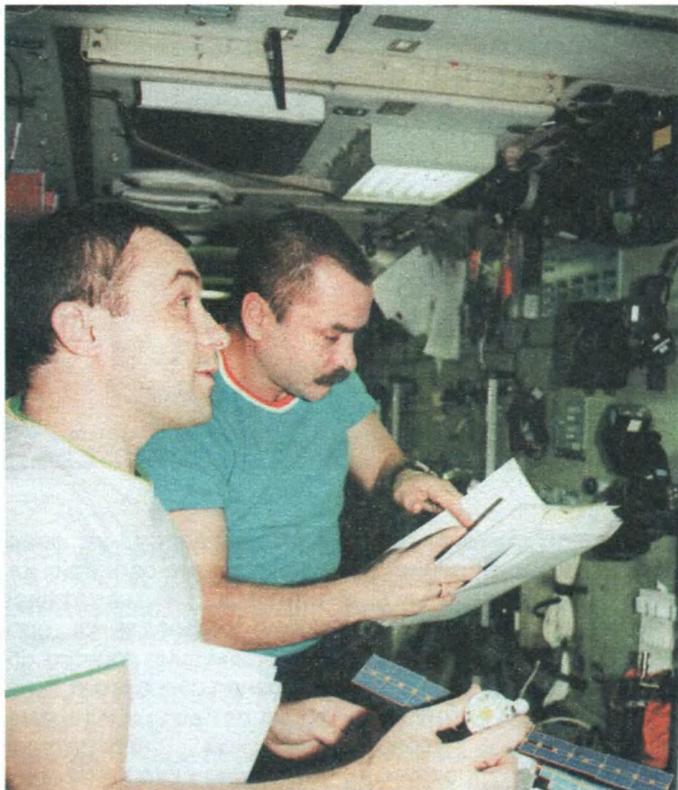
Таким образом, используя все объективы, космонавты имеют возможность получать детальную информацию о любом предмете исследований и показать его состояние и взаимодействие с окружающей природной средой в региональном аспекте.

В июле 2001 г. выполнены съемки по просьбе МЧС Республики Таджикистан. В те дни из-за отсутствия финансовых возможностей практически прекратились наблюдения за снежно-ледовой обстановкой в горах Памира и Сарезским озером, возникшим в 1911 г. в результате обвала горных пород. Они перегородили долину реки Мургаб плотиной более 500 м в высоту, и сегодня за ней накопилось более 15 км<sup>3</sup> воды. Озеро входит в число природных объектов, представляющих особую опасность для населения и инженерных сооружений Таджикистана, Узбекистана, Туркмении и

Афганистана из-за опасности водно-селевой катастрофы. В настоящее время обсуждается проект оснащения горного обрамления озера и его акватории датчиками и телеметрической аппаратурой дистанционного контроля.

Выполненная **Юрием Усачёвым** съемка **Центрального Памира** вызывает горную страну целиком. Снимок дает возможность оценить снежно-ледовую обстановку и сделать вывод об отсутствии угрозы плотине по гидрологической причине: таяние снега и льда в 2001 г. не привело к повышенному поступлению воды из бассейна реки Мургаб, т.к. запасы снега были минимальны.

Через 5–6 с космонавт вновь сфотографировал Памир, установив объектив F = 800 мм. Камера была направлена на плотину Сарезского озера. Получен снимок с разрешением на местности около 5 м, фиксирующий разломную тектонику склонов озера. Сравнивая это



*Космонавты Владимир Дежуров и Михаил Тюрин, работающие на Международной космической станции по программе "Ураган".*

изображение с известными картами разломов Сареза, можно сделать вывод об отсутствии угрозы и со стороны тектонических факторов. По снимку также можно судить и о состоянии каналов фильтрации воды сквозь плотину.

В результате эксперимента ученые пришли к заключению, что при периодическом оперативном получении таких снимков возможно прогнозировать катастрофические события по индикаторам оползней и обвалов. Будет фиксироваться состояние природных объектов и технических сооружений ниже плотины Сарезского озера на всем протяжении рек Мургаб, Бартанг, Пяндж, Амударья.

В феврале 2001 г. началась очередная подвижка **пульсирующего ледника Медвежий** в горах Памира. В феврале – августе 2001 г. он продвинулся более чем на 500 м и приблизился к скалам левого борта долины реки Абдукагор, угрожая перекрыть ее ледовой плотинной.

Ледник Медвежий – самый известный пульсирующий ледник мира. За 35 лет наблюдений гляциологи Института географии РАН собрали наиболее полный объем наземных сведений о ледниковых подвижках.

Пульсирующие ледники периодически наступают. Дальность продвижения может быть от десятков метров до нескольких километров. Во многих

случаях эти подвижки остаются незамеченными. Но когда наступающий ледник перекрывает боковое ущелье, за ледовой плотинной высотой от 10–20 м до 150–200 м возникает напорное озеро, неминуемый прорыв которого в результате таяния льда вызывает мощный паводок. Как правило, такой сель наносит большой ущерб хозяйственной деятельности, а порою приводит к гибели людей.

Наступающий ледник невозможно остановить преградой, взрывами или иным способом. Этот "бульдозер" легко расправляется с любым препятствием на своем пути.

Пульсации ледников периодически повторяются. Последние подвижки ледника Медвежий пришлось на 1963 г., 1973 г., 1989 г. Начало очередного наступания ледника точно не было известно. Его заметили **с орбиты** космонавты МКС в феврале 2001 г. Ледник Медвежий труднодоступен, и его постоянный мониторинг с помощью аэрофотосъемки и вертолетных наблюдений очень дорог (1 рабочий день – 6–7 тыс. долларов США), поэтому необходим **контроль за ледником из космоса.**

В начале подвижки вдоль бортов ледника в зоне активизации возникают трещины, которые хорошо видны с орбиты в виде непрерывной темной линии, отделяющей актив-



*Ледник Медвежий в горах Памира к 25 июня 2001 г. замер всего в 50 м от скал левого борта долины Абдукагор. Закрыв 500-м участок долины слоем льда толщиной около 100 м, глетчер все-таки не перекрыл реку Абдукагор ледовой плотиной. Катастрофа в виде водно-ледового седла пока не наступила, но в верховьях ледника накоплена такая избыточная порция льда, что она все же может произойти.*

ную часть языка от обоих горных склонов.

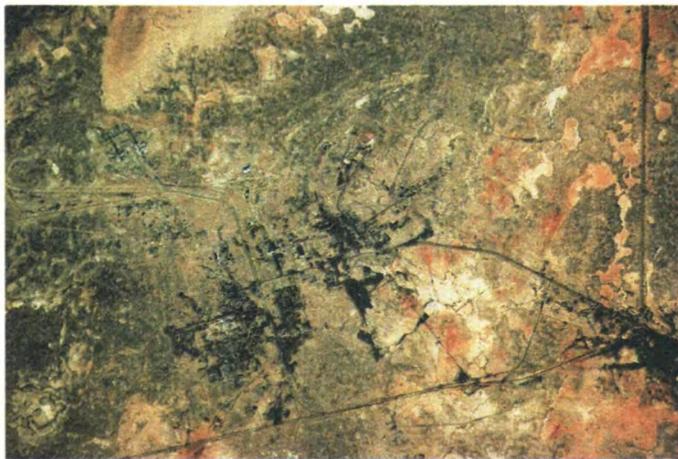
Ниже активной части язык ледника всегда имеет вогнутый профиль, а лед там закрыт чехлом морены. Он создан валунами и щебенкой, вытаявшими из льда, питающего горную реку. Но в самой нижней части активной зоны формируется выпук-

лый вал, который используется как главный дешифровочный признак. Снимок показывает, что ледник уже перемещается по ложу долины: его фронт четко очерчен крутыми бортами.

Когда фронтальная стена льда достигнет выхода из ледниковой долины (трога), лед растечется в

*31 августа 2001 г. часть штата Нью-Мексико (США) окутала очень плотная пелена песка и пыли. Автомобили передвигались с включенными фарами. Через несколько часов пыль переместилась на Атлантику и рассеялась над ее просторами. Альbedo земной поверхности на несколько часов и даже суток изменилось так существенно, что метеорологи скорректировали свои прогнозы. Снимок сделан В. Дежуровым и М. Тюриным.*





Так выглядит участок аридной (сухой) полупустыни на месте бывших нефтепромыслов в Прикаспии. Огромные объемы смеси нефти и воды, сброшенные в понижения рельефа, ждут своего часа, когда нагонная волна смет их в Каспий. Снимок сделан в третьей декаде августа 2001 г. В. Дежуровым и М. Тюриным.

виде характерной “лапы” и подвижка ледника завершится. Все новые порции льда будут нагнетаться к “лапе”, расширяя ее. В перекрытой боковой долине реки Абдукагор начнется накопление воды. Через несколько недель или месяцев плотина будет размыта, и может произойти катастрофа в виде водно-ледового селя. Такой прогноз читается по серии космических снимков.

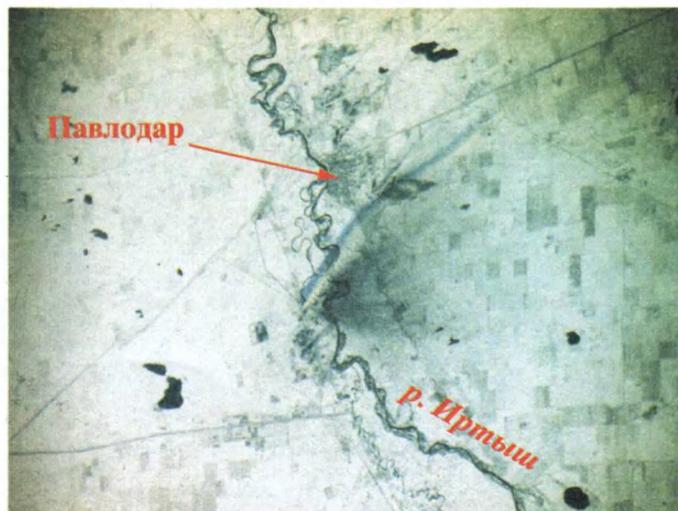
Экипажи основных экспедиций МКС регулярно сообщают о грандиозных

**пыльных бурях**, очаги которых охватывают площадь в несколько тысяч квадратных километров. Зачастую, возникнув, скажем, в пустыне Сахара, шлейф песка и пыли распространяется до середины Атлантики, порой достигая Американского материка. А иногда им навстречу устремляются мощные потоки пыли из горных пустынь Америки. Они, несомненно, влияют на климат планеты, и не только на климат. Случается, что принесенный ве-

тром песок засыпает толстым слоем населенные пункты, и люди вынуждены покидать свои дома. Пыльные бури приводят к миграции населения.

Среди задач экологического мониторинга для экипажей МКС самой актуальной является периодическая съемка района **месторождений углеводородного сырья в Прикаспии**, где надвигается крупнейшая катастрофа. Ее первые признаки – недавняя гибель десятков тысяч тюленей в Каспийском море, первопричиной которой стало отравление нефтепродуктами, уже попавшими в воды Каспия.

На северо-восточном побережье Каспийского моря в пределах Казахстана расположены крупные нефтяные месторождения, часть которых разрабатывается в течение многих лет. Эта территория представляет собой равнину, возвышающуюся на несколько метров над уровнем Каспийского моря.



Источники загрязнений и их ареал у г. Павлодара в Казахстане. Черный снег свидетельствует о плохой экологической защите города и области. Снимок сделан В. Дежуровым и М. Тюриным.

Технологическое несовершенство разведки и добычи нефти привело к тому, что в результате ее разлива при извлечении попутных подземных вод и образовались водно-нефтяные “озера”. Как правило, их поперечные размеры составляют несколько сотен метров, в отдельных случаях – 1–2 км. Часть этих “озер” для предотвращения дальнейшего разлива окружают валами. Но эти ограждения недостаточно надежны.

Постоянные колебания уровня Каспийского моря, как многолетние, связанные с изменением водного баланса, так и кратковременные, но значительные (до 3 м), вызванные ветровым нагоном, повышают вероятность затопления северо-восточной береговой зоны. Обвалованные “озера” могут подвести, и нефть поступит в воды Каспия. Мониторинг помогает определить возможности идентификации техногенных озер на побережье Каспийского моря и обнаружить при-

знаки его нефтяного загрязнения.

Особое место в программе исследований отводится съемкам в зимнее время промышленных городов России. По просьбе экологов Украины и Казахстана также выполняется мониторинг некоторых городов этих стран. Такие съемки очень эффективны для фиксации ареалов распространения твердых частиц из заводских труб и с мест добычи полезных ископаемых открытым способом. На фоне снега в зависимости от “розы ветров” очень заметны загрязненные площади. При длительном мониторинге проявляется полная картина экологической ситуации.

С помощью мониторинга по проекту “Ураган” определен, например, как один из очень экологически неблагоприятных городов России город Ангарск. Даже на летнем снимке четко дешифрируются плотный смог и многочисленные источники выброса твердых частиц из труб

предприятий нефтехимической промышленности.

Специалисты в области космического природоведения высоко оценивают съемки, выполненные космонавтами с борта МКС. Но это только начало. Результативность проекта будет постепенно возрастать, поскольку технические возможности российского сегмента МКС постоянно наращиваются. Теперь на повестке дня – комплексные наземно-авиакосмические эксперименты с активным участием частных фирм и государственных организаций, а также синхронные подспутниковые измерения на объектах космического мониторинга.

Самые актуальные проблемы проекта “Ураган” – увеличение пропускной способности российской радиолинии для передачи снимков на Землю и оснащение наземного комплекса обработки и анализа данных современной аппаратурой.

*(Все снимки взяты из фонда Института географии РАН)*

## Информация

### Венера: почему обратное вращение?

До недавних пор ученые предполагали, что обратное вращение Венеры вызвано столк-

новением с массивным телом на ранней стадии ее истории. Но теперь астрономы Александр Коррейя и Жак Ласкар из Французского Национального центра научных исследований предложили новую модель для объяснения обратного вращения. Приливы, вызываемые Солнцем в плотной атмосфере Венеры, и трение между атмосферой и поверхностью планеты посте-

пенно замедлили ее вращение, вплоть до полной остановки, а потом она начала вращаться в обратную сторону. Такой же эффект действует и на Земле, где океанские приливы, вызываемые Луной, и трение приливной волны о дно замедляют вращение Земли.

The Planetary Report, XXI, 5,  
2001

### Начало работы на орбите Марса

Американская АМС «Марс Одиссей» 24 октября 2001 г. вышла на начальную высокоэллиптическую орбиту Марса  $300 \times 27\,000$  км, с периодом обращения 19.9 ч (Земля и Вселенная, № 5, 2001). К концу января 2002 г. станция перешла на круговую орбиту высотой 400 км и перио-

дом 1.9 ч и приступила к изучению поверхности и атмосферы планеты. Калибровку научной аппаратуры начали в конце октября 2001 г.

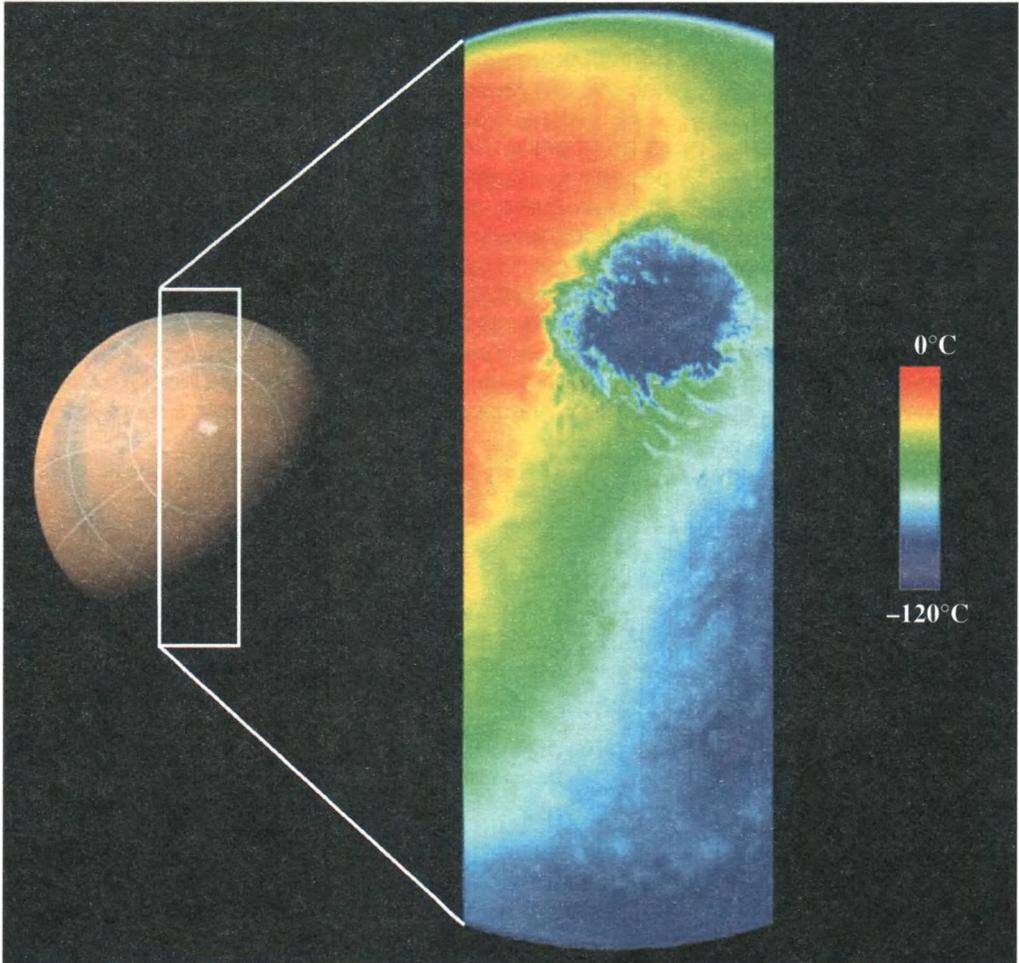
С помощью теплового спектрометра THEMIS (Thermal Emission Imaging System – система отображения теплового излучения) сделаны панорамы Марса. Первое инфракрасное изображение поверхности получено 30 октября. Оно охватывает более 6500 км – это часть южного полушария Марса в конце весны (слева на снимке). Красный цвет соответствует  $0^\circ\text{C}$ , а холодные оттенки фиолетового –  $-120^\circ\text{C}$ . Круглое пятно синего цвета – южная полярная шапка диамет-

ром 900 км, состоящая из замерзшего углекислого газа. С приходом лета она уменьшается.

В верхней части снимка заметны светлые тона, показывающие наступление полдня. Более темные синие оттенки указывают на падение температуры по мере удаления от линии терминатора в область марсианской ночи (обратите внимание на нижнюю часть изображения). Большая кольцевая структура – бассейн Аргир с окружающими его горами.

Снимок получен с высоты 22 000 км, разрешение – около 5.5 км.

*По материалам NASA и JPL*



### Очередной поток Леонид

Возвращаясь с орбиты, американские корабли “Спейс Шаттл” входят в атмосферу со скоростью около 8 км/с, при этом трение нагревает защитное керамическое покрытие до температуры свыше 1400°C. В отличие от них частицы кометной

пыли, порождающей метеоры потока Леонид, движутся со скоростью примерно 70 км/с и полностью сгорают на высоте около 100 км. Поток Леонид наблюдался 18 ноября 2001 г.

На снимке, сделанном с пятиминутной экспозицией, видны три метеора потока Леонид, появившиеся в небе над Спрюс Ноб (Spruce Knob) в США (штат Западная Вирджиния). Звезды фона в основном принадлежат созвездию Ориона. Самый яркий болид, резко изменивший цвет за время полета, оставляет дымный след, который постепенно размывается ветрами, дующими на большой высоте.

Джерри Лодригас (США), автор уникального снимка, проводя наблюдения в 10 ч 30 мин по Гринвичу в очень темном месте на высоте 1200 м, отметил около 3600 метеоров (зенитное число). Интенсивность потока была очень велика с 9 ч 30 мин до самого начала астрономических сумерек в 10 ч 50 мин. Прошел настоящий “звездный дождь” с болидами, похожими на вспышки импульсных ламп, яркими, зелеными и красными, и многочисленными слабыми метеорами во всех частях неба.

*По материалам  
Интернет сайта Астронет*



## Первый год тысячелетия отбушевал...

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

---

Одна из особенностей климата конца минувшего столетия – неуклонное повышение температуры воздуха. Особенно заметно потепление в Северном полушарии за последние 20 лет, когда

средняя годовая температура повысилась на 0.7°C. Тенденция к потеплению сохранилась и в 2001 г.

В январе 2002 г. необычно тепло было в при-  
выкшей к морозам Сибири, а в Центральной Рос-

сии после краткого периода “нормальной” зимы с обильным снегом и морозами под – 20°C надолго воцарилась глубокая оттепель с мокрыми снегопадами и даже дождями.

ЗИМА ТЕПЛАЯ, НО НЕ ВЕЗДЕ

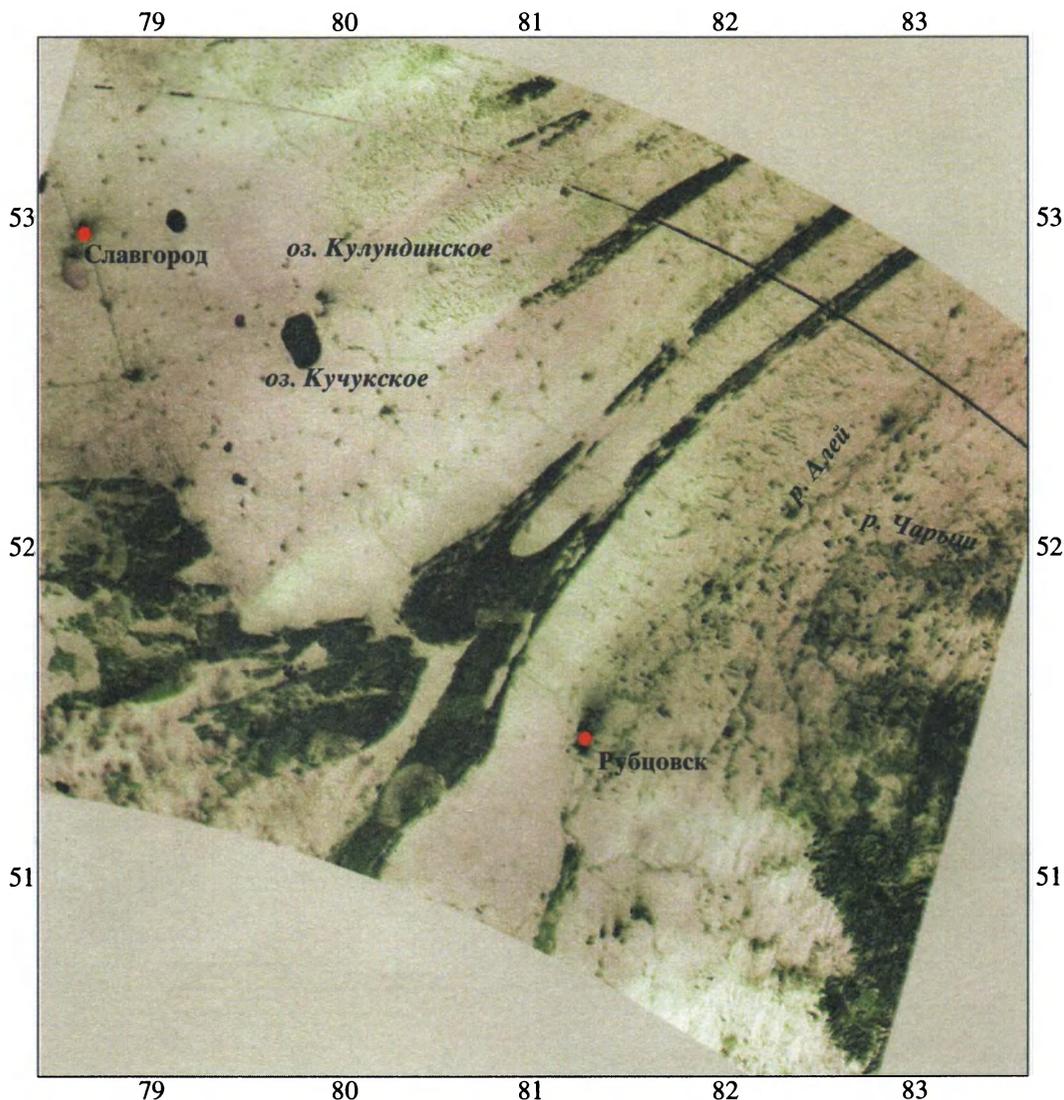
**Зима 2000–01 гг.** в Северном полушарии, как и в предыдущие годы, оказалась теплее, чем обычно, хотя в **декабре 2000 г.** средняя месячная температура соответствовала климатической норме (10°C). Тогда очень теплый воздух с Атлантического океана распространился на Европу и далее на восток. Так, в Испании и Болгарии в отдельные дни отмечалось до 20°C. Зона тепла протянулась через Среднюю Азию, Алтай, Монголию, на запад Китая, а арктический холод охватил большинство районов

Сибири и Северной Америки. В течение длительного периода сильные морозы (до –45... – 50°C) удерживались на Таймыре и в Эвенкии. В Северной Америке особенно холодно было в районе Великих озер, где средние месячные температуры снизились по сравнению с многолетними значениями на 6...7°C. Даже на побережье Мексиканского запада ощущались заморозки. Столь значительные холода с обильными мокрыми снегопадами затруднили работу транспорта на всей территории США.

В России зарегистрировано 12 случаев, отнесен-

ных к категории **опасных явлений погоды (ОЯ)**, из них 7 связаны с резкими изменениями погодных характеристик. (Термин ОЯ введен в январе 2001 г. вместо ранее применявшегося – стихийные гидрометеорологические явления – СГЯ.)

**В январе** особенности циркуляции в погодообразующем нижнем слое атмосферы привели к выносу теплых и влажных масс воздуха с Тихого океана на Канаду, где температура значительно превысила климатическую норму. **Теплее обычного** был январь на **европейской территории России**, в то вре-



*Распределение снежного покрова в заповедной зоне Алтайского края (зеленые полосы – леса). ИСЗ "Океан-О", 18 марта 2001 г.*

мя как в азиатской части страны практически весь месяц царили сильные и продолжительные морозы. Холода распространялись на территорию Монголии и север Китая. В январе на территории России наблю-

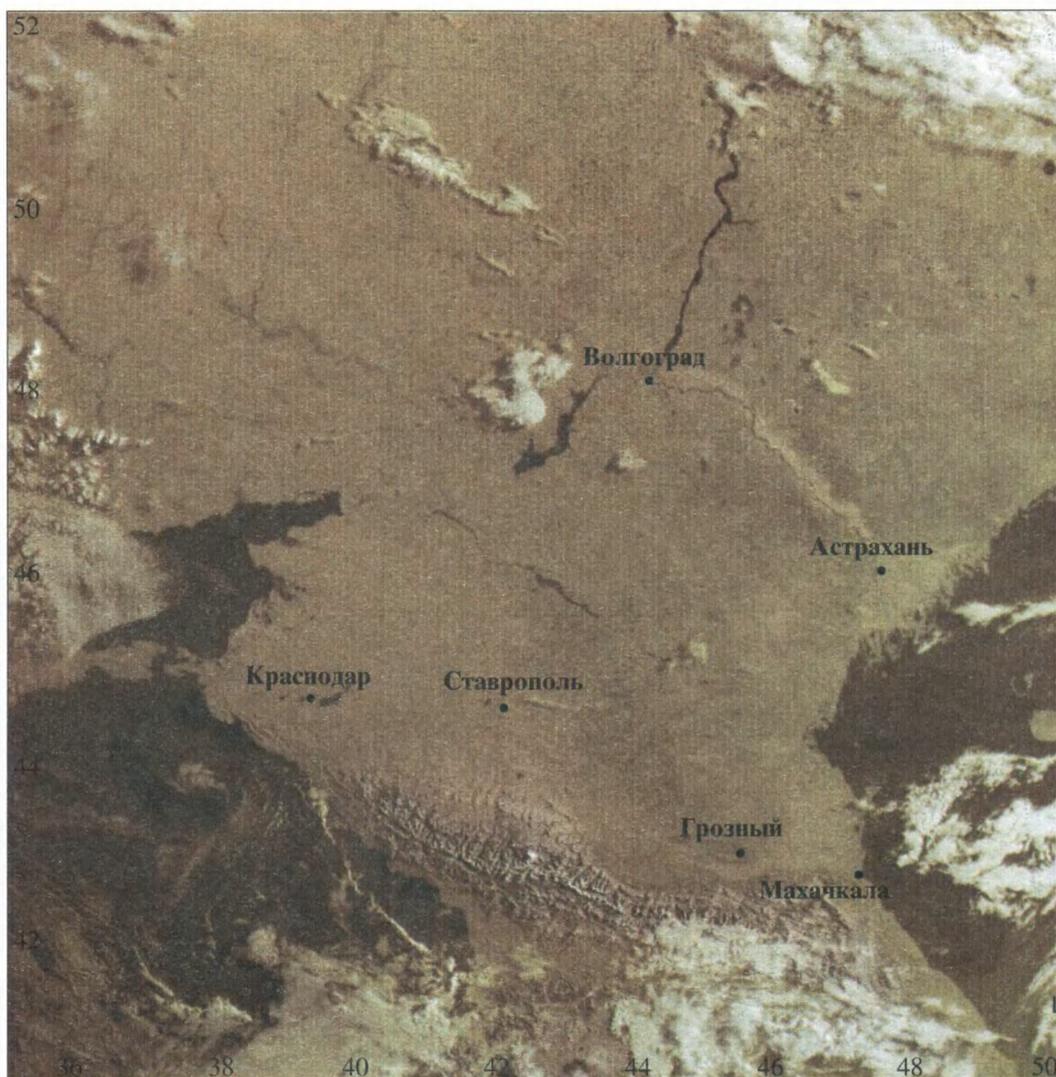
далось 12 ОЯ – 8 из них связаны с **сильными морозами в азиатской части России**. В отдельные дни температура воздуха понижалась до  $-40\dots-45^{\circ}\text{C}$ , а местами до  $-50\dots-57^{\circ}\text{C}$ .

Морозы часто нарушали работу теплосетей, движение транспорта, закрывались детские учреждения и школы. Наибольший ущерб был нанесен коммунальным службам, в ряде районов замерзал газ в трубах.

Отмечены случаи обморожения и гибели людей.

Средняя месячная температура воздуха в Северном полушарии в **феврале** поднялась до  $10^{\circ}\text{C}$ , но это все же ниже, чем в предыдущие три года.

$-30\dots-37^{\circ}\text{C}$  показывал термометр в центральных и восточных районах Канады, в западных штатах США. Заморозки наблюдались на всем протяжении границы США с Мек-



сикой. В странах Скандинавии и на северо-западе России, где с сентября 2000 г. удерживались положительные аномалии температуры, в феврале похолодало. На Дальнем Востоке и в Якутии было холоднее обычного, а в Поволжье, на Северном Кавказе и юго-востоке Западной Сибири – тепло.

Февраль на **европейской территории России** оказался **относительно**

**теплым:** из-за активной циклонической деятельности атлантические вихри сменялись средиземноморскими с особенно большим запасом влаги. Именно они вызвали превышение месячной нормы осадков в 1.5–2.5 раза в Центральном районе и Краснодарском крае. В Волго-Вятском районе обильные снегопады составили 1.5–3 нормы. В Мордовии таких обильных осадков не помнят с

*Снимок сделан, когда в Центральном, Центральночерноземном районах, на Нижней Волге и Северном Кавказе стояла жаркая погода. Подстилающая поверхность Земли блекло-зеленых и светло-коричневых тонов. ИСЗ "NOAA-14", 6 июля 2001 г.*

1924 г. В Приморском крае в начале февраля мощный циклон принес очень сильные снегопады с усилением ветра на побережье до 30–35 м/с.

В последних числах февраля в горах Северного Кавказа начался массовый сход лавин, а в эти же дни в районе Сочи из-за сильных дождей активизировались оползневые процессы.

#### ВЕСНА "БОЛЬШОЙ ВОДЫ"

**Весна в 2001 г.** выдалась теплой, как и в предыдущие годы. Положительные отклонения средней месячной температуры воздуха для Северного полушария в марте составила  $+1^{\circ}\text{C}$ , особенно велики они были в Северном Казахстане, на юге Урала, в Западной Сибири, на Нижней Волге, Кубани, а также в Турции, Болгарии и Югославии. В конце марта в центральных и южных районах Красноярского края дневная температура достигла  $15...20^{\circ}\text{C}$ .

И только в США март оказался холодным. На северо-востоке страны из-за сильных метелей не работали школы, возникали заносы на автодорогах. В отдельные ночи температура воздуха понижалась до  $-18...-20^{\circ}\text{C}$ . Если на всем Североамериканском континенте было относительно сухо, то на Атлантическом побережье и юго-востоке США нормы осадков превышены в 2–3 раза.

Много осадков этой весной выпало в большинстве стран Европы и Азии. Во Франции из-за дождей ши-

роко разлилась Сена. Более двух месячных норм осадков выпало в Португалии, Швейцарии, Чехии, Венгрии, Румынии, Норвегии, северных и центральных областях европейской части России, Западной и Восточной Сибири, Урале, на Дальнем Востоке.

Средняя месячная температура воздуха для Северного полушария в **апреле** составила  $15.8^{\circ}\text{C}$ , что на  $0.8^{\circ}\text{C}$  выше климатической нормы. Наиболее значительные положительные и отрицательные аномалии средней месячной температуры воздуха сформировались на территории России. **Очень тепло** было в **Центральном районе России**, значительно теплее обычного – в Поволжье и на юге Западной Сибири. Лишь на Таймыре и в Ямало-Ненецком автономном округе оставалась относительно холодная погода.

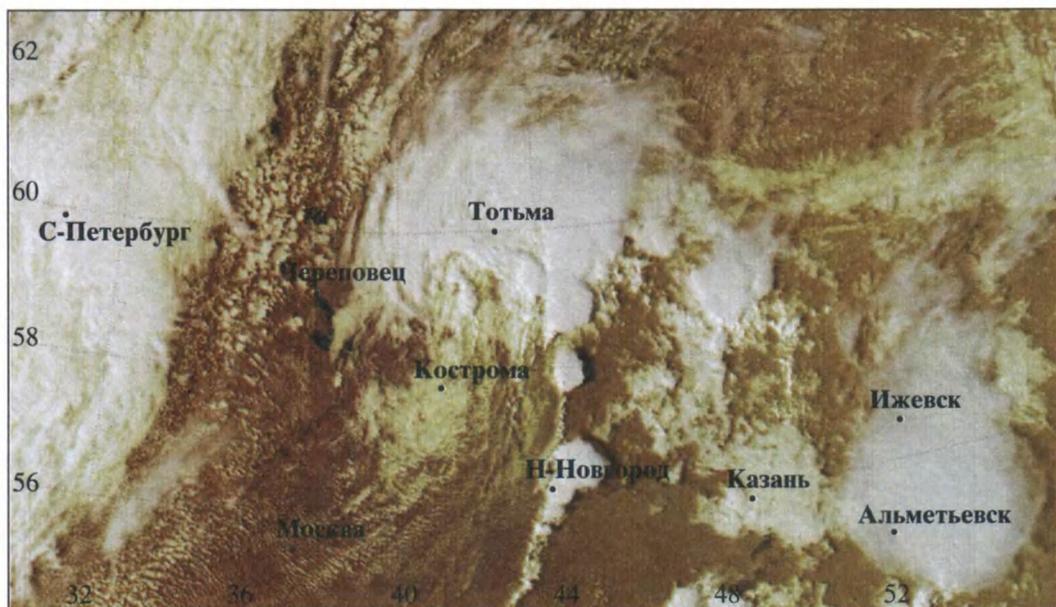
**Европу в апреле заливали дожди.** Только Испания и Португалия образовали в ней "сухой остров". В Греции же и на западе Турции выпало около трех месячных норм осадков. В Европейской России наибольшее количество осадков (1.5 и более месячных норм) досталось южным регионам, тогда как в центральных областях и на Урале было сухо.

На востоке также определяли погоду дожди: в Новосибирске выпало около трех норм осадков, в Чите – около двух. Дожделиво на северо-востоке Казахстана, в Якутии и Магаданской области. И лишь в Приморье и Хабаровском крае весна была сухой.

Лили дожди на Чукотке и Аляске, в Индии и Бангладеш. Без осадков апрель прошел в странах Северной Африки, в Иране, Ираке, Пакистане и на Аравий-



*Смещение тропического циклона к дальневосточному побережью России. Виден "глаз бури". ИСЗ "GMS", ИК-диапазон. 7 августа 2001 г.*



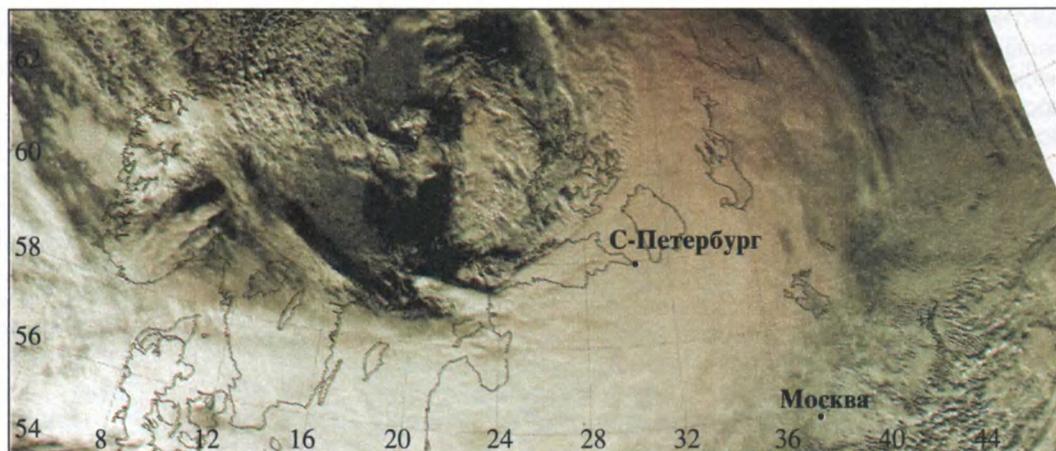
Активное развитие мощной грозовой и кучево-дождевой облачности, вызвавшее ливни, шквалы, грозы, град в Северо-Западном, Верхне-Волжском районах и в Предуралье. ИСЗ "NOAA-14", 13 августа 2001 г.

Циклонический вихрь, сместившийся на Северный, Северо-Западный и Центральный районы России, вызвал сильные ветры (более 25 м/с), дожди, а также наводнение в Санкт-Петербурге и Калининграде. ИСЗ "NOAA-16", 15 ноября 2001 г.

ском полуострове. Корейский полуостров, северную часть Японии, Монголию, большую часть Китая и Индокитая, за исключением Малайзии, охватила настоящая засуха. Преимущественно сухая погода удерживалась в Канаде и на юге США, а вот на центральные штаты обрушились необычно сильные ливни, вызвавшие наводнения в штатах

Миннесота, Висконсин и Айова. Сильнейшее наводнение произошло на Миссисипи. Более сильный разлив великой американской реки отмечался в 1993 г.

Самое значительное экстремально опасное явление, связанное с погодой, случилось в Забайкалье. 6–7 апреля погода резко изменилась: в Бурятии и на всей территории Читинской области про-



шли осадки в виде дождей и мокрого снега (5–17 мм за 12 ч, за сутки – 12–22 мм, что составило 1.5–2 месячные нормы). Сформировался временный снежный покров, мокрый снег налипал на провода, местами ветер усиливался до 15–25 м/с. 6 часов подряд бушевали метели, а 7 апреля дневные температуры понизились на 8–12°C: ударил по-зимнему крепкий мороз.

**14–15 мая град** обрушился на поля **Ставропольского края**. Он сопровождался шквалистым усилением ветра. В Буденновском районе диаметр градин составил 10–15 мм, в отдельных случаях – 40 мм. Этот град повредил кровлю и окна почти тысяч жилых домов и учреждений в 18 населенных пунктах. Подтоплено 200 жилых домов, у 100 домов разрушена кровля. Повреждено 12 км линий связи и 10 км ЛЭП, частично – 28 км дорог и 5 пешеходных мостов. Уничтожены посевы на 100 тыс. га, в том числе сады и виноградники на 3 тыс. га.

На смену дождям пришли **заморозки**. Наиболее опасными они были в третьей декаде месяца в Центральном регионе, Нижегородской и Оренбургской областях.

В мае почти полностью завершилось вскрытие рек Западной и Восточной Сибири. На 4–13 дней раньше обычных дат вскрылись Нижняя Обь, верховья Алдана и Колымы. На 4–7 дней **задержался ледоход** на Енисее и Верхней Лене. Он сопровождался необычно мощными заторами при

вскрытии Енисея, Ангары, Нижней Тунгуски, Подкаменной Тунгуски, на отдельных участках Верхней Оби. Катастрофические **заторы льда** сформировались при вскрытии Средней Лены.

В результате интенсивного снеготаяния, вызванного резким повышением температуры воздуха и осадками, на **Верхней Лене** в конце первой декады мая значительно поднялся уровень воды. **Затоплению** подвергся ряд населенных пунктов Иркутской области, в том числе города Усть-Кут и Киренск. Продвижение волны половодья вниз по течению Лены вызвало разрушение ледяного покрова и формирование мощного затора льда ниже г. Ленска, где уровень воды достиг 207 см над нулем графика поста и оказался на 3.10 м выше наибольшего за весь период наблюдений. Город оказался полностью затопленным. Паводковая волна частично затопила почти все населенные пункты вплоть до устья Алдана, в том числе и отдельные прибрежные районы столицы Республики Саха (Якутия) города Якутска (Земля и Вселенная, № 6, 2001).

В мае продолжался **рост уровней воды** в результате формирования второй волны половодья, на **Верхней Оби**. Частичному затоплению подверглись населенные пункты, расположенные как на самой Оби выше Новосибирского водохранилища (в том числе пригороды Барнаула), так и на ее притоках. Сложная паводковая си-

туация сложилась на притоках Тобола, в низовьях Иртыша, а также на притоках Нижней Оби.

В мае высокие **снегодождевые паводки** прошли на **Верхнем Енисее** и реках его бассейна. На отдельных участках уровни воды превышали опасные значения, затопливались отдельные прибрежные населенные пункты, в том числе пригороды г. Кызыла. При продвижении волны половодья по Енисею ниже устья Ангары происходили кратковременные частичные затопления городов Енисейск и Туруханск.

#### КОНТРАСТЫ ЛЕТА

В **июне** очаги теплого воздуха располагались над Восточной Сибирью, Испанией, Португалией, юго-западом США, Монголией, Китаем, Японией, Средней Азией. На территории Китая повторился абсолютный максимум средней месячной температуры, отмеченный в 1995 г.

Два месяца удерживалась в **Восточной Сибири очень жаркая погода**. В целом июньская погода в Сибири оказалась самой теплой за последние 100 лет (аномалия средней месячной температуры 2.6°C). Достигнут абсолютный максимум средней месячной температуры для Сибири (13.3°C), рекорд 1908 г. превышен на 0.3°C.

На всей территории России за счет очень высоких температур в ее восточных регионах, даже при прохладной погоде в

европейской части, превышен абсолютный максимум средней месячной температуры – 12.9°C, наблюдавшийся в 2000 г.

**Засуха** установилась в Поволжье, Центральном, Центральночерноземном районе и на Северном Кавказе, где в отдельные дни максимальные температуры превышали 30–35°C, а в Поволжье и на Северном Кавказе – даже 38–42°C. Жаркая погода способствовала высокой, местами чрезвычайной пожарной опасности.

**Холодный воздух** распространился в июне над Восточной и Центральной Европой, Уралом и югом Западной Сибири. Похолодало также в Великобритании и в странах Скандинавии. По Южной Норвегии прокатилась волна заморозков. Средняя месячная температура воздуха ниже нормы отмечена на большей части Европейской России (очаг холода охватывал Центральночерноземный район, Нижнее Поволжье и Ростовскую область), в Уральском районе и на юге Западной Сибири. На востоке России холодный арктический воздух господствовал над восточной территорией Хабаровского края, Магаданской областью, Камчаткой.

В июне наблюдался значительный **дефицит осадков** в странах **Западной и Южной Европы**, причем на юге Европы засушливая погода длилась уже третий месяц. В странах Восточной Европы прошли сильные дожди. В Польше, Румынии, Болгарии, странах

Балтии, Калининградской области, на Украине и в Белоруссии выпало от 1.5 до 2 климатических норм.

На юго-востоке Китая **тайфун “Чеби”** принес очень сильные ливни и разрушительные наводнения, вызвавшие человеческие жертвы. В это же время в **континентальных районах Китая** вот уже четыре месяца продолжалась **жесточая засуха**. В **США ливни** прошли на юге и востоке страны, они были связаны в основном с тропическим **штормом “Эллисон”**, принесшим огромный ущерб (более 30 человек погибли). А на остальной территории США, на большей части Канады и на Аляске преобладала сухая погода. По-прежнему дождей не было на территории Ирана, на Аравийском полуострове, в Северной Африке.

В июне появились первые признаки **засухи в азиатской части России**. Она установилась в следующем месяце.

В **июле** было тепло практически на всей территории Европы. Даже на севере Финляндии воздух днем прогревался до 30°C. Другая область высоких температур сформировалась в Якутии, Монголии, Центральном Китае и Японии, где максимальная температура порой превышала 40°C. Высокие температуры наблюдались и в Западном полушарии. Там очаг тепла располагался над северо-востоком Канады, но в США вдоль Атлантического и Тихоокеанского побережья продвигался холодный воздух.

Средняя месячная температура воздуха в июле в Северном полушарии составила 23.4°C, что на 0.9°C больше климатической нормы. **Теплее за последние 100 лет был только июль 1998 г.**

Несмотря на более холодную, чем обычно, погоду в Западной Сибири и в целом по территории России, в **июле 2001 г.** был зафиксирован абсолютный максимум среднемесячной температуры, отмеченный три года назад. В Центральном Федеральном округе России средняя месячная температура июля (24.6°C) превысила на 0.2°C предыдущий максимум (1938 г.). **Осадков на европейской части России**, за исключением северных регионов, Поволжья и Урала, выпало **необычно мало**. Зато на Северном Урале, в Западной Сибири, на севере Красноярского края и в Забайкалье их месячная норма превышена более чем в 2 раза. В **Западной Европе** после июньской засухи начались **сильные ливни** (от 100 до 200 мм за несколько дней). На юге Польши и востоке Словакии они привели к разрушительным наводнениям. Во многих странах Европы осадки превысили месячные нормы в 2–3 раза. Для России была характерна **необычная повторяемость шквалов**. Они вызвали всевозможные повреждения в различных районах Урала и в Центральном районе России. Так, 24 июля во время сильного ливня (34.8 мм) максимальные порывы ветра в Москве достигли 28 м/с.

В Рязани с 16 ч 38 мин до 21 ч бушевал ливень, зарегистрирован слой осадков 73.6 мм.

Очень сильный дождь пролился на юге Иркутской области в ночь на 7 июля. Выпало 52–67 мм осадков, днем – 55–61 мм, в ночь на 8 июля – 64 мм. 7–10 июля по рекам Иркут, Китой, Белая, Ока прокатились дождевые паводки, настолько сильные, что власти ввели режим чрезвычайной ситуации и эвакуировали население. 7–9 июля прошли дожди на юге Бурятии (до 61 мм). Нанесен ущерб дорогам и мостам. В поселке Монды смыто 13 домов, 6 человек погибли. Зарегистрировано 8 случаев выпадения града диаметром более 20 мм.

Практически на всех континентах Северного полушария в августе было теплее обычного для этого периода. Средняя месячная температура воздуха в Северном полушарии составила 23.2°C. Это на 0.8°C больше климатической нормы. В XX в. теплее было лишь в 1995 г. и 1998 г. (23.3°C). Положительные аномалии средней месячной температуры преобладали на Европейском континенте. Продолжительная жаркая погода с температурами днем 40...47°C стояла в Северо-Восточной Африке, очаги тепла наблюдались в Западной и Восточной Сибири. Абсолютный максимум средней месячной температуры (1908 г. и 1988 г.) был превышен на 0.6°C. Отрицательные температурные аномалии отмечены

лишь в небольших районах Костромской, Ярославской, Нижегородской, Ульяновской, Самарской, Саратовской областей, в Татарстане и на Урале, на востоке и юге Китая, а также на юге Индии.

**Дождливый** был август в Западной и Центральной Европе. Больше обычного выпало дождей в Северных регионах России, в Центральночерноземных областях, на Северном Кавказе, Урале, в Западной Сибири, Якутии, Забайкалье и Магаданской области.

В начале месяца на Приморье обрушился тайфун “Тораджи”, он сопровождался сильными ливнями и ураганными ветрами. А рядом – в большинстве районов Монголии, Кореи и Северного Китая – господствовала длительная засуха. Южнее, на юго-востоке Китая, во Вьетнаме, Таиланде и Японии, прошли сильные ливни, связанные с тропическим штормом “Асачи” и тайфуном “Пабук”. Тайфун “Пабук” прервал жестокую трехмесячную засуху в Японии, но связанные с ним ураганские ветры вызвали гибель людей, разрушение дорог и линий электропередач.

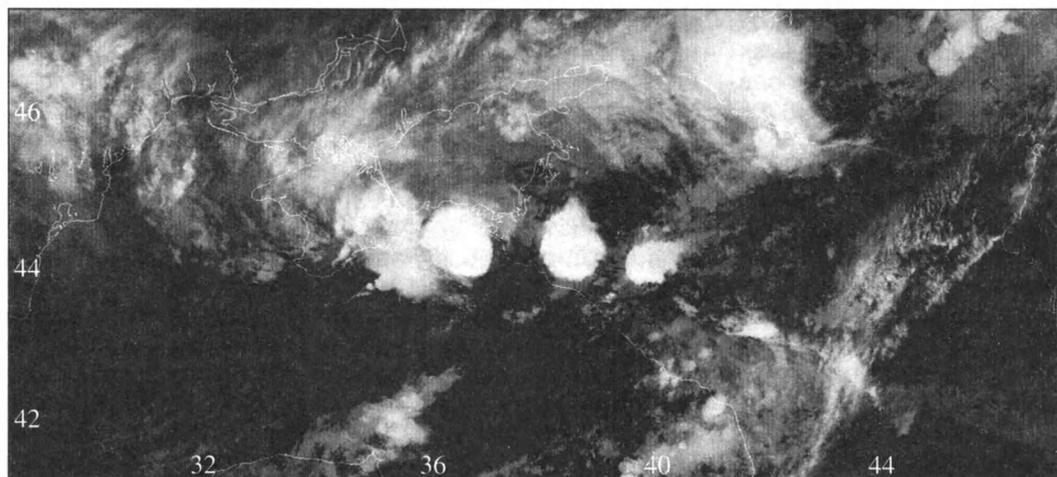
Около двух месячных норм осадков выпало на северо-востоке Канады и в районе Великих озер, что привело к наводнению в районе Чикаго. Проливные дожди обрушились на Мексику и штат Техас. Вызванные тропическим штормом “Чентел”, они прервали четырехмесячную засуху.

В августе на территории России наблюдалось 25 опасных явлений погоды: трижды выпал сильный град, в 9 случаях отмечены шквалы, в 6 – особенно сильные дожди, в 4 – заморозки, а в 3 – наблюдался комплекс неблагоприятных явлений.

Экстремальная погодная ситуация возникла в августе в связи с выходом южного циклона на Приморский край 7–8 августа. Особенно интенсивные дожди отмечались на юге – 50–236 мм (50–150% месячной нормы). Во Владивостоке и его пригороде выпало 203–236 мм (126–150% месячной нормы), в Партизанске – 169 мм (106% месячной нормы). Во Владивостоке августовские дожди такой интенсивности наблюдались впервые за весь период наблюдений. 9 августа сильные дожди продолжались (до 35–66 мм за 12 ч). В результате вода в реках поднялась и затопила прибрежные территории. Наибольший ущерб нанесен Владивостоку, Партизанску, селениям Лазовского района. Погибло 5 человек, разрушен железнодорожный мост на участке Владивосток – Угольная, снесены жилые дома, затоплены подвалы, разрушены дороги.

дожди и засухи ОСЕНИ

Переход к зимнему типу циркуляции в стратосфере в 2001 г. осуществился 31 августа, и в приземном слое атмосферы постепенно воцарилась осень. В сентябре сред-



*Сильные ливни, штормы, смерчи, шквалы, грозы и град у берегов Крыма и в Краснодарском крае (яркие белые пятна). ИСЗ "NOAA-14", 26 сентября 2001 г.*

няя месячная температура воздуха Северного полушария составила 21°C, что на 0.7°C больше климатической нормы. Близкой к этой температуре оказалась средняя месячная температура в 1997 г., 1999 г. и 2000 г.

В сентябре в западной и южной части Европы было **прохладно и дождливо**. Даже в Италии отмечались заморозки. Холоднее обычного – в Краснодарском крае, Центральной Азии, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. В северных районах Дальнего Востока сентябрь оказался третьим самым холодным за последние 100 лет (1962 г. и 1965 г.)

Во второй половине августа и в сентябре сильные дожди наблюдались в Западной Европе: в

большинстве стран месячные суммы осадков практически превысили две климатические нормы. А вот на **юге Канады и севере США** высокие температуры воздуха во второй половине лета и в сентябре при отсутствии дождей привели к сильной засухе.

Сухо было на Ближнем Востоке, в Иране, странах Средней Азии, в Монголии и на востоке Китая. В восточных районах Китая засуха продолжалась уже четыре месяца, между тем на юго-востоке Китая и Японии прошумели сильные ливни, связанные с тайфунами "Нари", "Денис", "Лекима".

В Египте осадки отсутствовали. Относительно сухо – на североамериканском континенте, если не считать, что в сентябре дожди выпали на востоке Канады, в американских штатах Флорида и Техас. Мощный ураган "Джульетта" принес сильные **ливни в Мексику**.

На севере европейской части России удержива-

лась преимущественно сухая погода. Осадки здесь составили 29–48% месячной нормы. В то же время в Воронежской, Курской, Белгородской, Саратовской, Волгоградской, Астраханской, Ростовской областях климатическая норма по осадкам была превышена на 150%.

В **октябре в Западной Европе** преобладала теплая погода, а вторжения холодного арктического воздуха в Восточную Европу и на Урал не были экстремальными. Поэтому здесь октябрь оказался лишь немного прохладнее обычного. Да и в остальных регионах Северного полушария температура воздуха мало отличалась от нормы.

Распределение осадков по Российской Федерации отличалось большей неоднородностью. Так, в северной половине европейской части России количество осадков близко к норме, а на Верхней и Средней Волге – от 139% до 171% нормы. Сухо было на Северном Кавказе,

Урале и юге Западной Сибири, в Хакасии и Туве.

Большой ущерб вызвали сильные дожди, переходящие в мокрый снег, с сильными ветрами до 20–25 м/с (временами до 30 м/с), связанные с атмосферными фронтами, которые 19 октября перемещались над северо-западными областями европейской части России.

Ноябрь в Северном полушарии оказался самым теплым за всю историю регулярных наблюдений. Впервые средняя месячная температура в этом месяце превысила 14°C, был перекрыт абсолютный максимум (1995 г. и 1997 г. – 13.9°C).

Аномалия температуры воздуха для Северного полушария составила 1.2°C. Наиболее крупные положительные аномалии удерживались в большинстве районов Северной Америки, лишь на Аляске властвовал холод. Практически на всей территории США в ноябре наблюдалось дневное повышение температуры до 20°C и выше. В ряде регионов США ноябрь минувшего года вошел в десятку наиболее теплых за 100 лет наблюдений.

Холодней обычного было в большинстве регионов Европы, за исключением Великобритании, Скандинавии и прибрежных районов Северного и Балтийского морей. Заметно похолодало в Испании, Португалии, в центре Европы и на ее северо-востоке: в Архангельской области и Республике Коми.

Всю территорию Азии охватывал огромный теп-

лый циклонический вихрь, за пределами которого остались только Турция и Индокитай. В Сибири **ноябрь 2001 г. – третий самый теплый за 100 лет** наблюдений (после 1978 г. и 1924 г.).

#### ПЕРЕХОД К НОВОЙ ЗИМЕ

В большинстве стран Европы ноябрь отличался относительной сухостью. Много осадков выпало на востоке Греции, на островах Эгейского моря и в Турции, месячные нормы местами превышены в 2–3 раза. Обильные осадки наблюдались на западном побережье Северной Африки, а в столице Алжира произошло сильнейшее наводнение. Уровень Средиземного моря у побережья повысился на 1.5 м, и морская вода залила огромные пространства суши. Земельные обвалы, оползни и селевые потоки привели к гибели более 600 человек.

На европейской части России практически повсеместно количество выпавших осадков было около нормы или немного выше. Но вот 15–16 ноября обширный облачный вихрь, охвативший Карелию, Северо-Западный район и часть Центрального района, вызвал целый комплекс неблагоприятных явлений: усиление ветра до 15–19 м/с (местами 25–29 м/с), сильные снегопады, метели, налипание мокрого снега и гололед. Усиление ветра в сочетании с осадками вызвало **повышение уровня воды в устье Невы** до 215 см, а на побережье Финского зали-

ва – до 2 м. С этим же атмосферным фронтом связаны нагоны воды до опасных отметок в устье реки Преголя (Калининград).

**Декабрь 2001 г.** принес неблагоприятную погоду как на территорию России, так и в страны Европы и Америки. **Холодный воздух**, связанный с Сибирским антициклоном, медленно смещаясь к западу, распространился в первых числах декабря на **европейскую часть России** и обусловил здесь **морозную погоду в течение большинства дней декабря**.

Последний месяц года оказался **самым холодным за последнее десятилетие**. Во второй декаде холодный воздух проник в Центральную и Западную Европу. В связи с этим циклоны перемещались по более северной и более южной, чем обычно, траекториям. В декабре довольно часто циклоны принесли сильные ветры, дождь и снег в дальневосточные регионы России, а в конце второй декады декабря – на Черноморское побережье Краснодарского края, особенно в районы Большого Сочи. Ливневые дожди перешли в снегопад. Наблюдалось мощное налипание мокрого снега, которое в сочетании с ветром вызвало оползни и разрушение линий электропередач. **Снежные заносы и гололед** парализовали движение на автострадах и железной дороге. В горах сходили снежные лавины.

2001 год можно считать годом рекордов. В Москве

22 июля зафиксирована самая высокая температура этого дня – 33,2°C, 24 июля в районе Тушино бушевал рекордно сильный ветер – 30 м/с. В мае выпало наибольшее количество осадков – 111.6 мм, что составило 218.8% нормы. За 28 дней февраля сумма осадков в виде снега составила 191.2 мм (253%) – это рекорд для зимних месяцев. Поставлены и рекорды

“осенней сухости” в Москве – в период с 12 по 24 сентября. В апреле среднемесячная температура превысила климатическую норму на 5,2°C, 5–18 декабря средние суточные температуры были ниже обычных значений на 10°C.

Эти рекорды в Москве отражают **контрастность погоды** в Северном полушарии в первом году третьего тысячелетия, обус-

ловленную устойчивым процессом глобального потепления. Очень вероятно, что и будущий год будет таким же.

После достаточно холодного декабря последовали необычайно теплые январь и февраль 2002 г. В отдельные дни средняя суточная температура превысила норму на 8–10°. Рекорды двадцатого столетия были побиты.

---

## Информация

---

### Проверена теория Миланковича

Группа палеоокеанологов и геохимиков, возглавляемая Дж. Захосом из Университета штата Калифорния в Санта-Крус (США) и Н.Дж. Шеклтоном из Кембриджского университета (Великобритания), исследовала данные бурения на дне в западной части экваториальной Атлантики, чтобы понять причины наступления ледниковых эпох.

Работы проводились в рамках международной программы “Глубинное бурение в море” во время 154-го рейса научно-исследовательского судна в пределах подводного поднятия, находящегося на глубине около 3,5 тыс. м, приблизительно на траверзе крайнего западного “выступа” территории Бразилии.

Спектральный анализ ненарушенной колонки осадочных пород донного грунта, соответствующей периоду 5,5 млн. лет, позволяет судить о климатических процессах, происходивших в

позднем олигоцене и раннем миоцене (около 24 млн. лет назад).

До наших дней сохранились скелеты древних фораминифер – микроскопических организмов, населявших тогда морское дно. Соотношение в них изотопов кислорода <sup>18</sup>O и <sup>16</sup>O отражает изменения температуры водной среды их обитания, а изотопов углерода <sup>13</sup>C и <sup>12</sup>C – ее геохимическую цикличность. Оказалось, что резкие климатические перепады, свойственные этому периоду, практически совпадают с расчетами по теории колебания земной оси вращения и эксцентриситета орбиты нашей планеты, разработанной еще в 20-х гг. прошлого столетия югославским геофизиком Милутином Миланковичем.

Установлено, что сочетание необычного наклона оси вращения планеты с определенной формой орбиты Земли 23 млн. лет назад вызвало краткое, но глобальное похолодание, приведшее к накоплению льда на Антарктическом континенте. Это привело к понижению уровня Мирового океана (значительная часть влаги превратилась в лед), дно в мелководных акваториях обнажилось, став объектом эрозии (выветривания). В результате образовалась естественная граница между эпохами олигоцен и миоцена...

При увеличении наклона земной оси вращения ускоряется, солнечное излучение усиливается, летние сезоны становятся теплее, и ледники отступают. Когда же наклон невелик, тепла летом поступает меньше и начинается очередной ледниковый период.

Исследователи обнаружили, что геологический и астрономический “моменты” орбитальных сил совпали с глобальными похолоданием и развитием ледникового покрова 23 млн. лет назад. Вместе со снижением эксцентриситета земной орбиты почти полностью исчезли вариации в наклоне оси вращения планеты. Такие условия оказались идеальными для образования новых ледников и охлаждения придонных вод океана.

Существенно, что во всех этих процессах более важную роль играли холодные летние сезоны, а зимние были второстепенными. Идею активно поддерживали видные специалисты – автор палеоклиматических компьютерных моделей Т. Краули из Техасского университета в Колледж-Стейшене и палеоокеанограф К. Миллер из Ратджерского университета в штате Нью-Джерси.

Science, 2001, 191, 274

## Владимир Николаевич Страхов

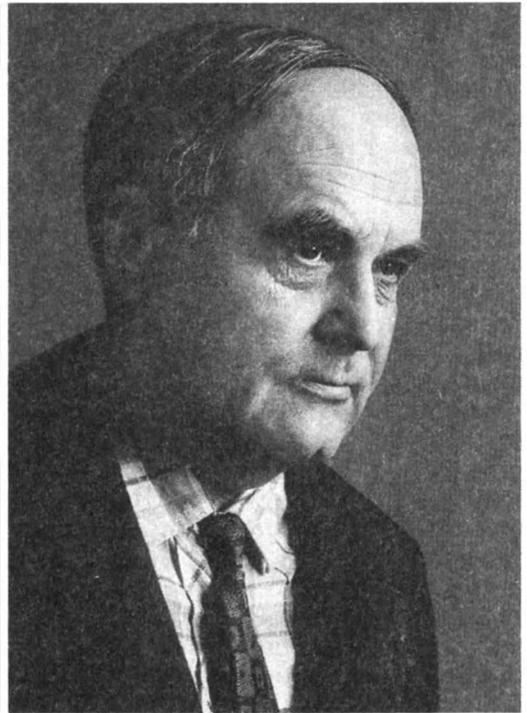
(К 70-летию со дня рождения)

3 мая 2002 г. исполнилось 70 лет выдающемуся российскому ученому академику **В.Н. Страхову**, генеральному директору Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН.

Владимир Николаевич Страхов – сын крупнейшего ученого, академика АН СССР Николая Михайловича Страхова (1900–1978), известного своими работами по исторической геологии, эволюции осадконакопления на Земле и теории литогенеза.

Окончив московскую школу с серебряной медалью, Владимир Страхов по совету отца в 1950 г. поступил на геофизический факультет Московского геологоразведочного института (МГРИ). Получив диплом с отличием горного инженера-геофизика, в 1958 г. закончил аспирантуру при МГРИ.

“Мне в жизни очень повезло, – вспоминает В.Н. Страхов, – я имел трех учителей. Первым моим учителем был отец... Вторым своим учителем я считаю Льва Моисеевича Альпина (1898–1986). Наконец, третьим моим учителем был Андрей Николаевич Тихонов (1906–1993). И если именно Андрею Николаевичу я обязан пониманием сути математических проблем геофизики, первоначальным пониманием того, как надо ставить и решать задачи математической геофизики, то отцу и Л.М. Альпину я обязан пониманием общественной значимости науки и возникшим во мне (достаточно рано) чувством любви к науке, к научному творчеству... Оба были беззаветно пре-



*Академик В.Н. Страхов.*

даны науке – любили ее превыше всего, и своим личным примером высокого служения науке формировали во мне желание быть таким же”. (А.Н. Тихонов – крупнейший математик, академик, Л.М. Альпин – профессор МГРИ, читавший курсы “Теория поля” и “Буровая геофизика”.)

Уже в студенческие годы В.Н. Страхов стал заниматься научной работой в области теоретической геофизики, а в период обучения в аспирантуре работал в экспедициях на Среднем Урале, в Бурятии, Якутии. В полевых исследованиях освоены им подземная гравиметрия, магнитометрия, микромагнитная и радиометрическая съемка алмазоносных площадей.

Боле 40 лет назад, в феврале 1959 г., В.Н. Страхов пришел на работу в Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта АН СССР в качестве старшего инженера. А затем он последовательно занимал должности младшего научного сотрудника (1963 г.), старшего научного сотрудника (1964 г.), заведующего лабораторией (с 1974 г. по настоящее время), заведующего отделом (1988 г.), директора Института физики Земли РАН (с 13 января 1989 г. по 10 апреля 1993 г. и с 1998 г. по настоящее время), генерального директора Объединенного института физики Земли (с 20 апреля 1993 г.). В институте в 1962 г. В.Н. Страхов защитил кандидатскую диссертацию, а в 1972 г. – докторскую, посвященную некоторым применениям функционально-аналитических методов в математической теории интерпретации гравитационных и магнитных аномалий.

Математический аспект геофизики становится главным в научном творчестве В.Н. Страхова. И когда в 1974 г. в ИФЗ им. О.Ю. Шмидта образовалась лаборатория теории интерпретации геопотенциальных полей, ее возглавил Владимир Николаевич.

В декабре 1987 г. В.Н. Страхов избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению геологии, геофизики, геохимии и горных наук, заместителем академика-секретаря которого по геофизике он становится в марте 1990 г. Общее собрание Российской академии наук избирает его в июне 1992 г. своим действительным членом (академиком).

Сам Владимир Николаевич разделяет свою почти полувековую научную деятельность на пять периодов.

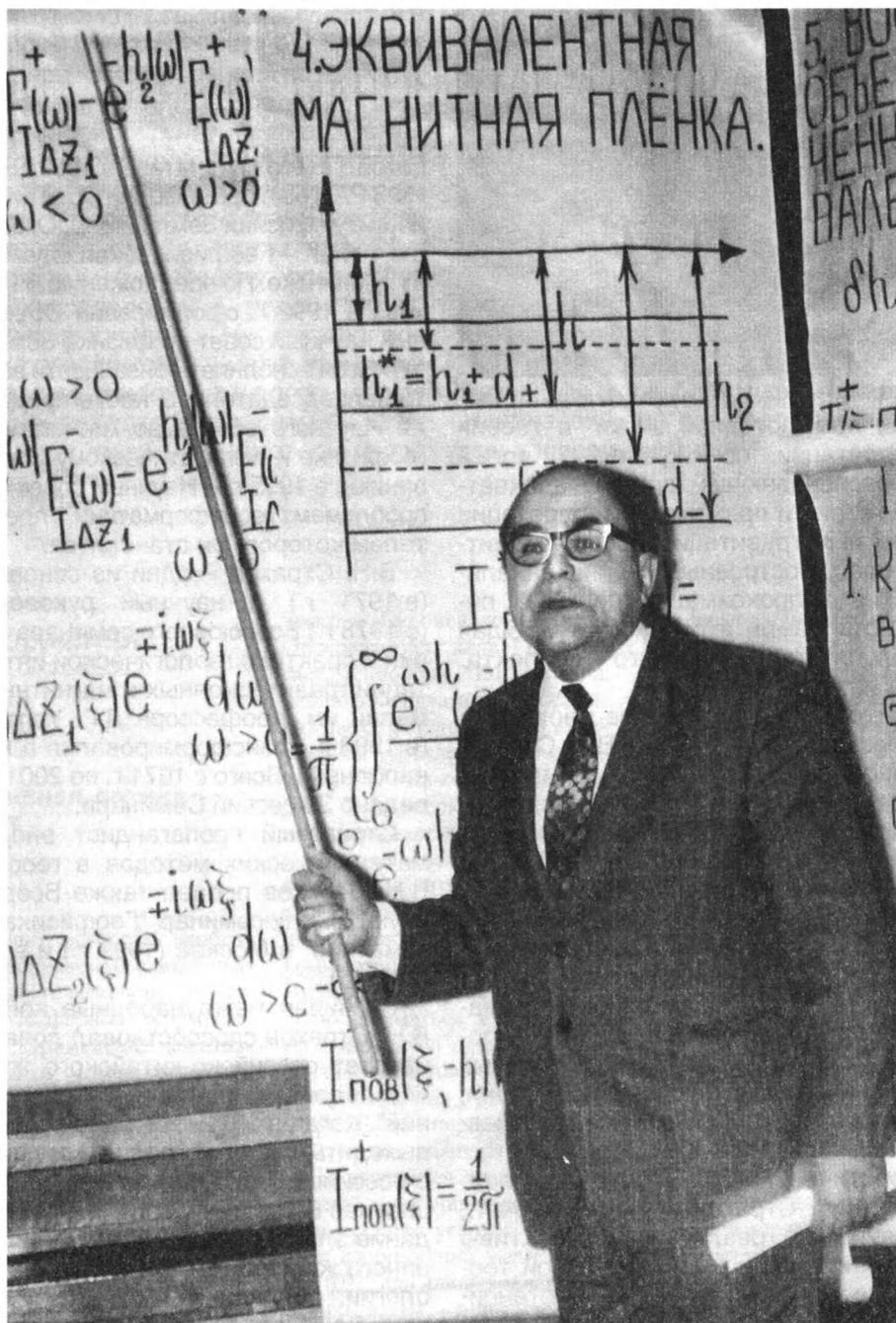
Основное в **первом периоде (1954–64 гг.)** – исследования по проблемам аналитического продолжения потенци-

альных полей. Определены особые его точки и их связи с распределением источников. Изучены численные методы продолжения и их практическое использование в плоских задачах гравиметрии и магнитометрии.

Во **втором периоде (1965–75 гг.)** тематика научных исследований существенно расширяется. Во-первых (и это главное!), В.Н. Страхов осваивает и далее самостоятельно разрабатывает теорию линейных некорректных задач (основы которой были заложены в работах великих русских математиков А.Н. Тихонова, М.М. Лаврентьева, В.К. Иванова). Академик В.Н. Страхов не только применил эту теорию к задачам гравиметрии и магнитометрии, но и внес существенный вклад в развитие самой теории. В конце второго периода В.Н. Страхов впервые начал серьезно заниматься методологическими проблемами теории интерпретации потенциальных полей.

В **третьем периоде (1976–86 гг.)** к традиционным направлениям добавились новые: аналитическая теория пространственных задач гравиметрии и магнитометрии и решение прямых трехмерных задач. При определяющем участии М.И. Лапиной создан обширный комплекс компьютерных программ, в котором были реализованы полученные В.Н. Страховым аналитические выражения для элементов гравитационного и магнитного полей.

Существенное изменение направления исследований В.Н. Страхова произошло в **четвертом периоде (1987–94 гг.)** его научного творчества. Он приступил к осмыслению истории развития теории и практики интерпретации потенциальных полей в XX в., а наряду с этим начаты разработки теории дискретных гравитационных и магнитных полей и другие систематические исследования, в частности по сейсмологической проблематике. Важную роль в этом сыграло участие В.Н. Страхова в полевых работах в эпицентрах Рачинского (1991 г.) и Сусамырского (1992 г.) землетрясений. В целом исследования, выполненные В.Н. Страховым в четвертом периоде его творчества, стали как бы подготовительными для проведенных в последующие годы.



В.Н. Страхов защищает научный отчет во ВНИИ Геофизика. Фото 1981 г.

**Пятый период** в научном творчестве В.Н. Страхова ознаменован наибольшей плодотворностью (в 1995–2000 гг. опубликовано свыше 180 научных работ, более 80 – без соавторов), новизной и широтой разрабатывавшейся проблематики. Создана общая схема развития теории и практики интерпретации потенциальных полей в СССР и России в XX в., сформирована концепция “парадигмы

ликованно свыше 180 научных работ, более 80 – без соавторов), новизной и широтой разрабатывавшейся проблематики. Создана общая схема развития теории и практики интерпретации потенциальных полей в СССР и России в XX в., сформирована концепция “парадигмы



*В.Н. Страхов (слева) проводит Семинар им. Д.Г. Успенского в г. Ленинакане (Армения). Фото 1986 г.*

зрелой компьютерной эпохи” в теории интерпретации потенциальных полей как обеспечивающей полную адекватность теории и практики интерпретации дискретных гравитационных и магнитных полей. Построены линейные аналитические аппроксимации рельефа поверхности Земли и разработана общая концепция геофизического “диалекта” языка математики.

Это только некоторые из множества тем геофизика-математика В.Н. Страхова: невозможно перечислить все им сделанное. Академик В.Н. Страхов опубликовал около 1000 научных работ, многие из которых переведены на английский язык. Теория и методы интерпретации гравитационных и магнитных аномалий, математическая геофизика, теория некорректно поставленных задач, вычислительная математика – основная тематика этих публикаций. После 1992 г. появилось около 50 статей, посвященных проблемам “бытия” российской науки, оказавшейся в тяжелом, даже трагическом положении в 90-е гг.

Теоретические разработки, выполненные В.Н. Страховым после 1994 г., обеспечивают реальные перспективы становления принципиально новой теории и методов интерпретации потенциальных полей. Они полностью адекватны потребностям геофизической практики в ближайшие 5–7 лет. Это максимально короткий срок, становление первой и второй парадигм заняло существенно больше времени.

Наряду с интенсивной научной деятельностью, В.Н. Страхов всегда был занят большой научно-организационной ра-

ботой. По его инициативе в 1993 г. на базе ИФЗ РАН был организован Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта, а в 1994 г. – Геофизическая служба РАН в г. Обнинске. По предложению В.Н. Страхова в 1992 г. сформирован Объединенный научный совет по физике Земли РАН (в нем он исполняет обязанности заместителя председателя, а также председателя Научного совета по математической геофизике и математическому моделированию), в 1995 г. – Научный совет РАН по проблемам геоинформатики, председателем которого он становится.

В.Н. Страхов – один из основателей (в 1971 г.) и научный руководитель (с 1978 г.) Всесоюзного семинара по теории и практике геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий им. профессора Д.Г. Успенского (в 1993 г. трансформировался в международный). Всего с 1971 г. по 2001 г. проведено 29 сессий Семинара.

Страстный пропагандист внедрения математических методов в геофизику, В.Н. Страхов провел также Всероссийскую Школу-семинар “Геофизика и математика” в Москве (1999 г.) и в Перми (2001 г.).

Развивая международные контакты, В.Н. Страхов способствовал появлению на свет российско-китайского журнала “Исследования по прогнозу землетрясений”. Когда в 1992 г. он начал регулярно выходить, стал его главным редактором с российской стороны. В 1997 г. по инициативе В.Н. Страхова организовано издание электронного научно-информационного журнала “Вестник Отделения геологии, геофизики, геохимии и горных наук РАН”, где он – первый заместитель главного редактора. С 1993 г. В.Н. Страхов – бессменный главный редактор международной газеты “Наука и технология в России” (НТР); именно в ней им опубликованы работы, посвященные состоянию и будущему российской науки. С 1984 г. по настоящее время В.Н. Страхов – член редколлегии журнала “Физи-

ка Земли”; он также главный редактор “Российского журнала наук о Земле”.

На одной из конференций по прикладной геофизике в 1996 г. Владимир Николаевич говорил: “...нет никакого сомнения в том, что в конце XX в. можно говорить о геофизическом фронте и геофизическом тыле. Фронтвики-геофизики... хорошо знают соответствующую аппаратуру... и методику проведения полевых исследований, первичную обработку материалов... Но, как правило, ...плохо разбираются в математическом аппарате и тех идейных и алгоритмических основах, которые заложены в используемых ими же компьютерных про-

граммах ... тыловики-геофизики плохо владеют геологическими аспектами нахождения интерпретаций... Одна из важнейших проблем ... в начале XXI в. (VI период) состоит в том, чтобы построить сбалансированную методологию теории и практики интерпретации”.

Роль В.Н. Страхова в решении этой, обозначенной им проблемы, – ведущая.

Редколлегия и редакция журнала “Земля и Вселенная” поздравляют Владимира Николаевича с юбилеем и желают ему здоровья и новых творческих успехов. Мы очень благодарны Владимиру Николаевичу за его постоянное внимание к нашему журналу.

---

## Информация

---

### Адаптивная оптика на ОБТ

Обычно резкость изображений, получаемых с помощью наземных телескопов, ограничена атмосферной турбулентностью. Применение адаптивной оптики может улучшить разрешение почти до теоретического предела, как если бы наблюдения велись из открытого космоса. Для этого в оптическую схему включают контролируемое компьютером гибкое зеркало, противодействующее искажению изображений, вызываемых беспокойствием атмосферы. Чем больше главное зеркало и короче длина волны света, тем лучше будет изображение.

Система из адаптивного корректора изображения NAOS и инфракрасной камеры CONICA, установленная на 8.2-м зеркале “Йелун” Очень Большого Те-

лескопа Европейской Южной Обсерватории, дала “Первый свет” 25 ноября 2001 г. В ночь наблюдений диаметр изображений звезд, обусловленный атмосферной турбулентностью, равнялся 0.50". На контрольном экране было видно изображение гидрируемой звезды, соответствующее этой величине. И вот включен адаптивный корректор. Гибкое зеркало начало подчиняться приказам, подаваемым компьютером 500 раз в секунду. Чудесным образом изображение стало сжиматься и через несколько секунд превратилось в ярчайшую световую точку. Оператор объявил результат – 0.068". И это с первой попытки! Работа над адаптивной системой, длившаяся четыре года, близка к завершению. В эту ночь средней угловой диаметр ядра изображений звезд составил 0.07" при длине волны света 2.2 мкм и 0.04" – при 1.2 мкм.

Среди первых объектов съемки было звездное скопление NGC 3603, размещенное в спиральном рукаве Киля на расстоянии около 20000 св. лет. В его центре находится один из наиболее плотных и массивных очагов звездообразования в нашей Галактике. Массы некото-

рых звезд в нем оцениваются в 120  $M_{\odot}$ .

Снимки этого же объекта были получены ранее с помощью Космического Телескопа им. Хаббла на длине волны 0.8 мкм. Диаметр изображений звезд на них составил 0.085" (против 0.068" у ОБТ). Но на снимке, полученном с помощью ОБТ, – гораздо больше звезд, т.к. при большей длине волны, используемой на ОБТ, на нем получают изображения холодных маломассивных звезд.

Астрономы ранее считали, что в подобных облаках формирование маломассивных звезд запаздывает. Но на снимках NGC 3603, полученных недавно с помощью 8.2-м зеркала “Анту” ОБТ и инфракрасной камеры ISAAC, найдены звезды-карлики массой порядка 0.1  $M_{\odot}$ . Между тем остается неясным, есть ли в нем еще меньшие звезды, относящиеся к типу коричневых карликов. Теперь ученые смогут ответить на этот вопрос, используя новую аппаратуру: адаптивную систему NAOS и инфракрасную камеру CONICA.

ESO Press Release  
25/013 December 2001

## Николай Семенович Кардашев

(к 70-летию со дня рождения)



Академик Н. С. Кардашев.

С.К. Брике (1898–1937), до 1927 г. был работником Коминтерна, а затем уполномоченным Комиссии партийного контроля в Азовско-Черноморском крае. Мать, Н.Н. Кардашева (1899–1980), – член партии большевиков с 1917 г., окончила Высшие женские курсы и Институт Красной профессуры. Оба были репрессированы, отец расстрелян, а мать вышла из заключения только после смерти Сталина и до 1956 г. работала в г. Муром, не имея права жить в столице.

Их сына отправили в детский дом, откуда его забрала сестра матери. Во время войны она умерла.

Уже с 5-го класса Кардашев увлекался астрономией и посещал астрономический кружок Московского планетария, руководил кружком будущий директор Планетария Виктор Васильевич Базыкин. Именно там состоялось знакомство Кардашева со многими будущими друзьями и коллегами.

В 1950 г. Н.С. Кардашев поступил на астрономическое отделение Механико-математического факультета МГУ, которое окончил в 1955 г. Еще студентом он начал работать под руководством И.С. Шкловского, тогда еще даже не доктора наук. Они плодотворно сотрудничали вплоть до смерти И.С. Шкловского в 1985 г. Н.С. Кардашев был зачислен в ГАИШ на должность старшего лаборанта в отдел Радиоастрономии, а затем поступил в аспирантуру к И.С. Шкловскому. В 1963 г. он

25 апреля 2002 г. исполнилось 70 лет известному российскому астрофизiku Н.С. Кардашеву. Николай Семенович Кардашев родился в Москве. Его отец,

с блеском защитил кандидатскую диссертацию. По решению Ученого совета ГАИШ она была представлена для защиты в качестве докторской. Через два года Н.С. Кардашев стал доктором физико-математических наук. В диссертации он впервые обратился к теме генерации космического радиоизлучения релятивистскими электронами с различным энергетическим спектром с учетом постепенного изменения энергии электронов. Кроме того, в диссертации был рассмотрен вопрос о возможности обнаружения в радиодиапазоне рекомбинационных линий атомарного водорода на высоких уровнях. Вскоре эти линии обнаружили в сантиметровом диапазоне на отечественном радиотелескопе РТ-22 Радиоастрономической станции ФИАН в Пущино Р.Л. Сороченко с сотрудниками (Земля и Вселенная, 2000, № 3). Эта работа, через много лет удостоенная Государственной премии, явилась фундаментом целого направления в радиоастрономии, т.к. открыла перспективы наблюдения ионизированного водорода в Галактике. Прежде радиоастрономическими методами можно было исследовать в линии 21 см только области холодного нейтрального водорода. Впоследствии, основываясь на пионерских работах Н.С. Кардашева, в космосе нашли высоковозбужденные линии гелия и углерода. В 1964 г., за три года до открытия радиопульсаров, Н.С. Кардашев фактически предсказал их существование, рассмотрев коллапс замагниченной звезды с сохранением ее магнитного момента. Эти работы сделали его имя широко известным среди радиоастрономов всего мира.

В 1965 г. Н.С. Кардашев, совместно с Л.И. Матвеевко и Г.Б. Шоломицким, предложил идею принципиально нового радиоинтерферометра с независимой регистрацией данных на нескольких антеннах, разнесенных на большие расстояния. Это помогло получить ранее немислимое угловое разрешение, превышающее в десят-



ки тысяч раз разрешение оптических телескопов при разнесении антенн на межконтинентальные расстояния. Новая идея была вскоре реализована на нескольких зарубежных радиотелескопах. Сегодня именно такой тип радиоинтерферометра – основной при исследовании активных ядер галактик, квазаров, активных звездных систем и мазерных источников в зонах звездообразования в нашей Галактике. Уже выведен на орбиту 12 февраля 1997 г. и успешно работает 4 года наземно-космический интерферометр, одна из антенн которого (диаметр 8 м) находится на ИСЗ “HALKA” (Япония). Н.С. Кардашев – научный руководитель Российского (и международного) перспективного наземно-космического проекта “Радиоастрон” с антенной диаметром 10 м на высокоапогейном спутнике (Земля и Вселенная, 2000, № 4). Реализация проекта “Радиоастрон” позволит вплотную подойти по угловому разрешению к “центральной машине” в активных ядрах галактик.

Совместно с нынешним членом-корреспондентом РАН В.И. Слышом Н.С. Кардашев проводил пионерские работы по исследованию низкочастотного космического радиоизлучения на первых отечественных межпланетных станциях, запущен-



ных к Марсу и Венере в начале 60-х гг. По инициативе Н.С. Кардашева и И.С. Шкловского был подготовлен и осуществлен космический эксперимент “Реликт” на ИСЗ “Прогноз-9”, в результате которого получена полная карта неба на длине волны 8 мм с угловым разрешением  $7^\circ$  (1983 г.). Цель этого и подобных зарубежных экспериментов – изучение анизотропии реликтового излучения на угловых масштабах от градусов до нескольких угловых минут. Космологи теперь могут исследовать историю ранней Вселенной начиная от сотни тысяч лет после Большого взрыва.

Н.С. Кардашев вместе с академиком Ю.Н. Парийским (однокурсником по Университету) стоял у истоков проектирования и создания РАТАН-600 (Земля и Вселенная, 1977, № 6) – крупнейшего в мире кольцевого радиотелескопа диаметром 600 м (станция Зеленчукская, Северный Кавказ). На этом телескопе выполнено много интересных работ в области исследования Солнца, галактик, реликтового космологического излучения и др.

Н.С. Кардашев выдвинул много оригинальных идей в области природы и эволюции активных ядер галактик, квазаров, природы темного невидимого вещества и космологических моделей. Для решения космологических задач он (совместно с Ю.Н. Парийским) рассмотрел вариант космического интерферометра с базами

*Встреча на торжестве по случаю избрания американского ученого Кипа Торна иностранным членом РАН. Слева направо: В.Н. Лукаш, Б.В. Комберг, Д.А. Компанец, Н.С. Кардашев, К. Торн, И.Д. Новиков. 2000 г.*

порядка 1 а.е. для измерения кривизны волнового фронта от далеких внегалактических объектов. Это дает возможность измерять расстояния методом “тригонометрических параллаксов” вплоть до границ наблюдаемой Вселенной.

Н.С. Кардашев – один из основоположников научного изучения проблемы поиска и установления связи с внеземными цивилизациями (проблема SETI). Ему принадлежат идеи поиска сигналов ВЦ на частоте линии сверхтонкой структуры основного состояния атома позитрония и о существовании цивилизаций на разных технологических уровнях. Им рассмотрены варианты использования такими цивилизациями энергетических ресурсов центральной звезды с целью установления космической радиосвязи на галактические и метагалактические расстояния.

В 1967 г. отдел И.С. Шкловского перевели из ГАИШ МГУ в только что созданный Институт космических исследований (ИКИ) АН СССР, его первым директором стал академик Г.И. Петров, где Н.С. Кар-



*Академики А.М. Фридман и Н.С. Кардашев. 2001 г.*

Кардашев возглавил лабораторию космической радиоастрономии в отделе №3 ИКИ АН СССР. В 1967 г. при активной поддержке И.С. Шкловского, академиков В.Л. Гинзбурга и Я.Б. Зельдовича Н.С. Кардашев был избран в члены-корреспонденты Академии наук. Вскоре Н.С. Кардашев стал заместителем директора ИКИ, которым к этому времени руководил академик Р.З. Сагдеев. Н.С. Кардашев руководил работами по созданию космического интерферометра и строительству 70-м радиотелескопа на плато Суфа в Узбекистане.

После безвременной смерти заведующего отделом И.С. Шкловского в 1985 г. отношение администрации ИКИ к отделу астрофизики изменилось. Институт был ориентирован главным образом на планетные и геофизические исследования. Тематика по рентгеновской и гамма-астрономии была передана в новый отдел, возглавляемый будущим академиком Р.А. Сюняевым. Н.С. Кардашева осво-

бодили от должности заместителя директора ИКИ, и встал вопрос о переводе отдела Шкловского (в это время им заведовал В.И. Слыш) в Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР, директором которого тогда был академик Л.В. Келдыш. Эта идея нашла активную поддержку в Отделении общей физики и астрономии АН СССР, и 3 мая 1990 г. переход в ФИАН состоялся. Большая часть сотрудников отдела №3 влилась во вновь образованное отделение "Астрокосмический Центр ФИАН", куда вошла и Радиоастрономическая станция ФИАН в г. Пушино. Н.С. Кардашев единодушно был избран его директором, которым и остается в настоящее время.

В 1994 г. Н.С. Кардашев избран действительным членом Академии наук России. После ухода с поста председателя Совета по радиоастрономии академика В.А. Котельникова председателем стал Н.С. Кардашев. При объединении всех астрономических Советов в единый Совет Н.С. Кардашев становится его председателем. В период с 1997 г. по 2002 г. Ни-

колай Семенович – заместитель академика-секретаря Отделения общей физики и астрономии. На этих постах он принимает активное участие в организации Российских и международных конференций и совещаний. Кроме того, он активно работает в Международном астрономическом союзе, стоял у истоков образования Российского астрономического общества. В течение двух созывов Н.С. Кардашев был вице-президентом КОСПАР.

Н.С. Кардашев много сил уделяет изданию и редактированию литературы по радиоастрономии, по его инициативе, в частности, вышли в свет книги, посвященные научной и педагогической деятельности его учителя И.С. Шкловского. Им опубликовано свыше сотни научных статей в самых престижных отечественных и международных журналах и трудах конференций. Его статьи широко цитируются и обсуждаются мировым сообществом астрономов. У Николая Семеновича много учеников, ставших кандидатами и докторами наук. Он дважды удостоен Государственной премии СССР.

Все, кто трудится с ним, начиная со студентов и кончая его соратниками по полувековой научной работе, высоко ценят в нем преданность науке, оригинальность мышления, высокую честность и принципиальность. Бескорыстность, доброжелательность и готовность Николая Семеновича придти на помощь создали ему высокий авторитет и уважение среди коллег.

Несмотря на свой солидный юбилей, Н.С. Кардашев остается таким же энтузиастом новых идей и их генератором, каким он был в начале своей блестящей карьеры. Наверное поэтому учитель и старший друг И.С. Шкловский называл его в шутку “везунчиком”. Наука, по-видимому, любит беззаветно преданных ей людей, каким, несомненно, является юбиляр.

Редколлегия и редакция журнала “Земля и Вселенная” от себя и от имени своих читателей желает академику Николаю Семеновичу Кардашеву здоровья, долгих лет жизни, плодотворной работы, успешных космических экспериментов и преданных науке талантливых учеников.

---

## Информация

---

### Разбегание галактик или “усталость” света?

С тех пор как астрономы обнаружили красное смещение в спектрах галактик, не прекращаются споры о причине этого явления. Большинство ученых, вслед за Э. Хабблом, считают, что красное смещение – результат реального удаления галактик от наблюдателя. Но некоторые продолжают придерживаться мнения, высказанного Ф. Цвикки: смещение вызвано

“усталостью” света, фотоны просто теряют энергию на далеком пути к нам. Спор продолжается так долго потому, что большинство наблюдаемых эффектов можно объяснить при любом из допущений.

Недавно группа американских ученых, возглавляемая А. Сэндиджем, проанализировала результаты многих наблюдений поверхностной яркости галактик, проведенных с борта ИСЗ. Красное смещение приводит к тому, что далекие галактики выглядят более тусклыми, чем в действительности. Но этот эффект должен проявляться независимо от причины смещения, хотя при разбегании галактик он будет сказываться сильнее, чем при “усталости” света. По мнению исследователей,

степень ослабления яркости галактик говорит в пользу первой гипотезы.

Другая группа ученых, возглавляемая Г. Голдхабером, измерила яркости сверхновых звезд в далеких галактиках (42 объекта). Получилось, что у более далеких сверхновых процесс вспышки, т.е. возрастание блеска и последующее угасание, длится дольше, чем у относительно близких. А этот эффект можно объяснить только тем, что далекие галактики “убегают” от нас быстрее, чем близкие.

Остается вопрос: насколько убедительно все это окажется для сторонников гипотезы об “усталости” света?

Science, 2001, 292, 2414

## Василий Павлович Мишин

(к 85-летию со дня рождения)

Василий Павлович Мишин – выдающийся конструктор ракетно-космической техники, соратник С.П. Королёва, продолживший его работы в области космонавтики.

В.П. Мишин родился 18 января 1917 г. в Павлово-Посадском районе Московской области. После школы-семилетки он поступил в 1932 г. в фабрично-заводское училище при Центральном аэродинамическом институте (ЦАГИ), получил рабочую квалификацию слесаря и был направлен на работу в цех особых заданий ЦАГИ. Параллельно учился на вечерних подготовительных курсах при ВТУЗе и в 1935 г. поступил в Московский авиационный институт (МАИ). Во время учебы в институте занимался в аэроклубе МАИ, в планерной и летной секциях, и стал инструктором-планеристом.

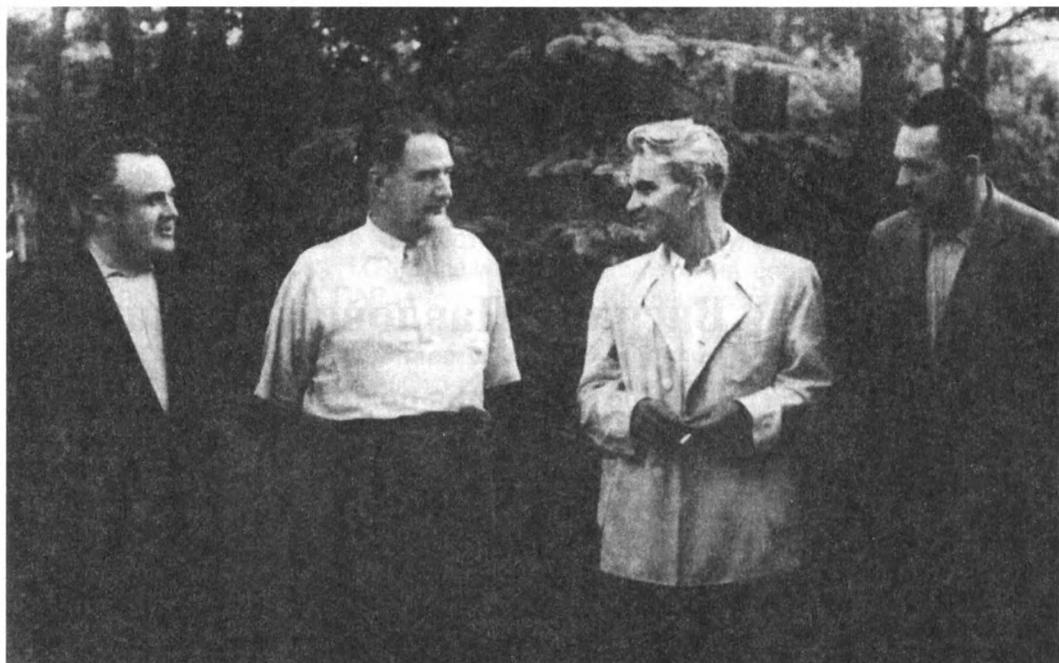
После окончания МАИ в 1941 г. был направлен в авиационное КБ В.Ф. Болховитинова, где в военные годы принимал участие в создании систем вооружения самолетов, в том числе и первого ракетного истребителя Би-1. За удачные технические решения В.П. Мишин удостоен в 1945 г. первой награды – ордена Красной Звезды.

В 1945 г. Василия Павловича командировали в Германию, где в составе спецгруппы он занимался изучением немецкой баллистической управляемой ракеты ФАУ-2 (А-4). Там встретился с С.П. Королёвым, и они стали ближайшими соратниками в создании первых отечественных баллистических ракет, ракет-носи-



Академик В.П. Мишин (1917–2001).

телей и космических аппаратов. В 1946 г. С.П. Королева назначили главным конструктором баллистических ракет дальнего действия. Первым заместителем главного в ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия” им. С.П. Королёва) стал В.П. Мишин, и в этом качестве он работал до января 1966 г., когда ушел из жизни С.П. Королёв. Как его пре-



емник на посту главного конструктора и начальника ЦКБЭМ (ОКБ-1), В.П. Мишин руководил этим предприятием с 1966 г. по 1974 г.

Деятельность В.П. Мишина в 1945–74 гг. насыщена выдающимися успехами. Его вклад в создание ракетно-космической техники во многом способствовал успешному запуску первой межконтинентальной ракеты Р-7 в августе 1957 г., выведению на орбиту первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г., первому полету человека в космос 12 апреля 1961 г.

В.П. Мишин возглавлял большой комплекс исследований и проектных работ по созданию баллистических ракет, начиная с первой ракеты – Р-1, которая имела дальность полета 270 км. Ее первый запуск состоялся в 1948 г. В апреле 1949 г. приступили к созданию серии геофизических ракет: Р-1А, -1Б, -1В, -1Е (подняли научную аппаратуру на высоту до 110 км); Р-2А (с дальностью полета 590 км, в октябре 1950 г. проведено зондирование атмосферы до высоты 210 км); Р-5А, -5Б, -5В, -5Р (с марта 1953 г. выполнялись исследования космического пространства). В 1953 г. разработана оперативно-тактическая ракета Р-11 по-

*Академики С.П. Королёв, И.В. Курчатов, М.В. Келдыш и В.П. Мишин. 1956 г.*

---

движного наземного базирования с дальностью полета 270 км (принята на вооружение в 1955 г.). Она работала на высококипящих компонентах топлива, что позволяло хранить и транспортировать ракету в заправленном состоянии. Первая советская стратегическая ракета Р-5 с дальностью полета до 1200 км и отделяющейся головной частью была создана в 1953 г., а в 1955 г. появилась ракета Р-11 ФМ с базированием на подводной лодке, несущая ядерный заряд. Эта ракета положила начало морской ветви развития отечественной ракетной техники. Ракета Р-5М с ядерным зарядом испытана 2 февраля 1956 г. За создание ракеты Р-5 в 1956 г. В.П. Мишин удостоен звания Герой Социалистического Труда.

1957 г. ознаменован блестящим достижением в ракетостроении – разработана межконтинентальная баллистическая ракета Р-7, построенная по двухступенчатой схеме (стартовая масса – 280 т). В то время появление подобного оружия



*С.П. Королёв, первый заместитель министра общего машиностроения генерал-лейтенант Г.А. Тюлин и В.П. Мишин. 1965 г.*

имело поистине определяющее значение для обороны страны. С помощью ракеты Р-7 запущен первый спутник на околоземную орбиту. Она послужила базовой конструкцией для создания трехступенчатой ракеты-носителя "Восток", которая сделала возможными запуск тяжелых спутников, первые полеты автоматических аппаратов к Луне и, что особенно важно, пилотируемые космические полеты.

Следующей модификацией Р-7 стала четырехступенчатая ракета-носитель "Молния". Она позволила осуществить межпланетные полеты автоматов к Марсу и Венере, увеличить массу КА для полетов к Луне (в том числе с мягкой посадкой на лунную поверхность) и вывести на орбиту спутники серии "Молния" (радио- и телевизионная связь с районами Дальнего Востока и Сибири).

На основе носителя "Восток" разработана ракета-носитель "Союз": увеличена

масса выводимых на околоземную орбиту космических аппаратов до 7.3 т, совершены пилотируемые космические полеты с двумя и тремя космонавтами, выход космонавтов в открытый космос и проведена стыковка кораблей серии "Союз" на орбите.

Усовершенствованный ракетно-космический комплекс "Союз" использовался в таких программах, как "Салют" – "Союз", "Союз" – "Аполлон", "Салют-6" – "Союз" – "Прогресс", "Мир" и МКС. Недавно появилась следующая разновидность этой базовой серии – "Союз-У2" с разгонным блоком "Фрегат", созданным в НПО им. С.А. Лавочкина. Указанные выше проекты были задуманы и осуществлены еще при жизни академика С.П. Королёва.

Вместе с ним работала блестящая плеяда ученых и инженеров, среди которых В.С. Авдеевский, В.П. Бармин, К.Д. Бушуев, Л.А. Воскресенский, А.М. Исаев, В.И. Кузнецов, А.Ю. Ишлинский, В.П. Макеев, Г.И. Петров, Н.А. Пилюгин, Б.В. Раушенбах, М.Ф. Решетнев, Б.Е. Черток и многие другие специалисты. В этом творческом союзе важную роль играл академик В.П. Мишин. Его технические реше-



*Заведующий кафедрой проектирования и конструкции летательных аппаратов МАИ профессор В.П. Мишин. 1995 г.*

ния отличались не только оригинальностью, но и рациональностью, многие из них и в настоящее время составляют основной фонд проектно-конструкторских разработок. Вклад В.П. Мишина в воплощение прогрессивных идей в ракетно-космической технике поистине огромен. Под руководством и при участии Василия Павловича были реализованы такие проекты, как орбитальная станция "Салют", КК "Союз", "Прогресс", "Зонд", унифицированный разгонный блок "Д" с нетоксичными компонентами топлива (использован для запуска АМС серий "Венера", "Марс", "Вега", геостационарных спутников "Радуга", "Горизонт", "Экран" и др.). Много сил и творческой энергии В.П. Мишин вложил в создание тяжелого носителя "Н-1" (стартовая масса 2820 т) и лунного пилотируемого комплекса ЛЗ (масса 95 т), который планировалось запустить к Луне с помощью ракеты "Н-1". Работы над ней в ОКБ-1 начались еще в 1959 г., всего на несколько лет позже соответствующих американских разработок. В полеты и высадку астронавтов на Луну, которые американский Президент объявил первостепенной национальной задачей, правительство США вложило более 25 млрд. долларов, мобилизовало огромные научно-технические ресурсы. В Советском Союзе победить в "лунной гонке" было крайне сложно в силу многих факторов, среди которых существенное место занимают организационно-финансовые трудности. Не было возможности, как в США, привлечь новейшие технологии мирового уровня и необходимые материальные ресурсы. Экспериментальная отработка ракеты-носи-

теля "Н-1" после четырех неудачных пусков по решению Правительства была прекращена в 1974 г., несмотря на готовность двух ракет к испытаниям. По мнению ведущих специалистов-разработчиков шансы на успешные испытания этих ракет были весьма высокие. Решение о закрытии работ они считают ошибочным, поскольку оно отбросило нашу ракетно-космическую технику на много лет назад. В.П. Мишин, освобожденный от должности главного конструктора, очень тяжело переживал решение о прекращении работ по данному проекту.

Невозможно подробно рассказать обо всех разработках, которыми руководил или в которых участвовал Василий Павлович. Перечислим лишь некоторые из них: 1959 г. – запуски межпланетных станций "Луна-1-3"; 1961 г. – запуск АМС "Венера-1"; 1961 г. – первый пуск чрезвычайно важной для обороны страны МБР Р-9; 1962 г. – создание космического автоматического спутника-разведчика "Зенит"; 1965 г. – выведение на орбиту первого спутника связи "Молния-1"; 1966 г. – первый пуск МБР РТ-2; 1968 г. – облет Луны и возвращение на Землю пилотируемого корабля "Зонд" в автоматическом режиме.

В 1958 г. В.П. Мишина избирают членом-корреспондентом АН СССР, а в 1966 г. – академиком.

Плотная, насыщенная конкретными и весьма масштабными результатами работа королёвского конструкторского бюро в 1946–74 гг. в области создания новейших ракетных средств вооружения и выполнения уникальных военных и гражданских ракетно-космических проектов вызывает восхищение. Это был период становления и интенсивного развития ракетной техники и космонавтики в СССР.

С 1974 г. В.П. Мишин работает в Московском авиационном институте заведующим кафедрой проектирования и конструкции летательных аппаратов. Василий Павлович был одним из создателей

этой кафедры в 1959 г. (с этого года профессор) и возглавлял ее более 30 лет, до 1974 г. – по совместительству. На кафедре сложился сильный научно-педагогический коллектив, она всегда отличалась тесными связями с промышленностью. В.П. Мишин привлек к работе в МАИ таких крупных специалистов из РКК “Энергия”, как С.О. Охапкин, А.П. Абрамов, В.Ф. Рошин, И.М. Рапопорт, Р.Ф. Аппазов, В.К. Безвербый. Подготовлены тысячи молодых специалистов, защищены десятки докторских и более сотни кандидатских диссертаций. Среди воспитанников Василия Павловича – многие известные ученые и специалисты, ряд членов Российской академии наук.

На кафедре созданы крупные научно-педагогические школы, уникальные научные и учебные лаборатории, изданы многочисленные учебники и монографии. В.П. Мишин – автор монографий, учебников и учебных пособий. Наиболее известные из них – “Баллистика управляемых ракет дальнего действия” (1966 г.) и “Основы проектирования летательных аппаратов” (1985 г.) – настольные книги не одного поколения специалистов ракетно-космической техники.

В 1968 г. в МАИ был создан факультет летательных аппаратов, впоследствии – аэрокосмический факультет. Его основой стала “мишинская” кафедра. Академик В.П. Мишин – один из организаторов и признанных руководителей отечественной научной и научно-педагогических школ проектирования баллистических ракет, ракет-носителей и космических аппаратов. Он всегда был генератором новых, нестандартных идей и решений. Особо следует отметить уникальные результаты по разработке современных концепций проектирования ракет-носителей многократного использования и

новые принципы построения самолетов с реактивными органами управления, осуществляющими вертикальные взлет и посадку.

Академик В.П. Мишин вел большую общественно-научную работу, в частности возглавлял комиссию по научному наследию Ф.А. Цандера, готовил к изданию книгу о творческом пути С.П. Королёва, возглавлял ученый совет в Политехническом музее, постоянно участвовал в работе Академии наук, экспертного совета по авиационной и ракетно-космической технике ВАС РФ, программных научно-технических конференций, состоял в редколлегиях ряда журналов общества “Знание”.

Заслуги академика В.П. Мишина высоко оценены. Он – лауреат Ленинской и Государственной премий, награжден многими орденами и медалями. АН СССР присудила В.П. Мишину Золотую медаль им. академика С.П. Королёва (№ 1). Он был избран действительным членом Международной академии астронавтики.

Василий Павлович всегда оставался удивительно скромным, душевным, глубоко порядочным, очень надежным человеком, у которого слово не расходилось с делом, для которого работа, семья и дружба были святыми понятиями. Он обладал редким умением общаться с людьми любых должностных уровней – от рабочего до министра. Был совершенно бескомпромиссным, если вопрос касался дела всей его жизни – авиации и ракетно-космической техники, всегда имел предельно четкое мнение относительно путей ее развития и отстаивал его, не взирал на ранги оппонентов.

*О.М. АЛИФАНОВ,  
член-корреспондент РАН,  
доктор технических наук  
Московский авиационный институт*

## Памяти Петра Владимировича Щеглова



Наша астрономия понесла тяжелую утрату. 19 декабря 2001 г. скончался Петр Владимирович Щеглов, один из самых крупных астрофизиков-практиков, экспериментатор и создатель новейшей наблюдательной техники, широко известный не только в России, но и далеко за ее рубежами.

Он родился 4 сентября 1932 г. в Ташкенте. Отец его, В.П. Щеглов, известный астрометрист и историк астрономии, впоследствии академик АН Узбекской ССР,

в течение нескольких десятков лет возглавлял Ташкентскую астрономическую обсерваторию. Петр Владимирович Щеглов унаследовал не только профессию астронома, но и гуманитарные традиции своих предков, достойных представителей русской интеллигенции. Он свободно владел тремя иностранными языками, отличался широкой культурой и познаниями в области художественной литературы, живописи, музыки, мифологии, проявлял глубокий интерес к истории науки.

Создание новых приборов и разработок новых методов наблюдений стали целью и содержанием всей его деятельности со студенческих лет. Его первым учителем был В.И. Красовский, который ввел юного астронома в совершенно новую область послевоенной науки: изучение Космоса с помощью электронных приборов. Секретная электронная военная техника, составлявшая основу приборов ночного видения, была обращена на мирную службу. Окончив с отличием учебу на мехмате МГУ (1954 г.) и аспирантуру при кафедре астрофизики Астрономического отделения мехмата (1954–57 гг.), П.В. Щеглов в 1958 г. защитил кандидатскую диссертацию и стал одним из первых трех сотрудников вновь созданного И.С. Шкловским Отдела радиоастрономии в Государственном астрономическом институте им П.К. Штернберга (ГАИШ). Здесь на протяжении 43 лет

проходила плодотворная творческая деятельность Петра Владимировича Щеглова.

Его научная работа была неотделима от общения с широчайшим кругом людей – сначала со своими товарищами по университетской группе, затем с учениками и коллегами. Тесное и плодотворное сотрудничество еще с аспирантских лет, совпавших с началом космической эры, связало Петра Владимировича с самим Главным Конструктором. С.П. Королев сразу оценил в молодом ученом глубокие знания, инициативу, смелость и деловитость, проявившиеся при конструировании первых электронно-оптических преобразований (ЭОПов), позволивших наблюдать слабый быстро движущийся объект – первый ИСЗ.

Область профессиональных интересов Петра Владимировича определилась в теме кандидатской работы “Исследование некоторых астрономических объектов в инфракрасной области спектра” (1958 г.). Вскоре при участии П.В. Щеглова и В.Ф. Есипова на Московском электроламповом заводе (в закрытой Лаборатории электронно-оптических преобразователей) был создан контактный электронно-оптический преобразователь для астрономических наблюдений. В работе над докторской диссертацией “Интерферометрическое исследование газовых туманностей и ночного неба с применением усилителей изображения” (1970 г.) П.В. Щеглов использовал созданные им же аппаратуру и новые методы. Разработанные П.В. Щегловым приборы новой “электронной телескопии” – приемники излучения с применением ЭОПов в сочетании с интерферометром (“эталоном”) Фабри–Перо – в сотни раз усиливали принимаемый сигнал от слабых космических объектов, снимая самую большую трудность на пути астронома-наблюдателя. Начиная с 70-х гг. XX в. ЭОПы успешно применялись в мировой астрофизике. С их помощью П.В. Щеглов открыл быстрые движения ионизованного водорода (HII) в некоторых слабых диффузных туманностях, что совместно с С.Б. Пикельнером он интерпретировал как эффект взаимодействия с веществом туманностей звездного ветра от погружен-

ных в туманность звезд. В последние годы под руководством П.В. Щеглова его ученики сконструировали новый “интерференционный спектрометр” – ДЛП (двухлучевой прибор) для выявления необычных турбулентных движений в планетарных туманностях.

Новые его открытия стимулировали и создание им новой техники. Открыв небулярную высокотемпературную эмиссионную линию девятикратно ионизованного железа ( $\lambda$  6374 FeX) в спектре слабой эмиссионной волокнистой туманности в созвездии Лебеда (остаток взрыва сверхновой), П.В. Щеглов сконструировал специализированный спектрометр для исследований в этой линии.

Еще в начале 60-х гг. П.В. Щеглов обнаружил особое поведение атмосферного водорода: концентрацию геокоронального водорода к плоскости эклиптики, резкие изменения излучения в линии  $H_{\alpha}$  в приполярных областях. (Причиной оказались вариации солнечного ветра и солнечной активности.) Во время организованных им и проведенных с помощью его аппаратуры систематических наблюдений этих эффектов в Абастуманской обсерватории к концу XX в. накоплен ценнейший наблюдательный материал, охвативший три 11-летних цикла солнечной активности.

П.В. Щеглов неоднократно принимал участие в экспедициях по наблюдениям солнечных затмений, нередко проявляя в этих “полевых” условиях изобретательность и техническую сметку. В числе его достижений была разработка аппаратуры для изучения солнечной короны.

В 80-е гг. Петр Владимирович разработал оригинальный Фабри–Перо спектрограф и провел с его помощью исследования движения окосолнечной пыли. Эту работу оценили как не имеющую аналогов в мире.

Работы П.В. Щеглова связаны и с изучением астроклимата – с целью выбора мест для новых астрофизических обсерваторий. Им был разработан фотоэлектрический прибор для получения количественных характеристик атмосферных возмущений – главной помехи при астрономических измерениях. Под его руководством в 1967–71 гг. найдены две уни-

кальные в этом отношении изолированные горные вершины в Таджикистане – Санглок и Минчукур. На первой была построена обсерватория.

Петр Владимирович был не только выдающимся исследователем, но и рожденным педагогом. Он блестяще читал курсы “Дополнительные главы практической астрофизики”, “Введение в астрофотометрию”, вел семинары, в том числе особый, созданный по его просьбе для первого курса семинар по общей астрономии, на котором много внимания уделялось истории астрономии. Девять из его учеников защитили кандидатские и часть – докторские диссертации.

Петр Владимирович Щеглов – автор свыше 120 работ, среди них две монографии: “Электронная телескопия” (1963 г.) и “Проблемы оптической астрономии” (1980 г.). Обе эти работы мирового уровня, они стали классикой в экспериментальной астрофизике. Первая была переиздана в США и во Франции.

Петру Владимировичу принадлежит ряд работ по истории астрономии. В их числе широко известная книга “Отраженные в небе мифы Земли” (М.: Наука, 1986; 2-е изд. в 1996 г.). Для сборника “Астрономия на крутых поворотах XX века” (1997 г.) он написал статью о вкладе С.И. Вавилова в развитие электронно-оптической техники. В “Историко-астрономических исследованиях” (Вып. XXV, 2000 г.) П.В. Щеглов осветил историю начала космической эры в ГАИШ. Он глубоко и деятельно интересовался ранней историей астрономии в России, инструментами XVIII в. П.В. Щеглов вместе с Г.П. Пономаревой разыскали в архивах Москвы и С.-Петербурга доказательства существования предшественницы Краснопресненской астрономической обсерватории – деревянной обсервато-

рии на главном здании МГУ, созданной в начале XIX в. усилиями попечителя Московского университета М.Н. Муравьева и уничтоженной вместе с инструментами пожаром в 1812 г.

Последним результатом деятельности Петра Владимировича в истории астрономии стало возрождение в значительной степени его усилиями (в творческом содружестве с членами Сектора истории астрономии ГАИШ, который он возглавлял на общественных началах) Обсерватории в старом здании ГАИШ на Пресне, превращенной ныне в уникальный музей по истории науки.

Образ замечательного ученого П.В. Щеглова был бы неполным без упоминания о его широкой популяризаторской деятельности, начатой еще в студенческие и аспирантские времена и продолжавшейся с неослабевающим энтузиазмом на протяжении всей его жизни.

В ГАИШ П.В. Щеглов уже с 1960 г. был старшим, с 1987 г. – ведущим и, наконец, с 1993 г. – главным (высшая научная должность) научным сотрудником, в 1988–93 гг. – заведующим лабораторией, с 1992 г. – профессором. Он неоднократно выезжал за границу на научные конференции, активно работал в 1958 г. в Оргкомитете X съезда Международного астрономического союза (МАС), проходившего в Москве в МГУ.

Петр Владимирович в самых различных ситуациях бескомпромиссно отстаивал интересы Университета, Института, своего Сектора, каждого из своих учеников и сотрудников. Самая светлая память об этом незаурядном, ярком, глубоким в своих познаниях и вместе с тем скромном и по-настоящему добром человеке навсегда останется в памяти его детей, друзей, коллег, учеников, студентов.

## Внеатмосферные исследования в лаборатории Г.М. Никольского

Р. А. ГУЛЯЕВ,  
кандидат физико-математических наук  
Институт земного магнетизма,  
ионосферы и распространения радиоволн РАН

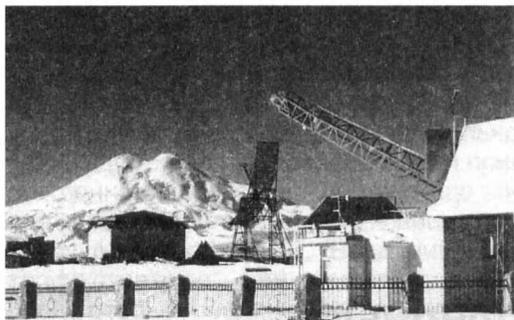
В 1969 г. в Институте земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН) в составе Отдела физики Солнца была образована Лаборатория солнечной активности. Фактически она возникла значительно раньше. В 1958 г. в ИЗМИРАН пришел молодой талантливый ученый Геннадий Михайлович Никольский (1929–1982). Вокруг него быстро сформировалась группа научных сотрудников, в основном недавних выпускников Московского университета, которая и составила ядро будущей лаборатории. В 1969 г. Г.М. Никольский официально возглавил новую лабораторию. Автор настоящей статьи, работающий в ИЗМИРАНе с 1957 г., также вошел в группу, а затем и лабораторию Никольского.

Одним из важнейших направлений деятельности лаборатории стало исследование солнечной короны и межпланетной среды. Как известно, изучение солнечной короны началось в середине XIX в. после появления фотографии и внедрения методов спектрального анализа в практику астрономических наблюдений. Вплоть до 30-х гг. XX в. единственным источником информации о

солнечной короне оставались наблюдения полных солнечных затмений. Изобретение французским астрономом Бернаром Лио **внезатменного коронографа** (1930 г.) позволило начать наблюдения короны независимо от затмений. Отметим, что крупнейший в мире коронограф системы Лио с диаметром объектива 53 см и фокусным расстоянием 8 м сконструирован и изготовлен под руководством Г.М. Никольского. Первые Большие коронографы были установле-



*Геннадий Михайлович Никольский у спектрографа. 1963 г. Фото автора.*



*Большой внезатменный коронограф ИЗМИРАН–ГАО (справа). На заднем плане – г. Эльбрус. Фото автора.*

ны в 1966 г. на Горной астрономической станции близ Кисловодска (коронограф ИЗМИРАН–ГАО) и на Саянской обсерватории СибИЗМИР (Земля и Вселенная, 1967, № 4).

К сожалению, коронографы системы Лио позволяют наблюдать только внутреннюю корону в наиболее ярких спектральных линиях. Внешняя корона остается недоступной для наземных оптических наблюдений вне затмений. Поэтому лаборатория солнечной активности уделяла большое внимание наблюдениям полных солнечных затмений. Упомяну лишь два наиболее важных результата, полученных сотрудниками лаборатории в 1960–70-е гг.

**Спектральные наблюдения короны**, выполненные во время затмения 30 июня 1973 г., окончательно доказали, что горячее корональное вещество проникает глубоко внутрь хромосферы. Фактически, корона начинается в непосредственной близости от фотосферы, на высоте около 2000 км. Наиболее точные поляризационные наблюдения, проведенные во время нескольких затмений, позволили получить сведения о трехмерной структуре короны. В частности, впервые было обнаружено искривление больших корональных лучей (“стримеров”) в направлении луча зрения.

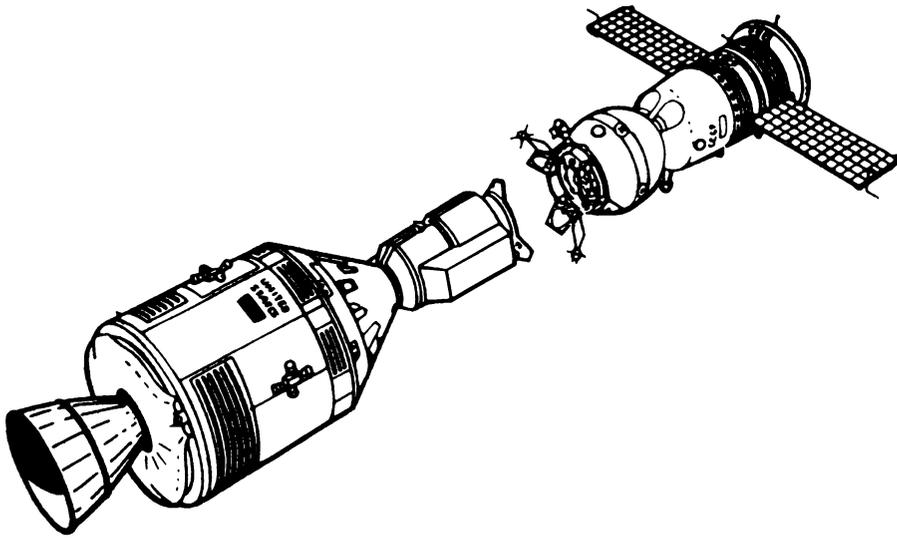
Но полные солнечные затмения случаются редко (в среднем одно затмение за полтора года) и при этом большей частью – за пределами нашей страны. Последнее обстоятельство затрудняло проведение наблюдений. Так, за 18 лет между затмениями 30 июня 1973 г. в Африке и 11 июля 1991 г. в Мексике не было ни одной советской экспедиции для

наблюдения подобного явления за рубежом. В лаборатории Никольского велись интенсивные поиски нетрадиционных способов наблюдений короны и других объектов в околосолнечном пространстве. В частности, большие надежды возлагались на наблюдения с пилотируемых космических кораблей. С этой целью автор настоящей статьи прошел подготовку в составе отряда космонавтов Академии наук СССР.

В апреле 1965 г., через четыре года после космического полета Ю.А. Гагарина, президент АН СССР М.В. Келдыш принял решение о формировании **отряда космонавтов-исследователей Академии наук**. В отряд предполагалось включить специалистов по астрономии, физике, биологии. Руководству ряда научных институтов и вузов было предложено подготовить списки кандидатов для отбора в космонавты. Осенью 1966 г. в Научно-исследовательском авиационном госпитале в Сокольниках соискатели прошли медицинское обследование. В результате жесткого отбора осталось четыре претендента.

Наконец в мае 1967 г. был подписан приказ о формировании первой группы космонавтов Академии наук СССР. В группу вошли Р.А. Гуляев (астроном), В.Г. Ершов (математик), О.П. Коломийцев (радиофизик) и М.Н. Фаткуллин (радиофизик). В.Г. Ершов работал под руководством М.В. Келдыша в Институте прикладной математики. Предполагалось, что он станет участником лунной программы. Остальные три члена группы – сотрудники ИЗМИРАН – должны были готовиться к исследованиям Солнца и солнечно-земных связей на орбитальных станциях. Командиром группы был назначен профессор Г.П. Катус, прошедший подготовку к полету на корабле “Восход” (дублер К.П. Феоктистова).

В конце мая 1967 группа приступила к занятиям в Центре подготовки космонавтов в Звездном городке. За год с небольшим она прошла полный курс обще-



*Расположение кораблей "Союз-19" и "Аполлон" перед стыковкой и после расстыковки. Рисунок NASA.*

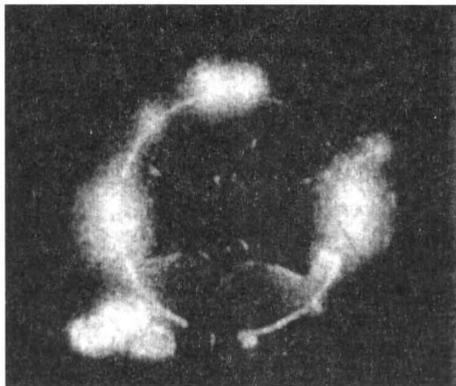
космической подготовки, включающий, помимо теоретических занятий, большой комплекс тренировок: на центрифуге, в барокамере, сурдокамере, полеты на истребителе МиГ-15 (в том числе испытания на невесомость), прыжки с парашютом и т.д. В июле 1968 г. основной курс подготовки был закончен. Впоследствии кандидатов вызывали на повторные медицинские обследования. Но, по-видимому, Академия наук утратила интерес к своей группе космонавтов, и нас постепенно списали якобы по медицинским показаниям. Дольше всех, до 1974 г., продержался В.Г. Ершов (все-таки сотрудник М.В. Келдыша), но и он не прошел очередную медицинскую комиссию в Институте медико-биологических проблем.

В 1974 г. первая и до сих пор единственная группа космонавтов Академии наук СССР прекратила свое существование<sup>1</sup>. Тогда в лаборатории Никольского стали задумываться о том, как привлечь действующих космонавтов к проведе-

нию внеатмосферных исследований. Скоро представился благоприятный случай. В мае 1972 г. Председатель Совета министров СССР Н.А. Косыгин и Президент США Р. Никсон подписали "Соглашение о сотрудничестве в исследовании и использовании космического пространства в мирных целях". Одним из основных пунктов Соглашения была договоренность о создании совместимых средств сближения и стыковки советских и американских космических кораблей и станций. Для испытания таких средств на 1975 г. запланировали совместный экспериментальный полет кораблей "Союз" и "Аполлон" (проект ЭПАС).

Было решено не ограничиваться выполнением основной технической задачи, ЭПАС (испытание совместимых средств сближения и стыковки), а провести также ряд совместных научных исследований. На конкурс заявок Лаборатория солнечной активности ИЗМИРАН представила проект эксперимента "Искусственное солнечное затмение", предложенный Г.М. Никольским и А.И. Симоновым, сотрудником ЦКБЭМ (ныне РКК "Энергия" им. С.П. Королёва). Эксперимент должен был моделировать полное солнечное затмение, при котором роль

<sup>1</sup> О перипетиях создания отряда космонавтов Академии наук СССР можно прочитать в энциклопедии "Советские и российские космонавты: 1961–2000". М., Изд. дом "Новости космонавтики", 2001.



Снимок участка неба вокруг КК "Аполлон", сделанный с корабля "Союз-19" в ходе эксперимента "Искусственное затмение Солнца". Видно яркое дифракционное кольцо вокруг "Аполлона". Угловой диаметр кольца равен 6 диаметрам Солнца (выдержка 0.16 с в момент, когда расстояние между кораблями составляло 58 м). Фото ИЗМИРАН.

Луны отводилась кораблю "Аполлон". С борта корабля "Союз" планировалось получить серии фотоснимков солнечной короны, а также "атмосферы" вокруг КК "Аполлон" в условиях искусственного затмения Солнца. Проект преследовал прежде всего методическую цель: экспериментальную проверку новых методов исследования солнечной короны и "атмосферы" космического корабля.

По итогам конкурса, на который было подано свыше 100 заявок (большая часть из США), для проведения совместных исследований отобраны следующие проекты: МА-148 Искусственное солнечное затмение, МА-147 Зонаобразующие грибки, АР-002 Микробный обмен, МА-150 Универсальная печь, МА-059 УФ-поглощение (измерение концентрации атомов кислорода и азота в верхней атмосфере на высоте полета), МА-014 Электрофорез. Как видим, лишь один эксперимент (МА-148) имел астрономическую направленность и один (МА-059) – геофизическую. Проект Г.М. Никольского и А.И. Симонова "Затмение" не только успешно прошел конкурсный отбор, но и был признан самым интересным и оригинальным. Научным руководителем эксперимента был утвержден профессор Г.М. Никольский, представителем американской стороны – доктор Р.Т. Джули.

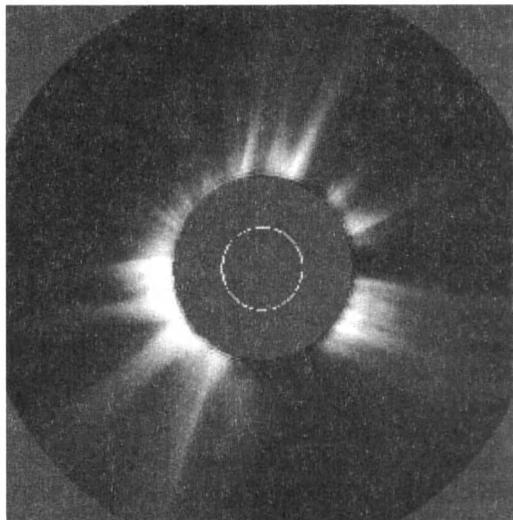
Расскажем о том, как проходил эксперимент **"Искусственное солнечное затмение"**. В течение двух суток корабли "Союз-19" и "Аполлон" совершали совместный полет в состыкованном состоянии. Перед расстыковкой связка ко-

раблей ориентировалась продольной осью в направлении на Солнце, при этом "Аполлон" находился со стороны Солнца. В заданный момент времени произошло разделение кораблей, и они начали расходиться с относительной скоростью около 1 м/с. "Аполлон" закрыл собой Солнце, создавая для наблюдателя на "Союзе" условия искусственного солнечного затмения. Корабли удалились друг от друга на 225 м. При таком расстоянии для наблюдателя на "Союзе" угловые размеры искусственной Луны (корабля "Аполлон") вдвое превысили размеры солнечного диска и, следовательно, осталась открытой внешняя корона начинающая с расстояния около  $2R_{\odot}$  от центра диска. После этого корабль "Аполлон" вновь приблизился к "Союзу" для повторной стыковки. Во время искусственного затмения Солнца с корабля "Союз" велось фотографирование солнечной короны с помощью 70-мм автоматической фотокамеры, снабженной блоком программного управления. Поле зрения кадра –  $30^{\circ} \times 30^{\circ}$ , выдержка – от 0.16 до 11 с.

На период проведения орбитального эксперимента были предусмотрены синхронные наземные наблюдения солнечной короны в высокогорных условиях. Для этой цели изготовлен легко транспортируемый внеатмосферный коронограф и подготовлена небольшая экспедиция, расположившаяся на склоне горы Эльбрус в районе "Приюта одиннадцати" (на высоте 4200 м).

15 июля 1975 г. с космодрома Байконур стартовал корабль "Союз-19" с космонавтами А.С. Леоновым и В.Н. Кубасовым на борту. Через несколько часов с космодрома Канаверал поднялся корабль "Аполлон" с астронавтами Т. Стаффордом, В. Брандом и Д. Слэйтоном. 17 июля, после двух суток автономного полета, корабли состыковывались. Экспери-

Снимок солнечной короны, полученный 11 августа 1999 г. с помощью коронографа LASCO-C2 на борту космической обсерватории "SOHO". Внутренняя окружность соответствует угловым размерам Солнца. Фото ESA-NASA.



мент "Искусственное солнечное затмение" успешно проведен 19 июля после первой расстыковки кораблей. Фото-съемку вел В.Н. Кубасов (Земля и Вселенная, 1975, № 4; 1976, № 1).

Экспонированная фотопленка (Kodak HS-2485) была проявлена в ИЗМИРАНе Г.М. Никольским и И.С. Ким. Анализ снимков показал, что кадры с выдержками 1–11 с засвечены. Виной тому – свет, шедший из кабины КК "Союз-19" (от светящихся инструментальных панелей управления) и рассеивавшийся в стекле иллюминатора, через который велась съемка. Оптимальные результаты получены при выдержках 0.16 и 0.33 с. На таких снимках хорошо видно узкое светящееся кольцо вокруг "Аполлона", обусловленное дифракцией солнечного света на поверхности корабля. Видны также области свечения, относящиеся к "атмосфере" вокруг корабля. На оригинальных негативах выявлена F-корона как диффузное свечение, концентрирующееся к эллиптике. Корональные лучи не видны, т.к. яркость фона, связанного с рассеянием света, оказалась значительно выше ожидаемой.

Пионерский эксперимент "Искусственное солнечное затмение" дал ценный методический материал, использованный в дальнейшем при разработке новых приборов для внеатмосферных наблюдений солнечной короны. За годы, прошедшие после эксперимента "Затмение", техника внеатмосферных наблюдений ушла далеко вперед. Сейчас есть возможность проследивать корональные лучи в белом свете до очень больших расстояний от Солнца. Особенно впечатляют результаты, получаемые с борта космической обсерватории "SOHO", запущенной в декабре 1995 г. (Земля и Вселенная, 1997, № 2). На КА "SOHO" установлены, в частности, два коронографа, имитирующие затмение Солнца.

Один из них (LASCO-C2) дает изображение лучистой солнечной короны до гелиоцентрического расстояния  $6R_{\odot}$ , другой – (LASCO-C3) – вплоть до расстояния  $30R_{\odot}$  (Земля и Вселенная, 2001, № 2).

Однако вернемся в 1970-е гг. 29 сентября 1977 г. на околоземную орбиту была выведена пилотируемая орбитальная станция "Салют-6". 11 декабря этого же года на ней приступила к работе первая основная экспедиция в составе Ю.В. Романенко и Г.М. Гречко. В начале 1978 г. они визуально обнаружили новое атмосферное явление: **диффузное неоднородное свечение ночной атмосферы**, появляющееся над экваториальными областями. Наблюдатели назвали это свечение "вторым слоем", в отличие от "первого слоя" – известного перманентного свечения ночной атмосферы на высоте около 100 км. Следы подобного свечения ("второго слоя") ранее отмечали также П.И. Климук и В.И. Севастьянов, работавшие на станции "Салют-4".

По предложению А.И. Симонова к исследованиям нового явления подключился Г.М. Никольский, составивший программу дальнейших наблюдений. По этой программе Г.М. Гречко и Ю.В. Романенко провели в марте 1978 г. фотографические наблюдения "второго слоя". Применялась фотокамера "Киев-4" со светосильным объективом "Юпитер-8". Съемка велась на изопанхроматичес-

кую фотопленку Kodak HS-2485 с выдержками от 30 до 60 с. Фотопленку доставила на станцию экспедиция посещения (космонавты А.А. Губарев и В. Ремек). Фотометрический и морфологический анализ негативов, выполненный в Лаборатории солнечной активности, показал: "второй слой" ("**ночное экваториальное кольцо**"), располагается над геомагнитным экватором на высотах ионосферной области F; максимум ионов – на высоте около 300 км; протяженность слоя – более 100 км; яркость составляет в среднем  $10^{-12}$  яркости Солнца. Г.М. Гречко и Ю.В. Романенко сделали несколько снимков зодиакального света. Анализ результатов этих наблюдений был проведен с участием исследователя зодиакального света профессора Н.Б. Дивари.

В мае–июле 1979 г. **фотографические наблюдения "второго слоя"** продолжил В.В. Рюмин, прибывший на станцию "Салют-6" в составе третьей основной экспедиции (командир экипажа В.А. Ляхов). На этот раз использовалась цветная обратимая фотопленка, что позволило определить спектральный состав свечения. Был сделан вывод, что свечение "второго слоя" обусловлено главным образом излучением атомов кислорода в красных запрещенных линиях  $\lambda$  6300 и  $\lambda$  6364 Å. Что касается первого слоя (ионосферная область E), то в его свечении преобладает зеленая запрещенная линия кислорода  $\lambda$  5577 Å.

Особенно ценные материалы по "второму слою" получены В.В. Рюминым в 1980 г., во время его второго длительного пребывания на "Салюте-6" (четвертая основная экспедиция). Фотографирование проводилось через широкоугольный светосильный объектив на цветную обратимую пленку Kodak Ektachrom-400, а также на цветную и черно-белую негативные пленки с выдержками от 30 до 300 с. Детальный фотометрический анализ полученных цветных снимков выполнил аспирант Г.М. Никольского, И.А. Немыанович.

19 апреля 1982 г. на орбиту была выведена пилотируемая научная станция "Салют-7". К полету на станцию готовились французские космонавты Ж.-Л. Кретъен и П. Бодри. Это обстоятельство послужи-

ло поводом для подготовки совместных советско-французских научных исследований на борту станции. Программа, разработанная под эгидой Совета "Интеркосмос" и Национального центра космических исследований Франции, включала астрофизические и геофизические наблюдения, медико-биологические исследования и технологические эксперименты.

Остановимся на одном пункте программы, к которому Лаборатория солнечной активности имела прямое отношение. Для исследований, проводившихся на станции "Салют-6", был подготовлен эксперимент "**Фотографирование ночного неба**", получивший сокращенное обозначение ПСН ("Photographie du Ciel Nocturne"). Научные руководители эксперимента – Г.М. Никольский и сотрудник Парижского астрофизического института доктор С. Кучми. Использовалась модифицированная фотокамера Nikon со сменными объективами и гидрирующим устройством на альтазимутальной монтировке.

Советско-французская экспедиция посещения – В.А. Джанибеков, А.С. Иванченков и Ж.-Л. Кретъен – находилась на борту станции "Салют-7" с 26 июня по 1 июля 1982 г. Экипаж основной экспедиции состоял в это время из двух человек: А.Н. Березового и В.В. Лебедева. В выполнении программы ПСН участвовали пять космонавтов. За несколько дней наблюдений получено большое количество превосходных цветных фотоснимков зодиакального света, свящейся ионосферы, полярных сияний и других объектов (Земля и Вселенная, 1982, № 5). Особый интерес представляет уникальная фотография (получена 30 июня 1982 г. В.А. Джанибековым), показывающая стратификацию излучения первого эмиссионного слоя. В его верхней части (высота около 100 км) располагается подслой с преимущественным излучением атомов кислорода в зеленой линии  $\lambda$  5577 Å. Ниже (~85 км) отчетливо виден еще один подслой желтого цвета; этот цвет свидетельствует о преобладании резонансного излучения атомов натрия (дублет  $\lambda$  5990 и  $\lambda$  5996 Å). Снимки дают прямую картину вертикального



*Зодиакальный свет, увиденный с борта станции "Салют-7". Яркое светило в вершине светящегося конуса – Венера. Фото ИЗМИРАН.*

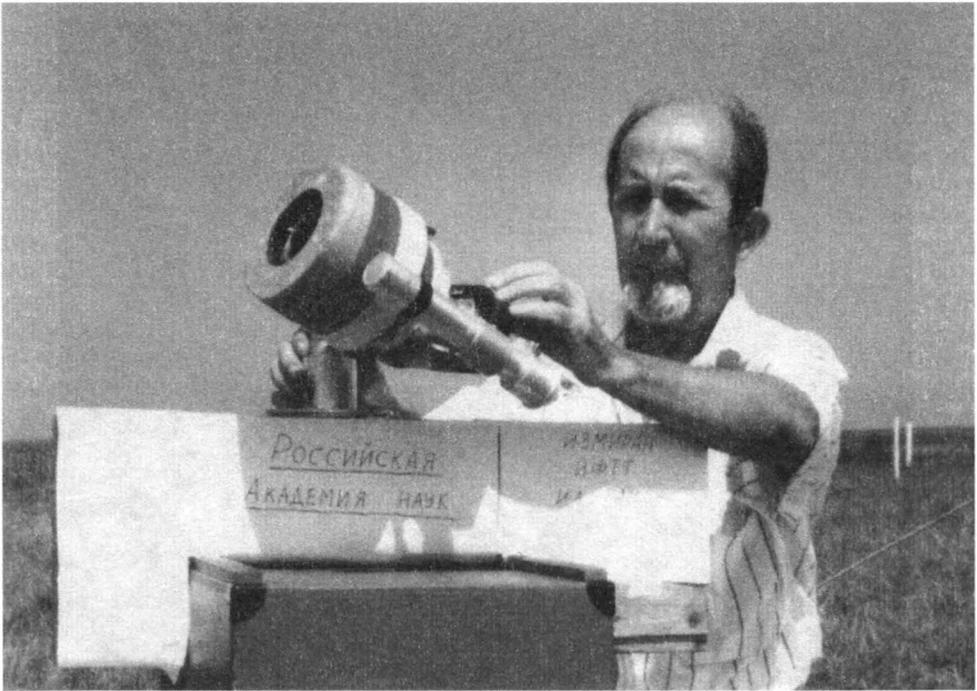
разреза свечения ночной ионосферы, недостижимую при наземных наблюдениях.

Обратим внимание на снимок зодиакального света. В вершине конуса видна планета Венера. В этот период она находилась на максимально возможном угловом расстоянии от эклиптики. Фотометрический анализ снимка показал, что плоскость симметрии зодиакального пылевого облака в межпланетном про-

странстве не совпадает с плоскостью эклиптики, а отклонена от нее на  $3^\circ$  в сторону плоскости орбиты Венеры<sup>2</sup>. После кончины Г.М. Никольского сотрудничество лаборатории с космонавтами постепенно прекратилось.

Какие новые **астрономические задачи** могут быть решены в будущем с привлечением пилотируемой космонавтики? Одна из возможных задач связана с исследованием межпланетной среды, находящейся в непосредственной близости к Солнцу. Твердое вещество (межпланетная пыль, потоки метеороидов, ядра комет типа "царапающих"), проникающее в ближнее околосолнечное пространство, подвергается интенсивной

<sup>2</sup> Подробное описание астрофизических и геофизических исследований, выполненных на борту станции "Салют-7", можно найти в статье Г.М. Никольского (Земля и Вселенная, 1983, № 2).



сублимации благодаря нагреву солнечным излучением. При этом образуются свободные атомы и низкозарядные ионы, которые могут быть обнаружены по их резонансному излучению. В видимой области спектра есть, например, резонансные линии кальция, натрия и ряда других элементов. Во время полного солнечного затмения 26 февраля 1998 г. на о. Гваделупа автор совместно с профессором П.В. Щегловым (ГАИШ МГУ) впервые обнаружил резонансное свечение ионов кальция, связанное с сублимацией твердого вещества на гелиоцентрических расстояниях от 5 до 20  $R_{\odot}$ . Для наблюдений использовалась интерферометрическая камера с эталоном Фабри–Перо, настроенная на линию К ионизованного кальция.

Отметим, что исследование динамики и эволюции сублимирующего вещества вблизи Солнца имеет важное космогоническое значение, в частности для понимания процессов в молодых протопланет-

*Интерферометрическая камера для наблюдений резонансного излучения атомов, освобождающихся при сублимации твердого вещества вблизи Солнца. У прибора – Р.А. Гуляев. Снимок сделан перед затмением Солнца 11 августа 1999 г. в Болгарии. Фото автора.*

ных газопылевых системах, обнаруженных вокруг ряда звезд, например  $\beta$  Живописца. При дальнейшем исследовании процессов сублимации вокруг Солнца очень привлекательны резонансные линии нейтрального и ионизованного магния (космическое содержание этого элемента на порядок выше содержания кальция). Но резонансные линии магния расположены в спектральной области с длиной волны около 2800 Å, недоступной для наблюдений с поверхности Земли. В принципе, такие наблюдения могут быть проведены с пилотируемых кораблей и орбитальных станций.

## Глобальные круговороты литосферы

Р. К. БАЛАНДИН,  
геолог

---

**В геотектонике XX в. соперничали два направления. Одни тектонисты ("фиксисты") склонялись к тому, что в земной коре преобладают вертикальные перемещения, другие ("мобилисты") утверждали приоритет горизонтальных движений. Но существует объединяющая эти виды движения концепция круговоротов. Она давно укоренилась в географии, гидрологии, геохимии. Не пришла ли пора ввести ее и в геофизику?**

НА ПУТИ К ЕДИНОЙ ТЕОРИИ  
ЗЕМЛИ

Сложности создания **единой теории Земли** вытекают из комплекса геолого-географических проблем.

Гипсометрическая кривая (линия, обобщающая рельеф Земли) выявляет **две основные ступени:**

океаническую и материковую равнины. Палеогеографические и геологические реконструкции показывают, что эти ступени на протяжении геологической истории не только сохранялись, но и все более резко проявлялись.

Строение земной коры под океанами и на континентах различно. Континентальная кора более мощная, пестрая по составу, разбита на сравнительно небольшие глыбы и блоки. На континентах и в океанах наряду с пассивными областями (платформами) существуют области активных движений коры, сильных землетрясений и вулканизма.

**Сочленения материков и океанов** бывают геологически **активны** (вздымание гор, усиленная эрозия, землетрясения, вулканизм) и **пассивны**. К первым относятся почти все побережья Тихого океана, островные

дуги и так же линейно вытянутые глубоководные желоба. Геологически пассивны побережья Атлантики, берега Антарктиды и островов Северного Ледовитого океана.

Континентальные платформы в геологической истории расширялись. Общая масса континентальной коры возрастала. Расширялось и дно океанов. Во всяком случае для Атлантического и Индийского океанов это считается доказанным. Вероятно, увеличило свою площадь и дно Тихого океана.

Континенты перемещаются по горизонтали, как и отдельные острова, островные дуги, полуострова. Такие движения нередко фиксируются с помощью приборов. Споры специалистов обычно касаются только масштабов перемещений.

Земная кора прогибается под нагрузкой, а после

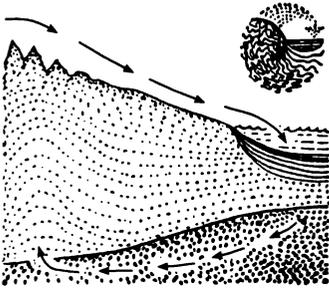


Схема геоморфологического круговорота (по Л. Кингу). Эрозия, перенос и накопление осадков компенсируются оттоком вещества из-под земной коры.

ее снятия стремится восстановить изостазию (равновесие). Однако геофизические приборы отмечают нарушения изостазии почти повсеместно на поверхности Земли. О равновесии отдельных блоков земной коры, подобном равновесию чашек весов, можно говорить лишь как об идеале.

Геохимические круговороты – характерная особенность миграции веществ

ва земной коры. Доказано неоднократное пребывание ряда горных пород и минералов на земной поверхности и погружение их в недра. Но геофизики и геоморфологи очень редко предполагают возможность круговорота каменной оболочки планеты, признавая в то же время, что **солнечное излучение**, поступающее на поверхность планеты, **абсолютно господствует над всеми другими источниками энергии**.

Мы видим, насколько сложны и противоречивы имеющиеся данные. Как свести их воедино? Ни одна из существующих геотектонических концепций не может претендовать на это. Каждая отражает лишь некоторые аспекты реальности. Синтез этих гипотез и теорий невозможен: порой они просто несовместимы. Требуются новые идеи. Одна из них – **концепция круговорота литосферы**.

#### МЕХАНИЗМ ГЕОСФЕР

В существовании круговоротов каменной оболочки планеты вряд ли можно сомневаться. Известно, что отдельные участки земной коры колеблются вертикально. Кроме того, доказаны перемещения отдельных блоков по горизонтали на десятки и даже сотни километров. Если объединить вертикальные и горизонтальные движения, то получится круговорот – движение по замкнутому кругу.

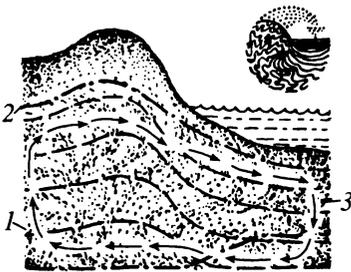
Известно также, что значительная часть гор-

ных пород сначала формировалась на земной поверхности или на морском дне. Побывав в глубоких недрах, они видоизменились (прошли различные стадии метаморфизма) и вновь оказались у поверхности Земли. Следовательно, эти породы принимали участие в круговороте литосферы.

В гипотезе глобальной тектоники плит предполагается нечто подобное такому круговороту. Плита земной коры океанического типа, как полагают, “подныривает” под континентальную плиту, достигая значительных глубин, начинает плавиться и, прорываясь по трещинам вверх, изливается на поверхность в виде вулканических лав.

Назвать этот гипотетический процесс круговоротом можно только условно, потому что не учитывается дальнейшая судьба излившихся масс. Авторы гипотезы словно забывают, что на земной поверхности происходят активные процессы, вызванные действием главного энергетического фактора – лучистой солнечной энергии. Она приводит в непрерывное движение атмосферу и природные воды, активизирует живые организмы, в результате чего разрушаются и видоизменяются горные породы, залегающие близ земной поверхности, а минеральные массы переносятся на значительные расстояния.

Согласно **плитотектонике**, у активных окраин материков, где взаимодействуют океанические и кон-



Круговорот литосферы (по Д.Ф. Бончковскому): 1 – изотермы; 2 – изобары; 3 – направление течения вещества.

тинентальные плиты, вулканы должны бы изливать переплавленную океаническую кору. Однако изливаются почти исключительно продукты, характерные для коры континентального типа.

Плитотектоника никак не объясняет глобальную геологическую закономерность: существование в истории Земли двух принципиально разных типов земной коры – континентальной и океанической. Если бы природа реализовала предполагаемый процесс “подныривания” одних геоплит под другие, то со временем происходило бы их перемешивание. Или, в другом варианте, на земном шаре присутствовали бы постоянные зоны выноса глубинного вещества. Нечто подобное, вероятно, происходило в рифтовой зоне, пересекающей в направлении меридиана дно Атлантического океана.

Каким образом могли возникнуть и устойчиво существовать миллиарды лет подобные зоны? Какие силы могут постоянно выносить из глубин гигантские массы вещества? На эти вопросы тектоника плит дает лишь гипотетические ответы. А гипотеза, основанная на гипотезе, двойное сомнительна.

Механизм круговоротов литосферы в рамках глобальной плитотектоники не имеет сколько-нибудь убедительного обоснования. Да и само “наполнение” одной геоплиты на другую – явление чрезвычайно сомнительное. Никакими расчетами оно не подтверждается. Ему должны воспре-

пятствовать гигантские силы трения, ведь речь идет об огромных по массе каменных массивах, которые только на схемах выглядят скромно.

Учтем и практически невероятный процесс погружения сравнительно легкой океанической коры в значительно более плотную, очень вязкую массу верхней мантии. Кстати, океанические желоба, находящиеся в зонах “наползания”, являются областями растяжения земной коры, а не сжатия. Это обстоятельство никак не предвидели сторонники плитотектоники.

Какой же механизм круговоротов литосферы можно предложить? И как его обосновать?

Вспомним о существовании доказанного фактами подъема (“всплывания”) блоков земной коры, с которых снята значительная нагрузка. До сих пор продолжают подниматься территории Скандинавии и Северной Америки, на которых 12–15 тысячелетий назад находились гигантские ледники. Постоянно растут молодые горные массивы, которые в то же время активно разрушает эрозия.

Представим себе **поднятый геоблок** близ окраины материка. Он постоянно разрушается под действием воды, ветра и смены температур; продукты растворения или разрушения переносятся на материковую окраину. Такова первая предпосылка формирования круговорота литосферы. Разрушающийся и постоянно теряющий вес геоблок бу-

дет всплывать, а тот, на котором скапливаются продукты разрушения и переноса, – опускаться под дополнительной тяжестью. Надо учесть и сложные геохимические процессы, происходящие на земной поверхности, в недрах земной коры (при участии воды) и в живых существах. Суть их в том, что на земной поверхности происходит аккумуляция солнечной энергии. Этому способствует уже одно физическое дробление пород, при котором резко возрастает химическая активность вещества, определяемая поверхностными силами. Кроме того, “работают” **геохимические аккумуляторы**, о которых писал академик Н.В. Белов. (Под воздействием солнечных лучей образуются минералы с повышенной внутренней энергией благодаря сложной структуре и увеличению межатомных расстояний в кристаллических решетках.) Опускаясь в недра земной коры, минералы под действием давления и высоких температур перекристаллизуются (в этом процессе активно участвует вода) и “разряжают” **накопленную солнечную энергию**.

Подобные процессы, в которых принимают участие и продукты жизнедеятельности, осуществляют геохимический обмен веществ и энергии в литосфере. Поэтому взаимодействие геосфер только в первом приближении можно считать механизмом. В действительности это – **организм биосферы**,

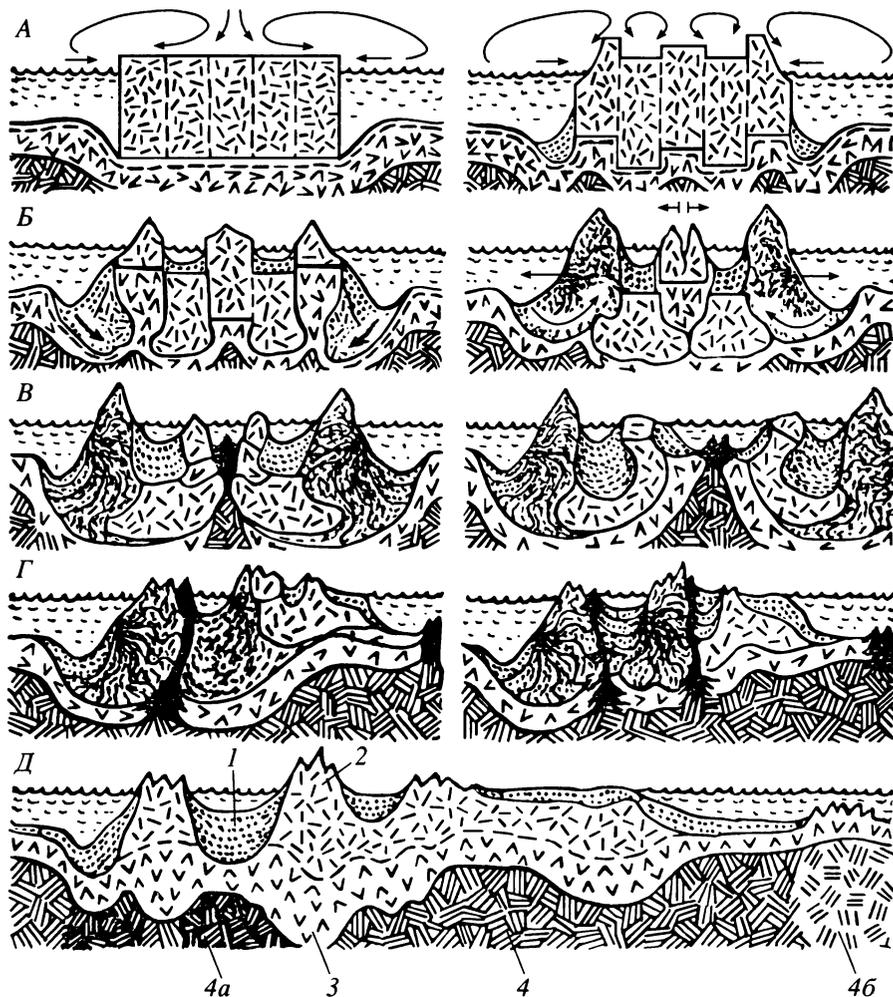


Схема изодинамики. Стрелки показывают: А – направления активной эрозии; Б – круговороты литосферы и направления горизонтального перемещения полуплиты континента; В – разрыв континента и зарождение рифтовой зоны; Г – эволюция одной полуплиты; Д – обобщенный разрез земной коры: 1 – осадки; 2 – гранитоиды; 3 – базальтоиды; 4 – породы верхней мантии: 4а – уплотненные; 4б – разуплотненные.

низмов планеты (“живое вещество”, по В.И. Вернадскому).

Хорошим индикатором химической активности механизма геосфер служат живые существа. Они тяготеют к активным точкам биосферы (области жизни) – речным долинам, эстуариям, шельфам, предгорным впадинам.

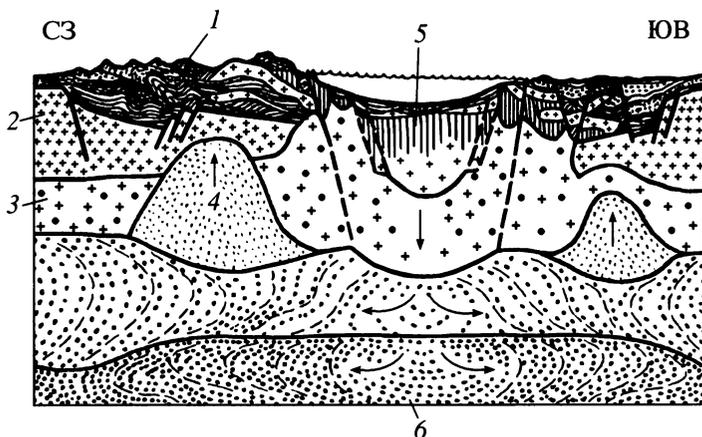
стью 1 м за 10 тыс. лет (твёрдый сток, растворы, воздушная эрозия), а обобщенная береговая линия отступает (морская абразия) со скоростью 10 м за 10 тыс. лет (по Л.Г. Бондареву).

Если соотнести имеющиеся цифры с геологическими масштабами времени, механизм геосфер за 6–8 млн. лет (краткий отрезок геологической истории!) полностью уничтожит, срежет выступающий над водой континент. Действие будет перенесе-

не менее сложный, чем у любого животного или растения. Тем более что он включает в себя всю совокупность живых орга-

ИЗОДИНАМИКА

По расчетам, обобщенная поверхность материка разрушается со скоро-



Разрез через Средиземное море (по ван Беммелену): слева – Испания, справа – Северная Африка. 1 – осадочные породы; 2 – кристаллический фундамент; 3 – гранитоиды; 4 – гранитоидная магма; 5 – офиолиты (породы верхней мантии); 6 – ультраосновные породы.

но под уровень океана, здесь не столь быстро, но все-таки закончится общее выравнивание поверхности земной коры.

Таков **тулик статической схемы**, но не итог развития рельефа Земли. Что будет происходить с нашей моделью при работе механизма геосфер? Начнется переработка и перенос материала с континента на океаническую окраину. Через определенный отрезок времени механизм геосфер основательно сточит континентальную плиту преимущественно по краям, где объединяются силы текучих вод, воздушных потоков и морского прибоя. Здесь наибольший перепад высот поверхности земной коры: от вздымающихся на суше гор до глубоководных впадин океана.

Все это существенно нарушает взаимное равновесие отдельных частей земной коры – изостазии. Другими словами, **изостатическая система превращается в изодинамическую**. Как ни странно, но о неизбежности такого перехода ученые обычно не говорят. Поэтому до сих пор в науках о Земле широко распространено понятие изостазии, но нет еще даже термина “изодинамика”, хотя для реальной Земли с постоянным действующим механизмом геосфер характерна именно она.

Под дополнительной нагрузкой земная кора на окраинах океана прогибается, одновременно вздымаются облегченные окраины континента. Взаимодействие сил, направленных вверх и вниз, регулируется “**эффектом поршня**”: поднимающиеся участки подтягивают вещество верхней мантии, которое отжимается из опускающихся участков. Возникает зона повышенного давления под опускающейся окраиной материка. Вязкая глубинная масса пере-

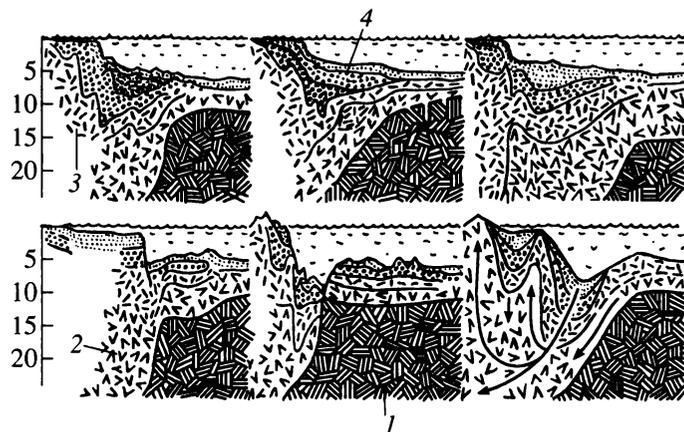
мещается из области высокого давления в область низкого. Следовательно, подкоровое вещество будет втягиваться под континентальную окраину.

Астеносфера – область пород пониженной вязкости, подстилающих земную кору, – слоиста. Чередование относительно жестких и пластичных слоев должно приводить к тому, что на вертикальные силы астеносфера отзывается подобно пружине, а горизонтально направленные силы, даже сравнительно слабые, будут легко сдвигать слои. Такой эффект можно наблюдать, складывая листы бумаги. Слишком высокая стопка станет расползаться под собственной тяжестью. Если листы будут уложены ровно, начнут сдвигаться и выдавливать нижние слои. В астеносфере слои находятся под большим давлением, как бы ожидая малейшего толчка к горизонтальному сдвигу.

#### ГЛОБАЛЬНАЯ БЛОКОТЕКТОНИКА

Концепция плитотектоники возникла и утвердилась благодаря успехам в исследовании океанического дна. Оно напоминает систему гигантских полей, подобных ледяным полям Северного Ледовитого океана. У этих плит сравнительно однообразное и простое строение (отчасти это может быть иллюзией, которая вызвана слабой геологической изученностью объектов). Континентальная земная кора уст-

Строение земной коры подводных окраин Северной Америки (по представлениям разных авторов). 1 – породы верхней мантии; 2 – базальтоиды; 3 – гранитоиды; 4 – осадочные породы. Справа внизу схема, основанная на гипотезе круговоротов литосферы.



роена несравненно сложнее и разбита на огромное количество геоблоков, имеющих неповторимую индивидуальность. Одна из наиболее обстоятельных и обоснованных классификаций такого рода принадлежит авторитетному геологу Л.И. Красному.

Если в самых общих чертах тектоника геоплит применима к строению и эволюции океанического дна, то для континентов приемлема **глобальная блоктектоника**. В ее основе – концепция круговоротов литосферы и изодинамики. При этом наибольшую геологическую активность проявляют именно геоблоки, открытые для поступления, аккумуляции и разрядки в недрах лучистой солнечной энергии. Самыми активными геотектоническими зонами являются те области на контактах океанической и континентальной коры, где благодаря наивысшей контрастности рельефа формируется гравитационная ступень, определяющая постоянное перемещение континентальных масс.

Итак, **взаимодействие вертикальных и горизонтальных сил на окраине континентов приводит к созданию круговоротов литосферы**. Низы земной коры и подкоровое веще-

ство перемещаются под континент. В зонах поднятия они направляются вверх и, достигнув земной поверхности, обрабатываются механизмом геосфер. Затем сносятся к континентальной окраине и вновь вовлекаются в подземный круговорот.

Центральная часть континента остается сравнительно пассивной. Земная кора здесь будет медленно эродировать, утончаться и стремиться к равновесию.

Известно, что континенты устойчиво существуют более миллиарда лет. Наименее активны центральные ядра континентов. Мощность коры здесь сравнительно невелика (обычно не более 40 км). Она бывает вдвое больше в молодых горных странах, например в Гималаях и на Памире. Правда, есть и неактивные в геологическом смысле сочленения материков с океанами (например, атлантические побережья). Для нашей модели подобные зоны появляются после раскола первичного континента надвое.

На месте раскола – кора древняя, маломощная, без круговоротов литосферы. Если Атлантический океан образовался в результате разрыва сверхконтинента и расползания его частей, то неудивительно, что побережья здесь преимущественно пассивны.

За счет подтока вещества из океанических окраин и подкорового субстрата при постоянном действии круговорота литосферы континентальная кора должна постоянно увеличиваться в мощности. В областях наибольшего погружения коры (в молодых активных зонах) ее мощность не превышает 80 км. Чем вызвано такое ограничение? По-видимому, расплыванием корней наиболее крупных утолщений земной коры под действием гравитационных сил. Попадая в сравнительно глубокие зоны, вещество земной коры обретает повышенную пластичность и начинает растекаться по кровле более плотных пород верхней мантии.

На континенте постоянно сосуществуют все три



Схема соотношения линейных складчатых областей и "пятен" стабильных древних платформ (штриховые линии) (по В.Н. Шолпо).

стадии развития рельефа (по У.М. Дэвису): старость – в центральной части, зрелость и молодость – на периферии. (Аналогия с деревом, где в нижней части сохраняются самые старые ветви, а кверху отрастают более молодые.)

Разнонаправленные вертикальные силы, действующие на континент, способствуют его деформации и расколу на более мелкие плиты. При достаточной активности краевых зон центральная часть материка может раздвигаться. На поверхность вырвется подкоровое вещество.

Подобные структуры растяжения на Земле известны: это рифтовые зоны. Они протягиваются вдоль Атлантики, как бы деля океан надвое, и уходят в Индийский океан. На континентах рифты известны в Европе (Прирейнская область), в Азии (Байкал), в Африке (Великие Африканские разломы,

Красное море). Часть рифтов – древние, заполненные осадками, часть – современные.

#### ЗЕМЛЯ КАК "ЗЕБРОЖИРАФ"

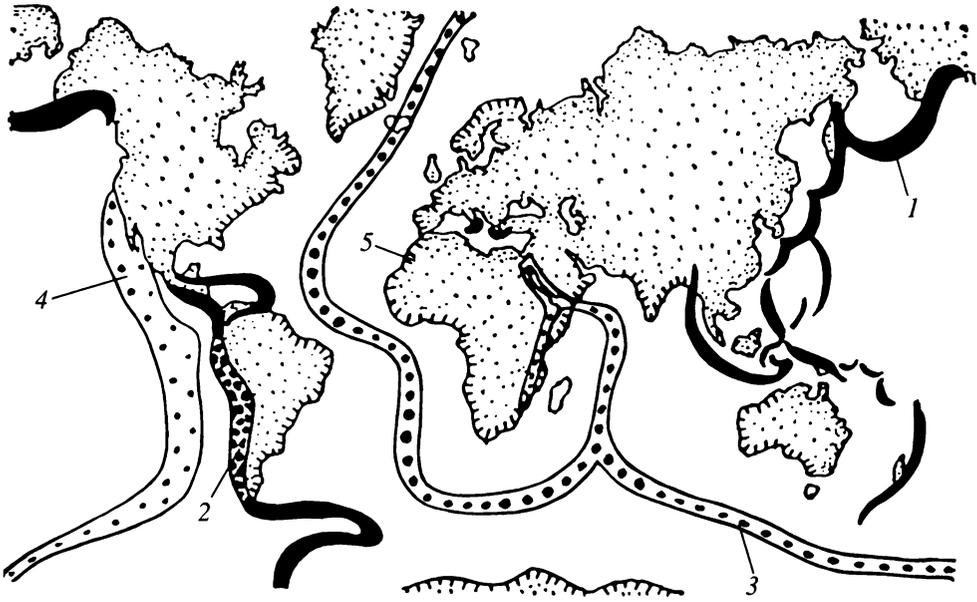
Один геофизик сказал известному геологу В.Н. Шолпо, что его устраивает тектоника плит, потому что геологическая карта планеты больше напоминает шкуру тигра, чем леопарда. Однако в действительности, как резонно отметил В.Н. Шолпо, на земной поверхности находятся и **пятнистые, и линейные (полосчатые) структуры**. На одних территориях преобладают первые, на других – вторые, а местами полосы и пятна перемежаются, образуя нечто подобное шкуре "тигропарда" или "зеброжирафа".

Существование полосчатых и пятнистых структур само по себе еще не свидетельствует в пользу какой-то одной гипотезы.

Для глобальной геотектоники принципиально важна разобщенность – деление на стабильные плиты и зоны смятия между ними или на их краях. А вот смешанные структуры типа "зеброжираф" объяснить с этой позиции нелегко. Приходится дробить плиты на все более мелкие части. Как известно, число плит варьирует от 7 до 100 и более.

Учтем еще одно обстоятельство. На обширных территориях континентов в прежние геологические эпохи находились линейно вытянутые структуры, вздымались горы и погружались межгорные впадины (т.е. существовали местные круговороты литосферы). Таким образом смешанные структуры весьма характерны для всей геологической истории. Пятнистые структуры свидетельствуют о сравнительно стабильных геоблоках, находящихся в изодинамическом равновесии. Полосчатые формы показывают, что здесь существуют круговороты литосферы.

Означает ли все это, что никаких горизонтальных перемещений крупных участков земной коры не происходит? Нет, конечно. Только речь идет не о движении неких плит, на которые достаточно произвольно разбивают всю земную поверхность. Допу-



Расположение островных дуг (1); выделены области Анд (2), срединные хребты (3), Восточно-Тихоокеанское поднятие (4), побережья атлантического типа (5), по Ю.М. Шейнманну. Предполагаемые зоны активных круговоротов литосферы – 1 и 2.

стимо говорить о перемещении именно континентальных участков (возвращение отчасти к теории А. Вегенера).

...Рассуждая о тигропардах и зеброжирафах, мы имели в виду только континентальные территории. А как же быть в этом отношении с дном Мирового океана?

Если обратиться к соответствующей карте, то нам представится картина, напоминающая – продолжим зоологические сравнения – кожу слона. В самом деле, структура дна океанов напоминает систему плит, подобную ледяным полям Се-

верного Ледовитого океана. Карты тектонических структур дна Мирового океана представляют собой утрированную схему, чрезвычайно далекую от реальности. Трещины, разломы на ней преувеличены по ширине. Только срединные океанические хребты представляют собой геологически активные зоны. Есть ли там круговороты литосферы, сказать трудно. Но в любом случае очевидно, что не только по составу, но и по структуре океанические геоплиты резко отличаются от континентальных геоблоков. Соединять их вместе в пределах одной плиты, как это делают сторонники тектоники плит, нет никаких оснований.

#### ГЕОХИМИЯ ПРОТИВ ГЕОФИЗИКИ?

Гипотеза круговоротов литосферы вполне соответствует учению В.И. Вер-

надского о биосфере, а также основам геохимических моделей земной коры. Она показывает, как лучистая энергия Солнца может принимать активное участие в геотектонических процессах и каким образом геохимические круговороты биосферы могут быть сопряжены с движениями геоблоков.

Напротив, гипотеза глобальной тектоники плит опирается на очень сомнительное предположение о существовании круговоротов плотных масс вещества верхней мантии, а значит, максимальной энергетической активности глубоких планетных недр, что не подтверждено фактами. Эта геофизическая схема не соответствует и геохимическим данным о резком различии коры океанического и континентального типов. Кстати сказать, уникальные материалы, добытые в про-

цессе бурения Кольской сверхглубокой скважины не подтвердили простейшую модель "плитчатого" трехслойного строения континентальной земной коры, предполагавшегося на основе геофизических данных.

Хотелось бы надеяться, что геология XXI в. преодолеет долгий застой, вызванный господством глобальной плитотектоники, которую неко-

торые из восторженных поклонников окрестили революционным переворотом в науках о Земле. Но в том-то и дело, что она не предполагает круговоротов литосферы, не отвечает тем геологическим и геохимическим критериям, на основе которых в нашей стране были в кратчайшие сроки и в труднейших условиях открыты многие тысячи месторождений полезных ис-

копаемых. Все это невозможно было бы осуществить без надежного научного фундамента.

Идея круговоротов литосферы не требует отмены никаких классических геологических теорий, включая теорию А. Вегенера. Она дополняет их и приводит в соответствие с фактами, добытыми во второй половине XX в.

---

## *Информация*

---

### **Грязевые вулканы на дне Средиземного моря**

В ряде регионов земного шара встречаются достаточно крупные конические холмы (высотой до метра) с кратерами-воронками на вершине. По уходящему в глубину каналу на поверхность выходят газы и вода, смешанные с грязью. Иногда этот процесс сопровождается бурными взрывами, похожими на извержения обычных

вулканов, только в уменьшенном масштабе. Геологи называют их грязевыми вулканами.

Они возникают в результате мощного сжатия мелкозернистых пород (чаще всего глины), насыщенных водой. Плотная полужидкая "каша" выдавливается наверх, а по склону ее стекает пузырящийся поток, напоминающая вулканическую лаву. Со временем формируется множество метровых куполов и куч слежавшейся грязи, нередко пронизанных нефтяными продуктами. Замечено, что чаще всего грязевые вулканы можно найти там, где в недрах активно идет процесс субдукции (погружение плит земной коры в недра планеты).

В последнее время много грязевых вулканов обнаружено

и закартировано на дне восточной части Средиземного моря. В этом районе гигантская Африканская плита земной коры "подныривает" под Евроазиатскую.

Исследователи во главе с геофизиком Копфом пришли к выводу, согласно которому прежние оценки интенсивности жидких потоков из зон погружения плит земной коры были, по видимому, занижены. Если это верно, то придется пересматривать все представления относительно глобального баланса жидких масс между земной корой и мантией, существующего в результате субдукции.

Science, 2001, 293, 175

## НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: ИЮЛЬ–АВГУСТ 2002 г.

Таблица 1

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ИЮЛЕ–АВГУСТЕ 2002 г.

Дата	Время UT	Явление
Июль 2	7 <sup>ч</sup> 35 <sup>м</sup>	Луна в апогее (404210 км)
Июль 2	17 <sup>ч</sup> 19 <sup>м</sup>	<b>Луна в последней четверти</b>
Июль 6	3.7 <sup>ч</sup>	Земля в афелии (1.016688203 а.е.)
Июль 10	10 <sup>ч</sup> 26 <sup>м</sup>	<b>Новолуние</b>
Июль 13	12 <sup>ч</sup>	Луна на 4° к северу от Венеры
Июль 14	13 <sup>ч</sup> 21 <sup>м</sup>	Луна в перигее (367847 км)
Июль 17	4 <sup>ч</sup> 47 <sup>м</sup>	<b>Луна в первой четверти</b>
Июль 20	1.3 <sup>ч</sup>	Юпитер в соединении с Солнцем
Июль 21	2 <sup>ч</sup>	Меркурий в верхнем соединении
Июль 24	9 <sup>ч</sup> 07 <sup>м</sup>	<b>Полнолуние</b>
Июль 24	23 <sup>ч</sup>	Луна на 4° к югу от Нептуна
Июль 26	9 <sup>ч</sup>	Луна на 4° к югу от Урана
Июль 28	6 <sup>ч</sup>	Максимум метеорного потока Южные δ-Аквариды
Июль 30	1 <sup>ч</sup> 44 <sup>м</sup>	Луна в апогее (404743 км)
Август 1	10 <sup>ч</sup> 22 <sup>м</sup>	<b>Луна в последней четверти</b>
Август 2	0.9 <sup>ч</sup>	Нептун в противостоянии
Август 5	4 <sup>ч</sup>	Луна на 2° севернее Сатурна
Август 8	19 <sup>ч</sup> 15 <sup>м</sup>	Новолуние
Август 10	23 <sup>ч</sup> 30 <sup>м</sup>	<b>Луна в перигее (362927 км)</b>
Август 11	22 <sup>ч</sup>	Луна на 6° к северу от Венеры
Август 13		Максимум метеорного потока Персеид
Август 15	10 <sup>ч</sup> 12 <sup>м</sup>	<b>Луна в первой четверти</b>
Август 20	0.9 <sup>ч</sup>	Уран в противостоянии
Август 22	14.1 <sup>ч</sup>	Венера в наибольшей восточной элонгации, 46°
Август 22	22 <sup>ч</sup> 29 <sup>м</sup>	Полнолуние
Август 26	17 <sup>ч</sup> 42 <sup>м</sup>	<b>Луна в апогее (405695 км)</b>
Август 31	3 <sup>ч</sup>	Луна в последней четверти

## Что можно увидеть на небе

В июле–августе будут хорошие условия для наблюдений небесных объектов в созвездиях Лиры, Лебеда и Орла, три самые яркие звезды которых (Вега, Денеб и Альтаир) составляют хорошо заметный астеризм – летний треугольник, а также в Водолее, Пегасе и в соседних с ними созвездиях. Это – **шаровые скопления** М13 (Геркулес), М15 (Пегас), М3 (Гончие Псы), **рассеянные звездные скопления** М11 (Щит), М39 (Лебедь),  $\eta$  и  $\chi$  Персея, **планетарные туманности** М27 (Лисичка) и М57 (Лиры), **диффузные туманности** М8 и М17 в Стрельце, М16 в Змее, а также **галактики** М81 и М82 в Большой Медведице, М51 и М94 в Гончих Псах. Среди интересных для наблюдений звезд упомянем **переменные звезды**  $\delta$  Цфея,  $\eta$  Орла,  $\beta$  Лебеда,  $\beta$  Скорпиона, **двойные звезды**  $\eta$  Кассиопеи,  $\alpha$  Гончих Псов,  $\delta$  и  $\epsilon$  Лиры,  $\alpha$  Козерога.

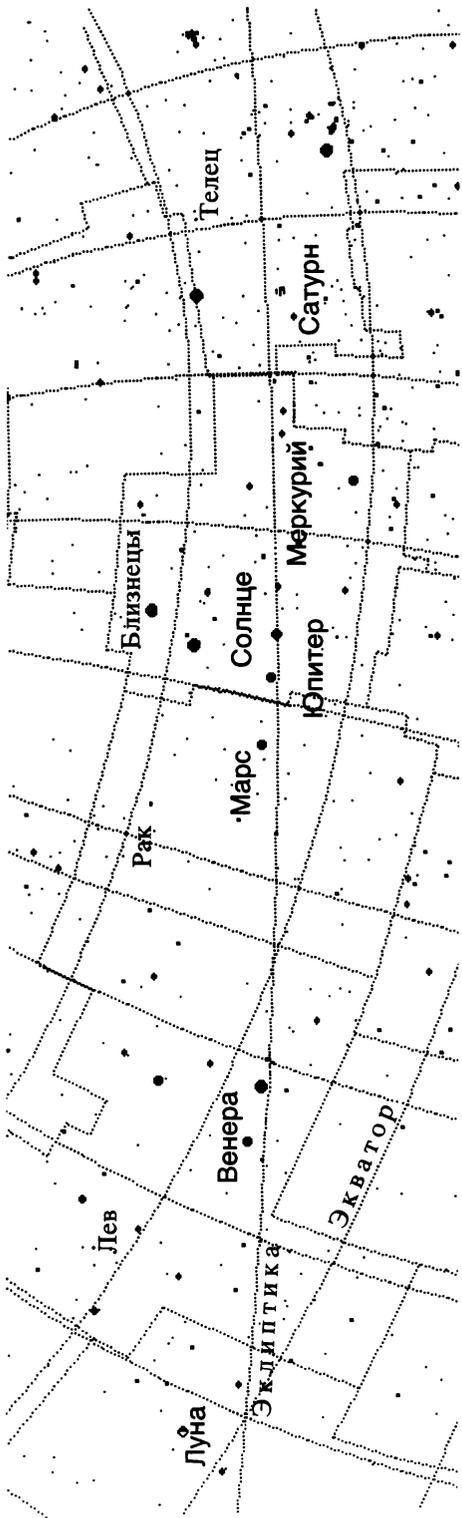
С середины июля и почти до конца августа активен **метеорный поток Персеид** – августовский звездопад – один из наиболее известных и удобных для наблюдений потоков. Отмечались кратковременные “звездные дожди” с часовым числом до 200 метеоров, а в 1979–81 гг. поток давал “вспышки” до 100 метеоров в час. Метеоры этого потока белые и желтые, быстрые, с яркими следами.

Таблица II

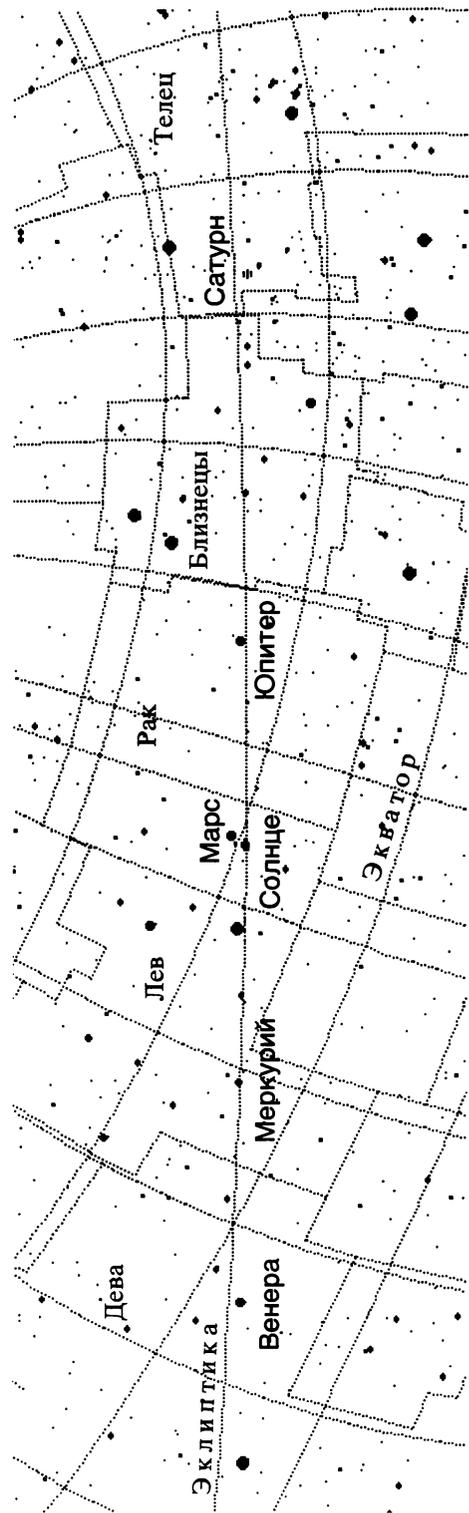
### СОЛНЦЕ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Восход	Заход	Восход	Заход
			$(\lambda = 0^h \quad \varphi = 50^\circ)$		$(\lambda = 0^h \quad \varphi = 56^\circ)$	
Июль 1	6 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 11.44 <sup>s</sup>	23°08'00.9"	3 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	3 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>
11	7 20 19.02	22 09 23.2	4 03	20 07	3 29	20 41
21	8 00 42.90	20 32 44.4	4 14	19 58	3 44	20 28
31	8 40 10.15	18 21 42.8	4 28	19 44	4 02	20 10
Август 10	9 18 38.56	15 40 36.8	4 42	19 28	4 21	19 49
20	9 56 09.35	12 34 25.6	4 57	19 09	4 40	19 25

*Пример:* вычислить время восхода Солнца в Вологде ( $\varphi = 59^\circ 13'$ ,  $\lambda = 2^h 39.6^m$ ) 6 июля 2002 г. Начнем с интерполяции на дату. На широте  $50^\circ$  восход Солнца в этот день произойдет в  $3^h 55^m + 0.5 \times (4^h 03^m - 3^h 55^m) = 3^h 59^m$ . Аналогично найдем для широты  $56^\circ$ : время восхода –  $3^h 23.5^m$ . Теперь интерполируем по широте:  $3^h 59^m + 0.87 \times (3^h 23.5^m - 3^h 59^m) \approx 3^h 28.1^m$  UT. Приведем к поясному времени:  $3^h 28.1^m + 4^h - 2^h 39.6^m \approx 4^h 48.5^m$ .



Солнце, Луна и планеты Венера, Марс, Юпитер, Меркурий и Сатурн на эклиптике 15 июля 2002 г.



Солнце и планеты Венера, Меркурий, Марс, Юпитер и Сатурн на эклиптике 15 августа 2002 г.

## Информация о планетах, видимых в июле–августе 2002 г.

Из планет можно будет наблюдать по вечерам **Венеру**, в созвездии Льва. Утренняя видимость **Юпитера** начнется с середины августа, **Сатурна** – в середине июля. Юпитер перемещается по созвездиям Близнецов, Рака, Льва; Сатурн остается в Тельце. **Уран** (созвездие Водолея) и **Нептун** (созвездие Козерога) видны всю ночь низко над горизонтом.

Таблица III

### КООРДИНАТЫ И УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход	Заход
					(λ = 0 <sup>h</sup> φ = 56°)	
<b>Меркурий</b>						
Июль 1	5 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 14.6 <sup>s</sup>	21°12'20"	6.6"	-0.3 <sup>m</sup>	2 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup>	19 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>
11	6 30 06.3	23 29 11	5.5	-1.3	2 29	20 06
21	8 01 42.2	22 06 10	5.0	-2.1	3 35	20 42
31	9 25 10.7	16 57 48	5.1	-1.0	5 01	20 43
Август 10	10 32 44.0	10 07 44	5.5	-0.3	6 16	20 23
20	11 26 59.0	3 06 10	6.0	0.0	7 13	19 54
<b>Венера</b>						
Июль 1	9 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 03.2 <sup>s</sup>	+16°55'04"	15.3"	-4.0 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>
11	10 10 59.4	+12 47 53	16.4	-4.1	7 34	22 17
21	10 52 28.3	+8 12 47	17.7	-4.1	8 06	21 49
31	11 31 44.5	+3 21 20	19.3	-4.2	8 35	21 19
Август 10	12 09 05.2	-1 35 48	21.3	-4.2	9 02	20 48
20	12 44 36.3	-6 28 19	23.7	-4.3	9 28	20 15
<b>Марс</b>						
Июль 1	7 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 11.8 <sup>s</sup>	22°44'31"	3.6"	1.8 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>	21 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>
11	8 02 35.9	21 35 26	3.6	1.8	4 19	21 15
21	8 29 25.2	20 10 42	3.5	1.7	4 18	20 50
31	8 55 38.4	18 31 57	3.5	1.7	4 18	20 24
Август 10	9 21 17.0	16 40 42	3.5	1.7	4 18	19 56
20	9 46 22.3	14 38 39	3.5	1.7	4 18	19 27
<b>Юпитер</b>						
Июль 1	7 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 15.9 <sup>s</sup>	21°46'15"	31.7"	-1.8 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	21 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>
11	7 48 40.0	21 23 53	31.6	-1.8	4 06	20 58
21	7 58 05.0	20 59 37	31.5	-1.8	3 39	20 25
31	8 07 25.8	20 33 14	31.5	-1.8	3 13	19 51
Август 10	8 16 37.9	20 05 32	31.7	-1.8	2 47	19 17
20	8 25 36.1	19 36 45	31.9	-1.8	2 20	18 49

Таблица III (Окончание)

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход	Заход
					(λ = 0 <sup>h</sup> φ = 56°)	
<b>Сатурн</b>						
Июль 1	5 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 09.6 <sup>s</sup>	21°52'57"	16.6"	0.1 <sup>m</sup>	2 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	19 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup>
11	5 27 29.3	21 57 44	16.7	0.1	1 40	18 42
21	5 32 35.2	22 01 32	16.8	0.1	1 05	18 09
31	5 37 22.6	22 04 23	17.0	0.1	0 30	17 34
Август 10	5 41 47.1	22 06 22	17.2	0.1	23 55*	17 00
20	5 45 43.8	22 07 36	17.5	0.1	23 19*	16 25
<b>Уран</b>						
Июль 1	22 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 48.5 <sup>s</sup>	-12°42'00"	3.6"	5.8 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> *	8 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup>
11	22 02 52.5	-12 47 23	3.7	5.7	22 03*	7 32
21	22 01 42.9	-12 53 55	3.7	5.7	21 23*	6 51
31	22 00 22.8	-15 01 19	3.7	5.7	20 43*	6 10
Август 10	21 58 55.1	-13 09 18	3.7	5.7	20 03*	5 28
20	21 57 23.4	-13 17 30	3.7	5.7	19 23*	4 46
<b>Нептун</b>						
Июль 1	20 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 18.4 <sup>s</sup>	-17°33'33"	2.3"	7.9 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> *	6 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>
11	20 50 21.7	-17 37 27	2.3	7.8	21 23*	5 47
21	20 49 19.5	-17 41 42	2.3	7.8	20 44*	5 06
31	20 48 14.4	-17 46 07	2.3	7.8	20 04*	4 25
Август 10	20 47 08.6	-17 50 33	2.3	7.8	19 20*	3 40
20	20 46 04.8	-17 54 51	2.3	7.8	18 40*	2 59

*Примечание:* В таблицах III, IV прямое восхождение и склонение даются на 0<sup>h</sup> UT, время восхода и захода светила указано в UT. Звездочкой \* отмечены восходы планет, отнесенные к предыдущей дате.

Таблица IV

## МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Созвездие	Радиант		V, км/с	Часовое число	Даты видимости
		α	δ			
α-Каприкорниды	Козерог	20 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	-10°	25	4	3.07-15.08
Южные δ-Аквариды	Водолей	22 42	-16	40	20	12.07-19.08
Северные δ-Аквариды	Водолей	22 20	-5	30	4	15.07-25.08
Персеиды	Персей	3 06	+58	60	140	17.07-24.08
α-Ауригиды	Возничий	5 36	+42	66	10	25.08-5.09

В.А. ЮРЕВИЧ

## Загадочный микроквazar

Необычным объектом оказался рентгеновский источник GRS 1915 + 105 в созвездии Орла, расположенный вблизи плоскости Млечного Пути, на расстоянии 40000 св. лет от Солнца. Впервые он был обнаружен в 1994 г. с помощью приборов, установленных на рентгеновском спутнике GRANAT (Земля и Вселенная, 1998, № 6). (В названии рентгеновских объектов первые три буквы означают название спутника, далее идут экваториальные координаты). Рентгеновское излучение объекта сопровождается яркими спорадическими вспышками.

GRS 1915 + 105 попал в список кандидатов в черные дыры (Земля и Вселенная, 1999, № 3) и потому стал предметом пристального внимания астрономов. Переменность блеска в рентгеновском диапазоне объяснялась неравномерностью падения вещества на черную дыру из внутренних областей окружающего объект аккреционного диска. Наблюдались также извергаемые им облака горячего газа со скоростями, близкими к световой. Объект казался прототипом квазаров, в которых происходят аналогичные процессы, но в гораздо больших масштабах. Детальное изучение этого микроквзара было затруднено из-за облаков газа и пыли, скрывающих его от наблюдений в оптических лучах.

Астрономы решили провести наблюдения GRS 1915 + 105 в инфракрасных лучах. Даже в этом диапазоне только несколько процентов его излучения достигают Земли, но с помощью

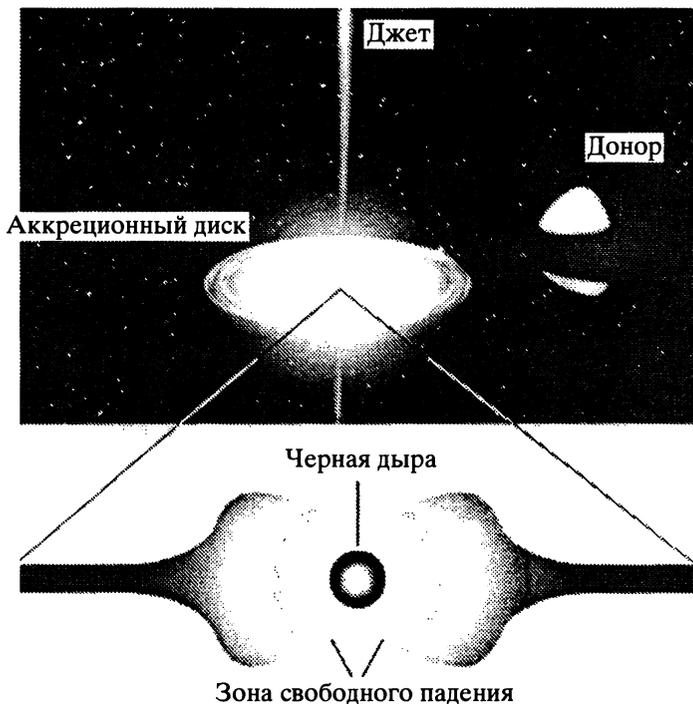


Схема двойной звездной системы GRS 1915 + 105, в которой предполагается существование массивной черной дыры. В центре – черная дыра, на расстоянии 0.5 а.е. – обращающаяся вокруг нее солнцеподобная звезда-донор (на рисунке – справа). Вокруг черной дыры – аккреционный диск. Из его центра перпендикулярно диску выходят два джета. Частицы вещества диска постепенно приближаются к центру по спиральной траектории. Вблизи черной дыры – зона свободного падения.

8.2-м зеркала “Анту” Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории и инфракрасного приемника ISAAC удалось получить превосходные спектры объекта и по ним определить параметры системы.

В центре ее находится массивный компактный объект. На расстоянии около 0.5 а.е. (половина расстояния Солнце-Земля) обращается звезда типа нашего Солнца (звезда-донор). Истекающее из нее вещество формирует аккреционный диск вокруг центрального объекта, внутри диска приближается по спирали к центру и в окрестности центрального тела входит в зону свободного падения на него. Кроме того, из центра пер-

пендикулярно плоскости диска исходят две струи материи на большой скорости (джеты).

Эти наблюдения проводились в апреле-сентябре 2000 г. Получено 16 спектрограмм в разные ночи наблюдений. На них выявлены линии окиси углерода CO, принадлежащие звезде-спутнику. По доплеровскому смещению линий определены период обращения (33.5 сут) и орбитальная скорость (140 км/с). Удалось определить и угол наклона плоскости орбиты к лучу зрения – параметр, известный для очень небольшого числа кандидатов в черные дыры. А это позволило вычислить массу центрального объекта – 14  $M_{\odot}$  (в предположении, что масса

звезды-спутника близка к солнечной).

Эта оценка намного превышает нижний предел массы черной дыры –  $\approx 3M_{\odot}$ . GRS 1915 + 105 – самый массивный из всех известных кандидатов в черные дыры звездной массы. Теперь перед астрофизиками появилась новая проблема – объяснить, как в двойной звездной системе смогла сформироваться подобная черная дыра. Ведь считается, что массивные звезды теряют очень большую долю первоначальной массы в процессе эволюции и особенно

на ее заключительных стадиях. А присутствие другой звезды поблизости только увеличивает эти потери.

GRS 1915 + 105 обладает еще одной особенностью. Судя по тому, что аккреционный диск сильно разогрет, он близко подходит к черной дыре. А это может происходить, если черная дыра быстро вращается и в том же направлении вращается аккреционный диск. Подобное свойство известно только у двух объектов: GRS 1915 + 105 и Новой Скорпиона. Между тем вопрос, могут ли черные дыры

вращаться, все еще дискутируется теоретиками.

Исследование GRS 1915 + 105, этого загадочного микроквара, не только помогает понять процесс образования черных дыр, но может дать ценную информацию о явлениях, происходящих в их мощных аналогах – квазарах. Поэтому наблюдения GRS 1915 + 105 на ЕЮО будут продолжены.

ESO Press Release 21/01  
28 November 2001

---

## Информация

---

### Как фонтанирует нейтронная звезда

За последнее десятилетие астрономы не раз наблюдали, как различные небесные объекты – от «близлежащих» нейтронных звезд до «черных дыр», находящихся или в нашей Галактике, или далеко за ее пределами, – выбрасывают из себя джеты (струи раскаленных газов).

При тщательном рассмотрении оказывалось, что такие «фонтаны» состоят из сгустков, разлетающихся со скоростями, близкими к световой. Можно предположить, что звезда или «черная дыра» выбрасывает «комья» материи, когда пришла пора освободиться от крупных

скопления горячих газов. Если так, то выбросу каждого сгустка должна предшествовать вспышка излучения в рентгеновской части спектра – наподобие вспышки света, заметной перед вылетом снаряда из орудийного жерла.

Проверить эту гипотезу было нелегко: выброшенные «комья» звездной материи быстро остывают и становятся неразличимыми для рентгеновских телескопов. Чтобы проследить за прохождением каждого такого сгустка, необходима работа многих оптических и радиотелескопов, разбросанных по странам и континентам.

Первый успех был достигнут в июне 1999 г., когда в продолжение 56 ч рентгеновский источник Sco X-1 в созвездии Скорпиона непрерывно наблюдали с помощью радиотелескопов в Сокорро (штат Нью-Мексико, США), Австралии, Китае, Японии и ЮАР, а также рентгеновскими приборами, установлен-

ными на борту спутника «Rossi X-ray Timing Explorer». Кроме того, в наблюдениях участвовали две оптические обсерватории.

В итоге зафиксирован предсказанный всплеск рентгеновского излучения, за которым последовал выброс сгустков материи, разлетавшихся в противоположные стороны со скоростью около 95% световой. Через несколько часов сгустки попали в скопления уже остывшей материи, порожденной предыдущими взрывами...

Таким образом, впервые удалось пронаблюдать полный цикл этих гигантских явлений и проверить правильность предположений об их характере и последовательности. Однако все еще остается неясной причина подобных взрывов.

Science, 2001, **292**, 1631;  
Astrophysical Journal Letters,  
May 20, 2001

## История звездной карты

А. В. КУЗЬМИН,  
кандидат физико-математических наук  
Институт истории естествознания и техники РАН  
Е. П. ЛЕВИТАН,  
доктор педагогических наук

---

### ОБРАЗ, ФИГУРА... СОЗВЕЗДИЕ

История звездной карты началась в глубокой древности. Мы не знаем, кто и когда первым поместил самые яркие звезды в пространство воображаемых фигур.

Наиболее смелая из известных авторам гипотез относит время выделения первых **созвездий** к эпохе возникновения наскальной живописи. Впервые древняя “картинная галерея” была открыта в 1879 г. на севере Испании, в пещере Альтамира, археологом Саутуолой. А точнее, его пятилетней дочкой. Именно она обратила внимание отца на фигуры, нарисованные на потолке пещеры. Чтобы увидеть их, нужно было смотреть вверх, на испанском языке “альто” означает “высокий”, а “мира” – “смотри”. Так, может, название пещеры не случайно, и идет еще от древних обитателей Иберии, а римляне лишь перевели название на свой язык?

Саутуола совершенно справедливо датировал одну из самых удивительных находок XIX веком – временем заката верхнего палеолита. Столько же лет “живут” на небе и наиболее древние созвездия. Довольно долгое время ученые не могли принять самой мысли, что картины, открытые Саутуолой, сотворены руками

человека, по меньшей мере, 15 тыс. лет назад. Они не могли вообразить, что люди, не знавшие металла, не обладавшие письменностью были великолепными художниками, способными передавать не только облик, но и повадки зверей, на которых они охотились. Открытие палеолитической живописи резко противоречило главенствующему тогда в официальной науке постулату о бездуховности первобытной “доистории”. Заметим, что полвека спустя археологи также не сразу согласились с доводами археоастрономии о высоком уровне астрономических знаний древних.

Прошло время, появились новые находки. Открытие, объявленное преднамеренной фальсификацией, дискредитирующей науку, пришлось признать... Уже в начале XX в. драма пещеры Альтамира стала достоянием истории.

### МЕСОПОТАМИЯ И ЕГИПЕТ

Рациональный путь познания сопровождается словом. На заре цивилизации хранителями слов были сами люди. Тысячелетиями устная информация передавалась изустно от поколения к поколению, и всякий раз точно выучивалась новыми носителями и хранителями. Иначе



*Зодиак из египетского храма в Дендерах. Париж, Лувр.*

невозможно было накапливать информацию об окружающем мире и передавать ее последующим поколениям. Но вот возникает письменность. Полученные знания теперь фиксируются знаками на глиняных таблицах. Рождается феномен литературы. Устная традиция превращается в первые книги. Не случайно наиболее древние достоверно известные описания созвездий, дошедшие до нас, – литературные памятники. Это тексты астрономического, астрологического, метеорологического, религиозно-мистического

содержания. Описания или просто упоминания созвездий соседствуют в них с приметами погоды, сведениями об одновременно заходящих и восходящих звездах, прогнозами на урожай, астрологическими пророчествами, гимнами религиозных ритуалов, магическими заклинаниями... Читатели большинства таких текстов должны были в совершенстве знать небо, бегло ориентироваться в звездных узорах, фиксируемых наблюдателями с помощью ментальных образов.

Самые ранние письменные упоминания о созвездиях восходят к началу II тыс. до н.э. Это месопотамские таблички с записями молитв, сценариев храмовых ритуалов, религиозными календарями... Они донесли до нас имена созвездий.

дий, звезд, планет, данные древними наблюдателями неба, жившими, по меньшей мере, четыре тысячи лет назад.

Месопотамские созвездия схожи с современными. Правда, иногда у них другие названия. Созвездие Ориона в древних текстах названо “Истинный пастух небес”, Персея нарекли “Стариком”... А, например, нынешний Скорпион складывался из нескольких соседствующих участков неба: “Грудь Скорпиона”, “Голова Скорпиона”... Аналогично вместо современного созвездия Льва выделялись отдельно “Грудь Льва”, “Нога Льва”, “Хвост Льва”.

О древнеегипетской традиции деления неба на созвездия мы знаем очень мало. И можем судить о ней только по поздним памятникам, уже испытавшим на себе влияние вавилонской астрономической школы, например, по изображению неба, обнаруженному на потолке Дендерского храма. Он заложен еще во времена Среднего царства (ок. 2052–1786 гг. до н.э.) и посвящен египетской богине неба Хатор. Этот храм неоднократно перестраивался и достраивался сменявшими друг друга владыками вплоть до времени, когда египетская земля стала частью Римской империи. Тогда и возникло единственное сохранившееся до наших дней египетское изображение неба. Породившей его цивилизации уже не существовало, и появление этого изображения неба свидетельствует о глубоком уважении к древнейшим научным традициям некогда великой мировой державы.

#### ИЗ АНТИЧНОСТИ В XVI ВЕК

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

Великий античный ученый Клавдий Птолемей (II в. н.э.) во многом определил развитие астрономии всего средневековья. Созданный им фундаментальный труд “Большое математическое построение”, известный в Европе под искаженным арабским названием “Альмагест”, – энциклопедия всех достижений античной астрономии (Земля и Вселенная, 1999, № 2). В Альмагесте помещен и

самый ранний из дошедших до нас каталог неподвижных звезд, использующий те же созвездия, что описаны Аратом в III в. до н.э. Поэма Арата “Явления”, замечательный памятник эллинистической поэзии, сыграл исключительную роль в истории античной астрономии, поскольку включает наиболее раннее из известных полное описание неба (Земля и Вселенная, 1998, № 3).

В каталоге Птолемея используется метод отождествления звезд по их положению в фигуре созвездия (или относительно нее), которая до создания универсальных систем небесных координат служила основным идентификационным ключом. Например: “Звезда на голове переднего близнеца” или “Звезда на колене левой ноги заднего близнеца”. Звездный каталог Альмагеста стал основой западноевропейской традиции построения каталогов и небесных карт.

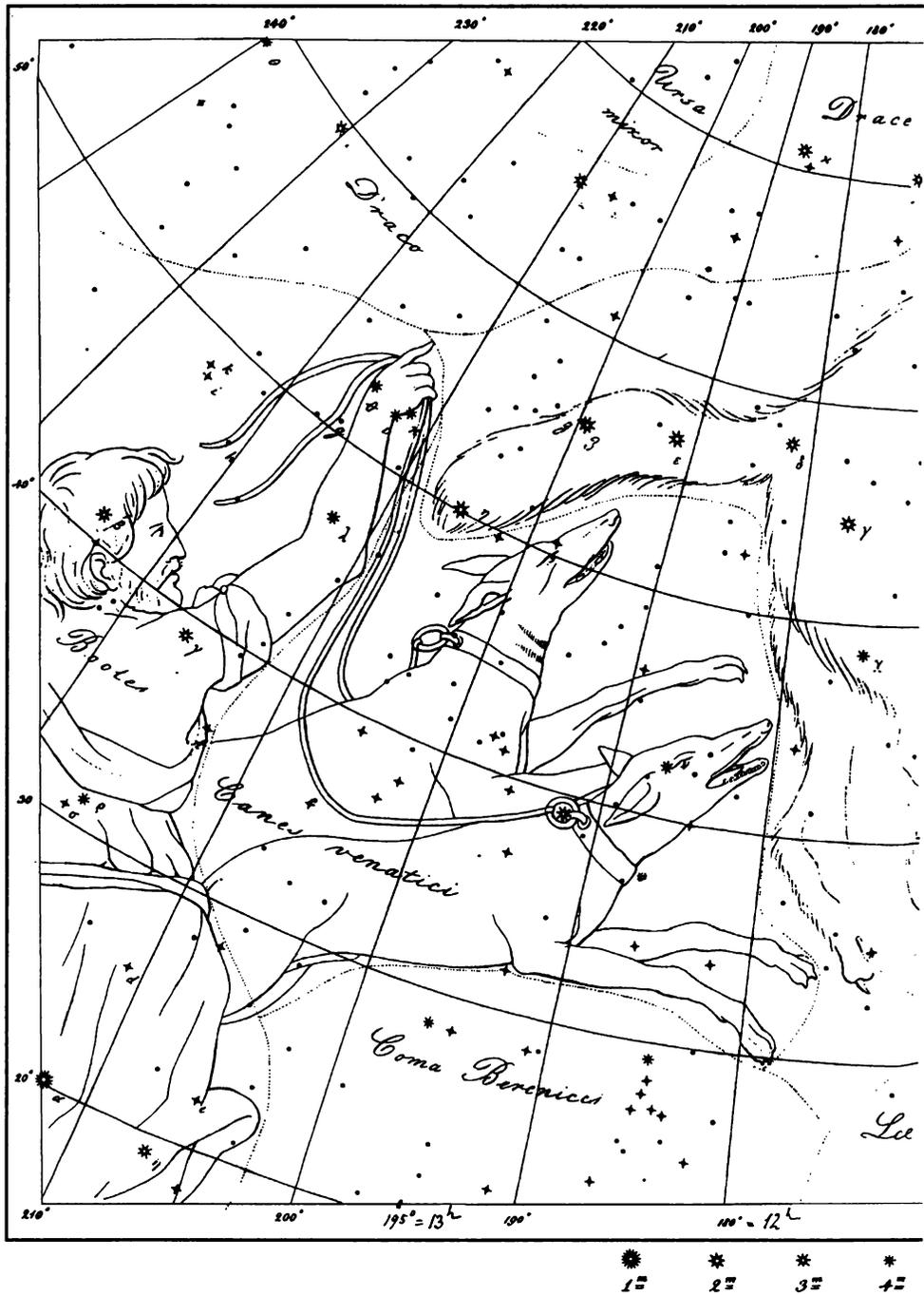
В утвержденный в 1922 г. Первым съездом МАС список из 88 созвездий включены все 48 созвездий каталога Птолемея, а также упоминаемый им **астеризм** “Волосы”, ставший созвездием Волосы Вероники. Заметим, что *астеризм* – понятие более широкое и древнее, чем *созвездие*, которое, впрочем, в большинстве случаев мы вправе назвать астеризмом. Ведь астеризм – это любой примечательный объект или группа объектов на небе.

В 1515 г. увидели свет первые печатные изображения созвездий, созданные художником А. Дюрером (1471–1528). Его помощниками были два астронома – Иоганн Стабий и Конрад Хейнфонель. Примечательно, что звездные карты Дюрера зеркальные, т.е. небо изображено так, как его можно видеть на звездном глобусе, как бы “извне”.

Следующий этап совершенствования структуры современной звездной карты относится к 1595 г., когда на карту южного неба были нанесены голландцами 12 новых созвездий, не наблюдаемых из средних широт Северного полушария Земли. Они заполнили область южного полушария неба, неизвестную древним астрономам.

Кроме этих двенадцати созвездий неба на глобусе П. Планциуса в 1598 г. появляются еще три новых – Жираф, Голубь и

$A = 170^\circ$ ;  $L = +50^\circ$



Фрагмент карты "Новой Уранометрии" Аргеландера (1843) с созвездиями Гончих Псов, Волопаса и Большой Медведицы.

Единогор. С них началось “заполнение” участков неба, не содержащих ярких звезд и образующих “пустоты” между хорошо заметными созвездиями.

Наконец, в 1603 г. появилась **“Уранометрия”** И. Байера. Этот атлас включал 48 карт (птолемеевские созвездия) и карту южного неба с 12 новыми созвездиями.

Очередные значимые изменения в структуре созвездий произошли в 1690 г., когда вышел в свет труд польского астронома **Я. Гевелия “Описание всего звездного неба, или Уранография”**. Семь введенных Гевелием созвездий заполнили как большие (Гончие Псы), так и малые (например, созвездие Ящерицы) пространства, не содержащие ярких звезд.

Завершила деление южного неба на созвездия работа Н. Лакайля 1751–52 гг. Его карта южного неба была издана в Париже в 1763 г.

#### КАРТА СОЗВЕЗДИЙ XIX–XX ВЕКОВ

В конце XVIII в. вышла в свет **“Уранография”** немецкого астронома Иоганна Элерта Боде (1747–1826), который с 1772 г. работал в Берлинской обсерватории, а в 1786 г. стал ее директором. В 1774 г. он основал “Берлинский астрономический ежегодник”, издающийся и сейчас. “Уранография” Боде (ее второе, наиболее полное издание вышло в Берлине в 1801 г.) стал фундаментальным атласом, который подвел итог астрономических работ примерно за пятьдесят предшествующих лет.

Звездные карты Боде содержат важное новшество, введенное Лакайлем для южного неба, – между созвездиями появились плавные разграничения, закрепившие за каждым из них собственную площадку. Это означало коренное изменение содержания самого понятия “созвездие”. С древнейших времен созвездия понимались как символические фигуры, содержащие некоторое число звезд, при этом оставались звезды, “не входящие в созвездия”. Теперь же под созвездием стала подразумеваться вся **совокупность звезд** в пределах плавных границ данного участка неба.

На двадцати картах “Уранографии”, кроме созвездий, выделенных до 1753 г.,

были изображены созвездия, авторство которых принадлежит астрономам второй половины XVIII в. Кирху, Геллю, Почобуту, Лемонье, Лаланду, а также самому автору атласа и каталога Боде.

#### “НОВАЯ УРАНОМЕТРИЯ”

“Новая Уранометрия” немецкого астронома Фридриха Вильгельма Аргеландера (1799–1846) – **первый звездный атлас** современного типа.

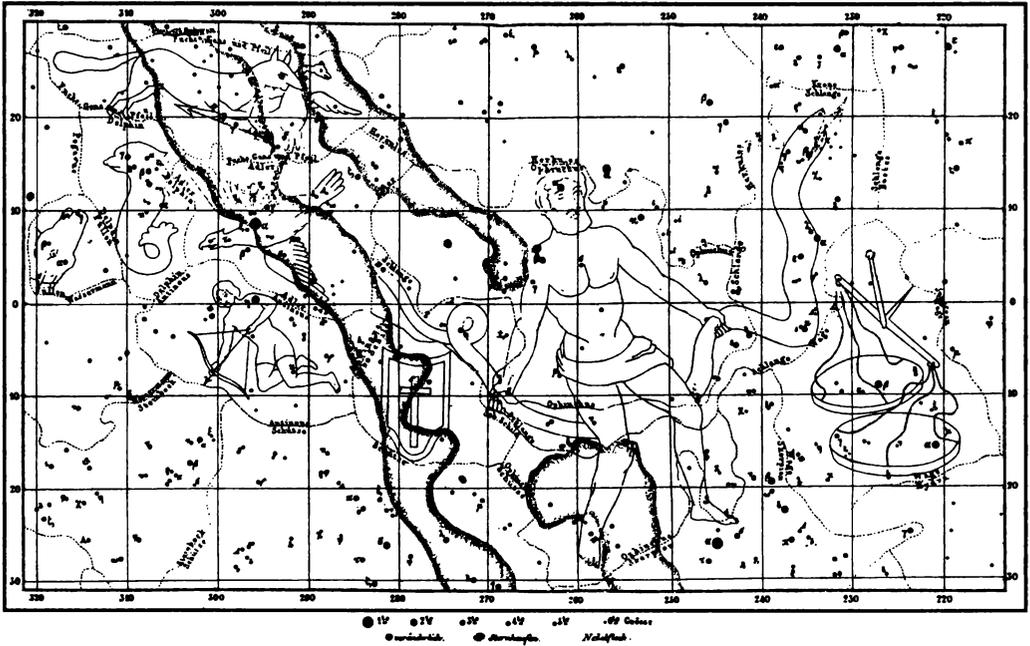
Аргеландер родился в Мемеле (ныне – Клайпеда). Учился в Кенигсберге, два года проработал в Кенигсбергской обсерватории у великого наблюдателя звезд Фридриха Бесселя (1784–1846). Возвратившись в Россию, он, по рекомендации Бесселя, был назначен директором обсерватории в Або (ныне Турку) в Финляндии. Через несколько лет стал профессором Гельсингфорского (Хельсинского) университета. В 1835 г. Аргеландера пригласили в Бонн в качестве профессора Университета и директора обсерватории.

“Новая Уранометрия” была издана в 1843 г. В ней астроном вернулся к традиции, исключив все созвездия, введенные астрономами после 1752 г., т.е. после созвездий южного неба Лакайля. Осталось только 84 созвездия, которые и стали основой современного стандарта деления звездного неба. Созвездия даны в прямом изображении, на фоне сетки экваториальных координат. Фигуры созвездий показаны тонкими линиями с минимумом деталей в сложившейся графической традиции. В каталоге атласа параллельно приводятся обозначения звезд буквами Байера и числами Флемстида, которые сейчас часто воспринимаются почти как их собственные имена, например  $\alpha$  Кентавра,  $\beta$  Лебеда.

До конца XIX в. увидело свет еще несколько звездных атласов, карты которых были выполнены в стиле карт атласа Аргеландера. Среди них – известный атлас Литтрова.

#### СОВРЕМЕННЫЕ ГРАНИЦЫ СОЗВЕЗДИЙ

Американский астроном Бенджамин Анторп Гулд (1824–1896), проводивший



Карта учебного атласа Литтрова (1866), охватывающая созвездие Змееносца и его окрестности.

наблюдения звезд в Национальной обсерватории аргентинского города Кордова, вместе со своими сотрудниками за пять лет выпустил атлас и каталог южного неба "Аргентинская Уранометрия", последний том которой увидел свет в 1879 г.

Гулд полностью принял список созвездий и структуру звездного атласа Аргеландера, но ввел важное новшество – применил для разграничения южных созвездий фрагменты координатной сетки карт составленного им атласа. Гулд писал, что решил создать небесные разграничения столь же ясные и простые, как границы между отдельными штатами его страны, многие из которых совпадают с направлениями земных параллелей и меридианов.

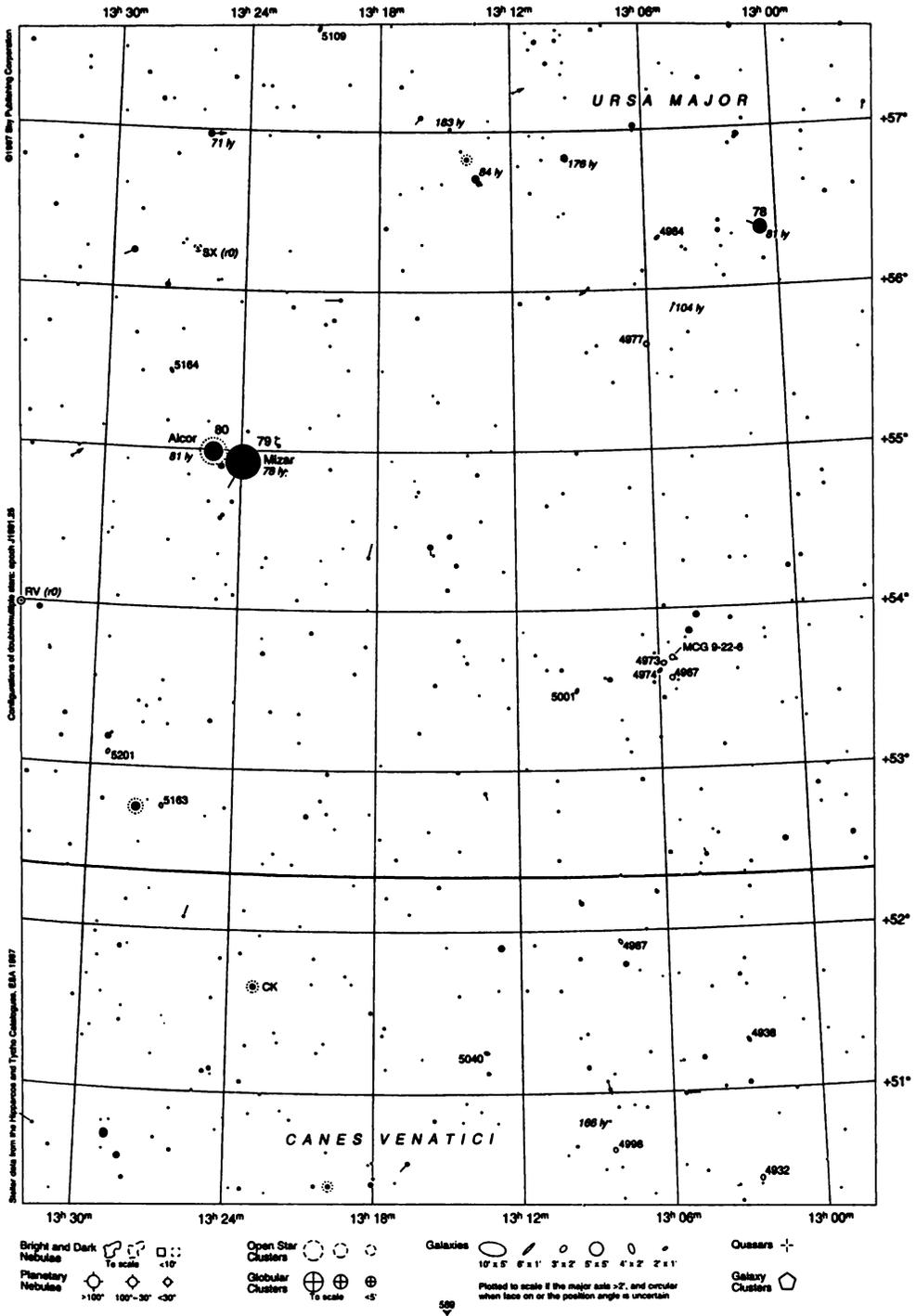
Звездная карта южного неба Гулда выглядит необычно. На ней нет фигур созвездий – только сами звезды, границы и латинские названия. От южного полюса примерно до склонения  $60^\circ$  границы созвездий проходят по **концентричным**

дугам с центром в полюсе и по проведенным от него "лучам". Далее они постепенно смешиваются с плавными разграничениями Аргеландера.

Этот принцип разграничений в первой трети XX в. был распространен на все созвездия.

Утвержденные МАС в 1928 г. границы и еще ранее, в 1922 г., латинские названия и сокращенные обозначения созвездий стали мировым стандартом. К птолемеевским созвездиям добавились 12 созвездий южного неба, выделенные в 1595 г. Кейзером, 3 созвездия Планциуса (1598 г.), 7 созвездий Гевелия (1690 г.) и 14 южных, нанесенных на карту Лакайлем в 1752 г. Процесс разграничения неба на созвездия на этом, по-видимому, и закончился. В обозримом будущем вряд ли могут возникнуть причины для пересмотра решений 1922 г. и 1928 г. Но их история продолжается в культуре. Вместе с интересом к астрономии возрастает внимание к звездному небу как к части окружающей нас природы и важной, одухотворенной области мифологемного пространства древних традиций. Все больше осознается его эстетическое и познавательное значение в современном мире.

# MILLENNIUM STAR ATLAS



Карта из "Millennium Star Atlas" (1997). На ней изображена часть созвездия Большой Медведицы. Внизу – фрагмент созвездия Гончие Псы.

В настоящее время все профессиональные астрономы пользуются в основном электронными каталогами звезд. Визуальные изображения различных областей звездного неба с их современными границами также строятся на экране компьютера при помощи специальных графических редакторов. Звездные карты в их традиционном, книжном исполнении сохраняются, в основном, для учебных целей, а также используются многочисленными любителями астрономии.

Среди профессиональных атласов, изданных в последние годы, особо выделя-

ется “**Millennium Star Atlas**”, состоящий из трех книг весьма солидного формата. Карты этого атласа содержат все звезды до 11-й величины и, что особенно примечательно, для “неподвижных” звезд, собственное движение которых известно астрономам, стрелкой показано их смещение на ближайшую тысячу лет.

Сравнивая карту одной и той же области неба (обратите внимание на излом ковша Большой Медведицы) этого атласа с картой “**Новой Уранометрии**”, основного атласа середины прошлого века, можно составить представление о том, как изменился ее вид за последние сто пятьдесят лет.

## Информация

### Свинцовые звезды

Процесс образования тяжелых химических элементов из более легких астрономы называют нуклеосинтезом. В первичной Вселенной присутствовали только водород, гелий и небольшое количество лития. Все остальные элементы образовались позже в недрах звезд.

Наиболее распространенный вид нуклеосинтеза, ядерное горение, – соединение ядер легких элементов между собой с появлением более тяжелого ядра. Но так могут сформироваться ядра не тяжелее железа.

Другой путь: проникновение внутрь ядра нейтрона с последующим превращением его в протон. Такой процесс (*s*-процесс, от *slow* – медленный) особенно активен в недрах некоторых звезд-гигантов (асимптотическая ветвь гигантов), имеющих внутри две концентрические оболочки, в одной из них идет ядерное горение водорода, а в другой – гелия. Через эту стадию проходят все звезды, имеющие массы от 0.8 до 8  $M_{\odot}$ . Для *s*-процесса необходимы одновременно водород, углерод и тяжелые элементы. Это обеспечивается благодаря локальной неустойчивости звезд-гигантов, вследствие которой происходит частичное перемешивание вещества звезды. Водород из внешнего слоя может снова попасть в те места, где он ранее полностью выгорел, либо

вещество, обогащенное углеродом и тяжелыми элементами, может вырваться во внешние слои. При слиянии ядра водорода (протона) и ядра углерода образуются изотоп углерода  $C^{13}$  и свободный медленный нейтрон, который затем проникает в ядро тяжелого элемента.

Таким путем могут формироваться элементы вплоть до висмута с атомным весом 209 (83 протона + 126 нейтронов). Ядра, возникающие при дальнейшем ходе *s*-процесса, неустойчивы и быстро распадаются с образованием свинца.

Более тяжелые элементы способны появиться в ходе *r*-процесса (от *rapid* – быстрый) при взрывах звезд (сверхновые), когда образуется множество быстрых нейтронов и проникновение их в ядра тяжелых элементов идет так активно, что неустойчивые ядра просто не успевают распадаться.

Теоретики пришли к выводу, что *s*-процесс был особо активен в звездах-субкарликах. Это – одни из самых старых звезд Галактики, с самого своего рождения содержавшие мало тяжелых элементов (низкая металличность). Но к настоящему времени благодаря активному ходу *s*-процесса в них должно накопиться повышенное содержание свинца.

Группа бельгийских и французских астрономов решила проверить этот вывод с помощью 3.6-м телескопа Европейской Южной Обсерватории, снабженного спектрометром высокого разрешения. Но низкометаллические звезды асимптотической ветви гигантов крайне редки в галактической окрестности Солнца.

Поэтому для наблюдений были выбраны три звезды типа *CH*, расположенные высоко над галактической плоскостью на расстоянии около 1600 св. лет от Солнца. Это слабые звезды, в чьих спектрах заметны линии молекулы *CH*. Все они имеют спутника – белого карлика, ранее прошедшего стадии звезды-гиганта и планетарной туманности, в ходе которых большая часть его массы рассеялась в пространстве. Часть вещества захватила звезда-спутник. Свинец именно из этого вещества и решили разыскать астрономы в атмосфере звезд *CH*.

Совершенство аппаратуры помогло наблюдателям. В спектрах звезд выявлены четкие линии свинца, причем очень схожие между собой во всех звездах. Количество свинца в каждой из трех звезд примерно равно массе нашей Луны.

*“Это – первые обнаруженные свинцовые звезды, – сказала Софи ван Эк из Института астрономии и астрофизики Свободного университета в Брюсселе. – Наши открытия свинцовых звезд – без сомнения, ярчайшее свидетельство верности той теоретической модели, что мы сегодня имеем. Превосходное согласие между предсказанием и наблюдением усиливает уверенность, что мы правильно понимаем детальный ход s-процесса в глубоких недрах звезд, а также дает важную информацию о том, как во Вселенной формируются тяжелые стабильные элементы”.*

## **Затмения – как часто они происходят?**

Затмения – интереснейшие небесные явления. Они всегда привлекают взор любознательного человека. Для астрономии затмения ценны тем, что несут информацию о геометрических и физических параметрах небесных тел и об их орбитах. Рассмотрим подробнее некоторые стороны этих событий.

**Затмение** – это уменьшение блеска (потемнение) одного космического тела (Солнце, Луна, планеты, спутники, звезды) вследствие его экранирования другим космическим телом либо вхождения его в тень несамосветящегося небесного тела. (В последнем случае звезды как объект затмения исключаются.) Затмения первого вида называют оптическими, второго – физическими.

Происходят затмения, когда в пространстве прямая линия проходит через три тела, одним из которых может быть Земля. Но она может оказаться и четвертым телом, с кото-

рого затмения наблюдаются, например в системе Солнце–Юпитер–спутник.

Примеры оптических затмений, видимых с Земли, – солнечные затмения, покрытия звезд и планет Луной, прохождения Меркурия и Венеры по диску Солнца, прохождения спутников планет по дискам своих планет, покрытия звезд астероидами и планетами, затмения в системах кратных звезд. Примеры физических затмений, видимых с Земли, – лунные, вхождения ИСЗ в тень Земли, вхождения в тень планет-гигантов их естественных спутников. Во время лунного затмения на Земле на нашем спутнике происходит солнечное затмение, причем его продолжительность на Луне равна продолжительности лунного затмения на Земле.

Наиболее эффектно для наблюдателей солнечные и лунные затмения. Прежде всего это связано с тем, что угловые размеры Солнца и Луны

практически одинаковы. Во время полных солнечных затмений можно увидеть внешнюю атмосферу Солнца – солнечную корону, планеты и яркие звезды. Лунные затмения дают информацию о физических процессах в земной атмосфере.

Очень интересно следить за изменением фазы частного лунного затмения. Астрофизические и геофизические стороны явления больше раскрываются в период полной фазы. Наблюдатели фиксируют степень видимости тех или иных деталей поверхности и цвет диска Луны, который в разных затмениях при их полной фазе варьирует от темно-серого до медно-красного. Цвет Луны во время затмения определяется ослаблением коротковолновой части спектра солнечного излучения земной атмосферой.

Сравнительно редко проводят наблюдения полутеневой фазы полных и частных лунных затмений

и полутеневых затмений. Но и здесь могут оказаться полезными визуальные и фотографические наблюдения. При наблюдениях в телескоп с небольшим увеличением отчетливо прослеживается "посерение" части лунного диска, прилегающей к границе тени. Особенно хорошо это заметно перед наступлением полной фазы. В это время на Луне диск Земли почти полностью закрывает Солнце, освещенность лунной поверхности резко снижается. Динамика процесса доступна визуальному наблюдению в небольшой телескоп или даже бинокль.

Точное фотометрическое исследование проводится с помощью электрофотометров. Фотометрировать можно не только непосредственно Луну при затмении, но и фотографические изображения. Это позволяет исследовать изменение освещенности поверхности Луны и фотометрическую структуру земной полутени.

*Условия наступления лунных затмений.*

В популярной, а иногда и в учебной литературе утверждается, что солнечные затмения происходят чаще лунных. Но при этом не принимают во внимание полутеневые лунные затмения. А с их учетом оказывается, что частота лунных затмений равна частоте солнечных или даже превосходит ее.

Рассмотрим **условия наступления лунных затмений**. Центр земной тени движется вдоль эклиптики с угловой скоростью около  $1^\circ/\text{сут}$  в направлении с запада на восток. Центр диска Луны движется по лунному пути со скоростью около  $13^\circ/\text{сут}$  в ту же сторону, что и Солнце. Наклонение лунной орбиты к эклиптике составляет  $i = 5^\circ 9'$ , среднее значение радиуса Луны  $\rho_L = 15.5'$ , радиуса земной тени  $\rho_{ЗТ} = 42'$ , радиуса земной полутени  $\rho_{ЗПТ} = 75'$ . Если бы плоскость лунной орбиты совпала с плоскостью земной орбиты, то лунные затмения случались бы в каждое полнолуние. (А солнечные – в каждое новолуние.) Но из-за наклона лунного пути к эклиптике

они происходят только тогда, когда Луна оказывается вблизи узлов своей орбиты – точек пересечения лунного пути с эклиптикой.

Чтобы вычислить предельное расстояние  $\Delta\lambda$  Луны от узла, когда еще может произойти затмение, воспользуемся формулой сферической тригонометрии:

$$\sin \Delta\lambda = \text{ctg } i \times \text{tg } \beta_k.$$

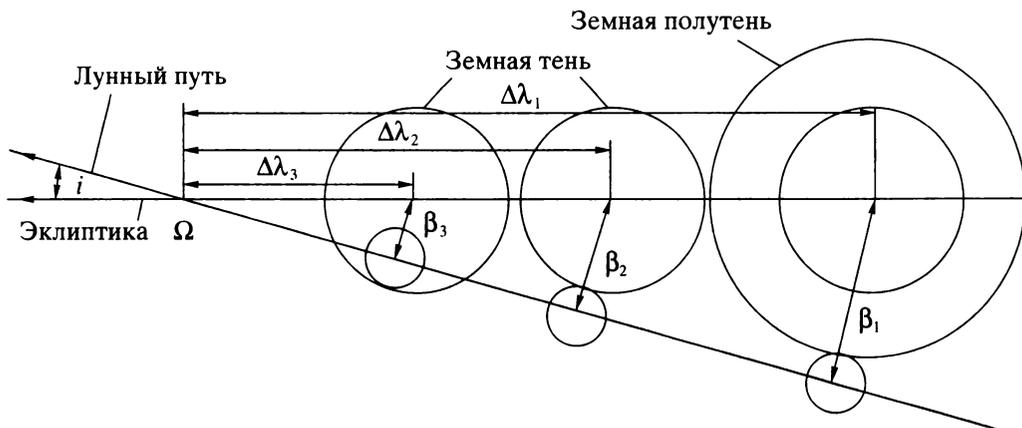
Здесь  $\beta_k$  – предельная эклиптическая широта центра лунного диска. Она определяется по формулам:

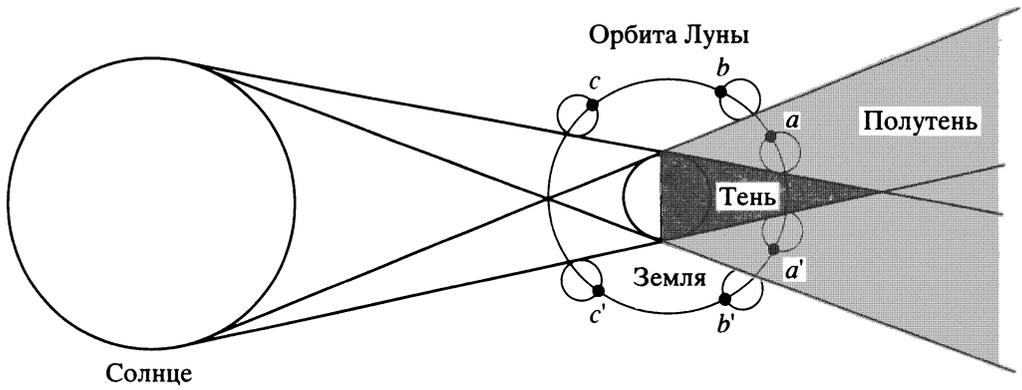
$\beta_1 = \rho_{ЗПТ} + \rho_L$  (для полутеневого затмения),

$\beta_2 = \rho_{ЗТ} + \rho_L$  (для частного затмения),

$\beta_3 = \rho_{ЗТ} - \rho_L$  (для полного затмения).

Среднее значение зоны  $2\Delta\lambda$ , где могут происходить полные затмения, составляет всего  $10^\circ$ . Для частных затмений оно увеличивается до  $21^\circ$ . Затмения происходят, если Луна оказывается в этой зоне в полнолунии. Солнце проходит ее за время, меньшее синодического месяца, поэтому при прохожде-





нии Луной данной зоны вокруг узла может случиться только одно затмение либо оно не произойдет совсем. Такая же ситуация будет и в другом узле лунной орбиты. В итоге теневых лунных затмений в течение года может быть одно или два или не быть совсем.

Оценим частоту полутеневых лунных затмений. Предельная эклиптическая широта для них  $\beta_1 = 75' + 15.5' \approx 1.5^\circ$ . При этом средняя ширина зоны полутеневых лунных затмений оказывается равной  $34^\circ$ , которую земная тень проходит за время, большее синодического месяца. На этот период приходится одно или два

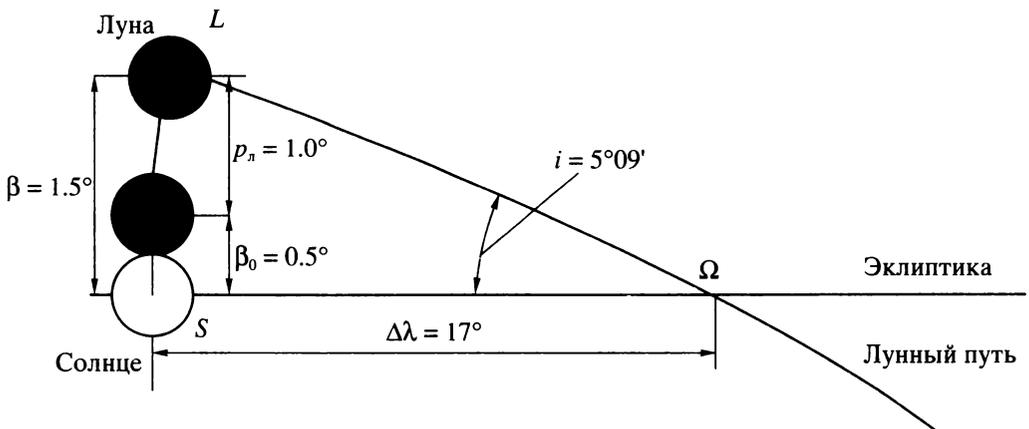
полнолуния, и обязательно произойдут одно или два лунных затмения. Аналогичная картина будет и у противоположного узла. В нем Луна окажется через 173.31 дня (половина длительности тропического года), что близко к длительности шести лунных синодических месяцев (177.18 дня). Только в том случае, если одно из двух затмений в первом из узлов пришлось на самый край зоны затмений, во втором узле оно "потеряется". Так что минимальное число полутеневых затмений в году – 2, а максимальное может достигать 5.

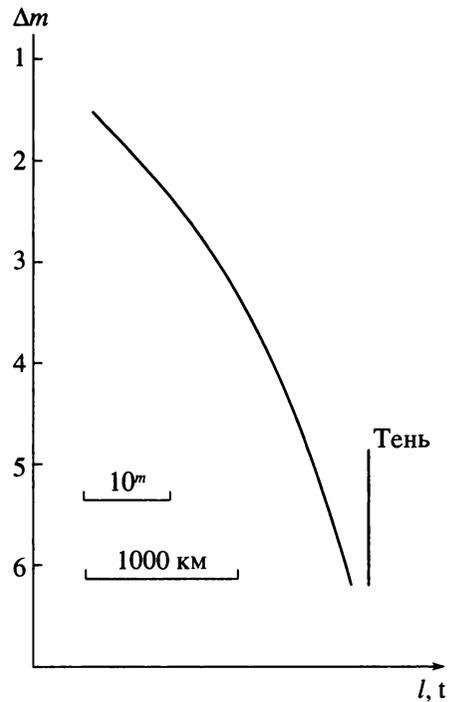
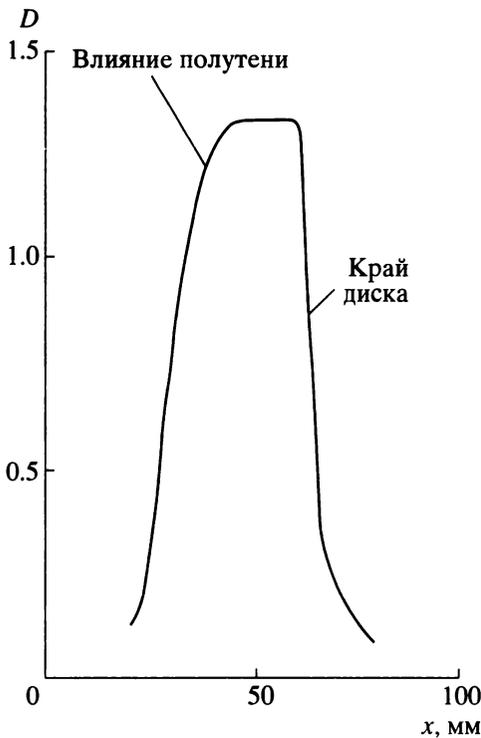
Кратко рассмотрим условия наступления сол-

Схема солнечных и лунных затмений.  $\cup aa'$  – дуга лунной орбиты, где могут происходить теневые лунные затмения.  $\cup bb'$  – зона полутеневых затмений.  $\cup cc'$  – зона солнечных затмений. Видно, что  $\cup bb' > \cup cc'$ , разница составляет несколько процентов. Отсюда следует, что лунные затмения происходят чаще солнечных.

**нечных затмений.** Луна движется, нагоняя диск Солнца. Затмение начинается в момент касания ви-

Условия наступления солнечных затмений. Верхнее изображение диска Луны соответствует его геоцентрическому положению, нижнее – видимому положению из пункта наблюдений. (Для рисунка выбран момент, когда Солнце и Луна находятся вблизи горизонта, в этом случае параллактическое смещение максимально.)





Фотометрический разрез лунного диска при вхождении диска Луны в полутень по результатам обработки фотографий полутеневой фазы лунного затмения 16 сентября 1997 г.

ставляющих и сохранен в ней лишь для строгости. Три другие составляющие варьируют вследствие изменений расстояний между тремя небесными телами при их взаимном перемещении в пространстве. Это особенно сильно сказывается на параллаксе Луны.

димых дисков обоих космических тел, при этом расстояние между их центрами составит около  $0.5^\circ$ . Предельная эклиптическая геоцентрическая широта  $\beta$  центра лунного диска в момент начала (конца) солнечного затмения за счет параллакса будет больше  $0.5^\circ$ . Вычисляется эта величина по формуле:

$$\beta = \rho_c + \rho_l + \rho_l - \rho_c.$$

где  $\rho_c$ ,  $\rho_l$  — угловые радиусы Солнца и Луны;  $\rho_l$ ,  $\rho_c$  — их горизонтальные параллаксы. Параллакс Солнца много меньше трех других компонентов формулы со-

Среднее значение  $\beta$  составит  $\approx 1.5^\circ$ , т.е. такое же, как для полутеневых лунных затмений. Поэтому и средняя ширина зоны солнечных затмений такая же, как у полутеневых лунных затмений, —  $34^\circ$  (колеблется в пределах  $32^\circ$ – $36^\circ$ ). Но лунные затмения происходят даже несколько чаще солнечных, поскольку конус земной тени простирается далеко за орбиту Луны, а конус лунной тени примерно равен расстоянию от Луны

Изменение яркости лунной поверхности (в звездных величинах) по результатам обработки фотографий полутеневой фазы лунного затмения 16 сентября 1997 г.

до Земли. Это подтверждает и статистика. Так, очень полезная справочная книга "Небо начала века" (Земля и Вселенная, 2000, № 6) содержит информацию о 24 солнечных и 26 лунных затмениях, которые произойдут в первые 12 лет XXI в.

Особенность лунных затмений и в том, что они более продолжительны и видны на всей части поверхности Земли, где Луна находится над горизонтом во время затмения.

Е.Б. ГУСЕВ, кандидат физико-математических наук, Н.А. Задорожко г. Рязань

## Наблюдение окрестностей ярких звезд

Начинающим любителям астрономии из-за недостатка практики бывает очень трудно навести телескоп на слабый объект, когда вблизи него нет ярких звезд. Кроме того, если телескоп не снабжен гидом, во время фотографирования небесных объектов вам придется гидировать по "краю" трубы телескопа, а для этого надо выбрать достаточно яркую звезду.

Начнем с красной звезды Альдебаран, самой яркой в созвездии Тельца ( $0.9^m$ ). Рядом расположено одно из крупнейших звездных скоплений – Гиады, состоящее в основном из желтых гигантов. Оно занимает на небе  $5.5^\circ$ , поэтому хорошо видно даже невооруженным глазом. При его наблюдении лучше использовать бинокль.

Если провести прямую линию от звезды  $\pi$  Тельца до Альдебарана и продолжить ее на такое же расстояние, то обнаружим рассеянное звездное скопление (РЗС) NGC 1647. Оно намного меньше Гиад (всего  $45'$ ), а звезды его

имеют блеск не ярче  $6^m$ . Наблюдать NGC 1647 лучше с примерно 60-кратным увеличением. Владельцам крупных телескопов советуем обратить внимание на две слабые галактики: чуть западнее Альдебарана – IC 374 и, на  $1.5^\circ$  севернее, – NGC 1615.

Между Альдебараном и  $\epsilon$  Тельца расположена переменная SZ Тельца – звезда-цефеида с блеском от  $6.3^m$  до  $6.8^m$ .

Перейдем к спектрально-двойной звезде Капелла ( $\alpha$  Возничего). Она состоит из двух желтых гигантов, один из которых превосходит Солнце в 12 раз, второй – в 7. Эта пара разрешается только в крупнейших телескопах мира, а в любительские телескопы выглядит как яркая одиночная звезда. Северо-восточнее ( $15'$ ) Капеллы видна двойная звезда BD + 46–998 ( $6.5^m$ ), хорошо разрешимая даже в малый телескоп. Ее желтый компонент имеет блеск  $6.4^m$ , белый –  $8.6^m$ , расстояние между ними –  $46.6''$ .

Три самые яркие звезды в созвездии Ориона –

$\alpha$  ( $0.5^m$ ),  $\beta$  ( $0.1^m$ ) и  $\gamma$  ( $1.6^m$ ) – знают все любители астрономии, ведь речь идет о Бетельгейзе, Ригеле, Беллятриксе. У Бетельгейзе – красного сверхгиганта, относящегося к полуправильным переменным звездам, – диаметр в 800 раз больше, чем у Солнца. Когда я приводил ее блеск, то взял среднее значение, однако он меняется от  $0.0^m$  до  $1.3^m$ , что можно заметить даже невооруженным глазом. Изменение блеска происходит с двумя периодами: 180 и 2070 дней. Ригель – тройная звезда: белый сверхгигант с диаметром в 40 раз больше диаметра Солнца. На расстоянии  $9''$  от Ригеля расположен спутник  $7^m$ , хорошо заметный даже в небольшой телескоп. Третий компонент можно обнаружить только при спектральных наблюдениях.

Западнее Ригеля, в созвездии Эридана, находится диффузная туманность IC 2118 ( $3 \times 0.5^\circ$ ) – Голова Ведьмы. Она хорошо видна на фотографиях. В лунную ночь при не-

большом увеличении ее можно разглядеть в 15-см телескоп.

Между Головой Ведьмы и Ригелем, рядом с  $\alpha$  Эридана, расположена не очень яркая двойная звезда BD -8-3954, состоящая из двух голубоватых звездочек (блеск 5.8<sup>m</sup> и 9.8<sup>m</sup>, разделение 21.8"). Третья яркая звезда в созвездии Ориона – Беллятрикс – погружена в диффузную туманность, которую она и подсвечивает. Беллятрикс, голубоватый сверхгигант с очень высокой температурой поверхности (около 23 000°C), – хороший гид для фотографирования этой туманности.

Следующие звезды, которые нас интересуют, –

$\alpha$  и  $\beta$  Близнецов, зодиакального созвездия, расположенного восточнее Тельца. Первая, Кастор (блеск 1.6<sup>m</sup>), – огромная система из шести звезд, но только три из них можно увидеть в телескоп. Две голубоватые звездочки (блеск 2.0<sup>m</sup> и 2.9<sup>m</sup>, разделение 2.1"), заметны даже в самый маленький телескоп, третья (блеск 9<sup>m</sup>), на расстоянии 73" от главного компонента, – только в телескоп с апертурой не менее 15 см, хотя можно попытаться увидеть ее и в "Мицар".

$\beta$  Близнецов – Поллукс – мало заинтересует любителей астрономии, т.к. представляет собой одиночную ярко-оранжевую звезду с блеском 1.1<sup>m</sup>.

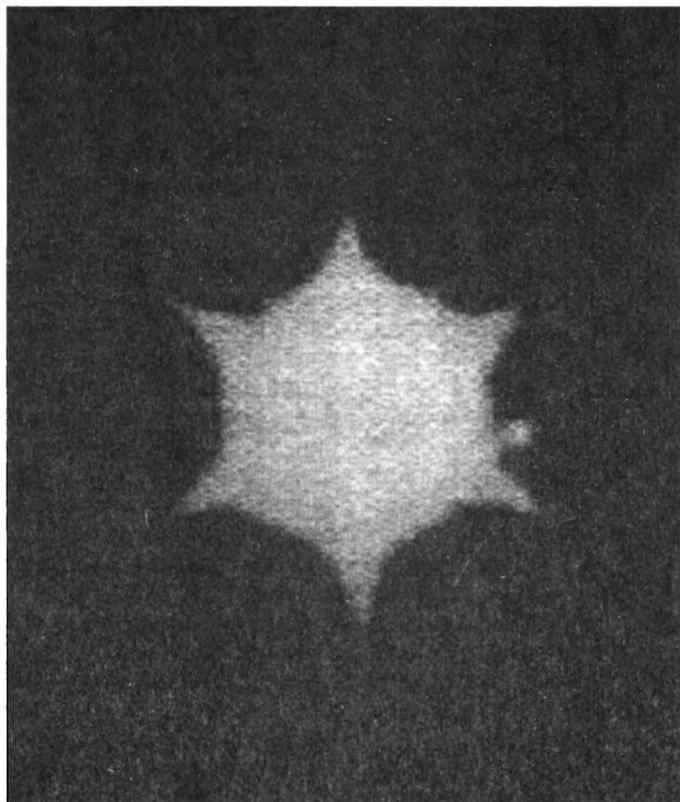
В созвездии Большого Пса расположена ярчайшая звезда – Сириус ( $\alpha$  Большого Пса). От этого белого гиганта (-1.5<sup>m</sup>) до Солнца всего 9 св. лет. Сириус больше Солнца в два раза и ярче в 24 раза. На расстоянии 11" от Сириуса расположен его спутник, белый карлик (блеск 8.6<sup>m</sup>). Сириус В, или Щенок, обращается вокруг главной звезды примерно за 50 лет и иногда подходит к главному светилу так близко, что не различим даже в крупный телескоп. Однако при максимальном удалении он хорошо виден и в средний любительский телескоп. Наиболее благоприятный период наблюдений Щенка наступит после 2004 г. Спутник Сириуса – первый из открытых белых карликов.

Ниже Сириуса расположено небольшое звездное скопление M41 (38'). Оно состоит в основном из белых гигантов. В окрестностях этого скопления множество визуально- и оптически-двойных звезд. Советую воспользоваться звездной картой и рассмотреть каждую из них.

Выше Большого Пса – созвездие Малого Пса с желтоватой звездочкой Прочион (0.5<sup>m</sup>), расположенной, как и Сириус, недалеко от Солнца (11 св. лет). У Прочиона есть спутник – белый карлик. Для его по-

---

*Сириус – ярчайшая звезда неба, имеющая спутник. Этот спутник, называемый Щенком, при наибольшем удалении от главной звезды можно увидеть даже в средний любительский телескоп.*



Карта окрестностей Денеба, выше которого расположено множество рассеянных звездных скоплений и газовых туманностей.

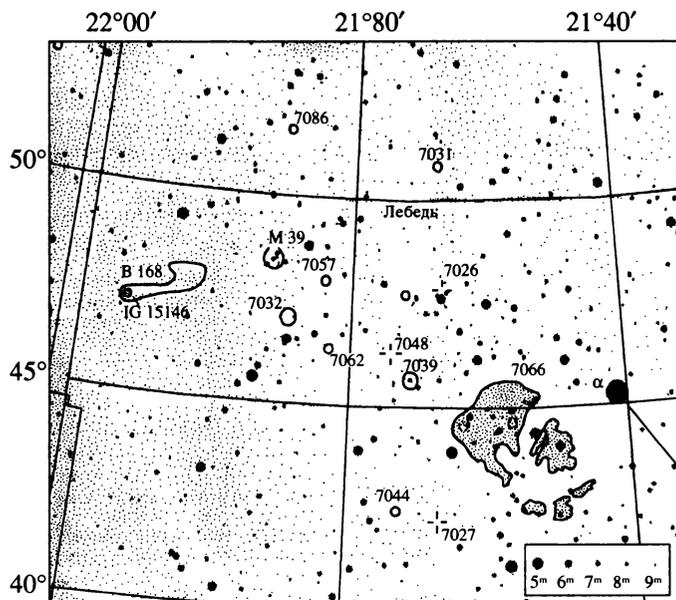
иска потребуется достаточно крупный телескоп, т.к. он представляет собой звездочку  $11^m$  на расстоянии  $4''$  от главной звезды.

На этом обзор "зимних" звезд закончим. Перемещаясь вдоль эклиптики от созвездия Близнецов, минуя созвездие Рака, мы окажемся в созвездии Льва, где остановимся на двух звездах:  $\alpha$  ( $1.4^m$ ) и  $\gamma$  ( $2.0^m$ ).

Первая – Регул, белый гигант, во много раз превосходит Сириус по светимости, но лишь слегка – по размерам. Около Регула находятся два его спутника – на расстоянии  $177''$  звезда  $7.6^m$ , очень похожая на Солнце, и слабая звездочка  $13^m$ , подобная спутникам Сириуса и Проциона.

Севернее Регула ( $18'$  и  $24'$ ) расположены две интересные галактики – Лео-1 и Лео-2, спутники галактики Млечный Путь. Расстояние до них – 750 тыс. св. лет. Их поможет обнаружить телескоп с апертурой не менее 25 см.

Вторая интересующая нас звезда  $\gamma$  Льва – Альгейба, двойная звезда с блеском компонентов  $2.6^m$  и  $3.8^m$ , разделением  $4''$ . Они совершают оборот за 619 лет. Первый компонент оранжевого цвета, второй – желтого. Многие астрономы считают, что при наблюдении в телескоп обе звезды – золотистые. Вблизи Альгейбы



расположены две галактики, относящиеся к классу взаимодействующих, – NGC 3226 и NGC 3227. Для их наблюдений понадобится достаточно крупный телескоп. NGC 3227 относится к сейферовским галактикам, т.е. к галактикам с аномально высокой светимостью ядра.

Ниже по эклиптике, в созвездии Девы, найдем яркую голубоватую звезду Спика ( $\alpha$  Девы,  $1.0^m$ ). Хотя эта звезда и двойная, ее спутник различим только при спектральных или фотоэлектрических наблюдениях на больших телескопах. На юго-запад от Спика расположилась маленькая, ничем не примечательная галактика NGC 5077. Ее можно наблюдать в средний телескоп, но единственное, что вам удастся увидеть – это слабое пятно света.

Во время Московского фестиваля астрономов в

2000 г., когда небо начало темнеть, десятки телескопов были направлены на ярчайшую звезду в созвездии Волопаса – Арктур ( $0.0^m$ ). Каждый наблюдатель пытался как можно раньше увидеть слабый оптический спутник Арктура ( $6^m$ ). Сам Арктур – оранжевый гигант с достаточно быстрым собственным движением, что говорит о его близости к Солнцу (36 св. лет). Оптический спутник Арктура – подобный Сириусу белый гигант, видимый как звездочка  $6^m$ . Несколько выше Арктура – двойная звезда, состоящая из звезд  $6.5^m$  и  $8.2^m$  с промежутком в  $4''$ . Это хороший объект для проверки разрешающей способности вашего телескопа.

Восточнее Арктура вы заметите яркую звезду – Вега ( $\alpha$  Лирь), не уступающую ему в блеске ( $0.0^m$ ). Эта звезда – белый ги-

гант. Надо сказать, что Вега – первая звезда, до которой было определено расстояние. Сделал это в 1837 г. русский ученый В. Струве. В 1850 г. У. и Дж. Бонд сумели получить первую фотографию звезды, ею также оказалась Вега. Вега стала и первой звездой, у которой космический телескоп ИРАС обнаружил (1983 г.) протопланетное облако, из которого рождаются планеты. В 2000 г. украинские астрономы открыли вблизи Веги планету.

Рядом с Вегой расположены две кратные звезды. Северо-восточнее –  $\epsilon$  Лиры. Эта система состоит из двух звезд ( $5^m$ , разделение  $3'28''$ ). Каждая из них – также двойная звезда, расстояние между компонентами  $\epsilon_1$ –2.8, между компонентами  $\epsilon_2$ –2.3. Все четыре звезды подобны Сириусу или Веге. Звезда  $\xi$  Лиры расположена юго-восточнее Веги. Она состоит из компонентов белого ( $4.3^m$ ) и желто-

ватого ( $5.9^m$ ) цвета, разделенных  $44''$ .

Чуть выше Веги – переменная звезда ХУ Лиры. Это переменная неправильного типа, меняющая свой блеск от  $5.8^m$  до  $6.4^m$ . ХУ Лиры – сверхгигант, не уступающий по размерам Бетельгейзе.

Выше и левее Веги расположен белый сверхгигант Денеб ( $\alpha$  Лебедя), но из-за значительного расстояния (более 550 св. лет) Денеб выглядит как звезда  $1.3^m$ . К востоку от него видна диффузная туманность Северная Америка (NGC 7000) – любимый объект астрофотографов. Она занимает на небе площадь более  $3^\circ$ , и поэтому для ее наблюдений лучше всего использовать бинокль. Некоторые астрономы утверждают, что видели ее невооруженным глазом. Рядом с Северной Америкой расположена еще одна светлая диффузная туманность – Пеликан (IC 5070), а между ними находится темная диффуз-

ная туманность Мексиканский залив. Все три объекта, скорее, заинтересуют любителей астрофотографии, нежели визуальных наблюдателей. Для них сообщу, что севернее туманностей расположено около десятка различных рассеянных звездных скоплений.

Ниже Денеба, также в плоскости Млечного Пути, находится Альтаир ( $\alpha$  Орла;  $0.9^m$ ). Этот белый гигант расположен от нас на расстоянии 18 св. лет, его поперечник превосходит солнечный в 2.2 раза. Вблизи Альтаира любители астрофотографии найдут множество диффузных туманностей – как светлых, так и темных.

У горизонта, в зодиакальном созвездии Скорпиона, мы видим яркую звезду Антарес ( $\alpha$  Скорпиона;  $1.2^m$ ). Она находится вблизи самой яркой части Млечного Пути и погружена в центр диффузной туманности. На расстоянии  $2.9''$  от Антареса расположен его спутник – зеленоватая звездочка  $6.5^m$ . Для ее поиска желательно иметь телескоп с апертурой 15 см, хотя есть сведения, что этот спутник многие наблюдали и в "Мицар".

Западнее Антареса – шаровое звездное скопление М4, одно из самых ярких на земном небе ( $5.4^m$ ). Его хорошо видно невооруженным глазом в южных районах нашей



*Шаровое звездное скопление М4, которое можно легко обнаружить (оно находится всего лишь в  $1.5^\circ$  западнее яркой звезды Антарес).*

страны. Выше Антареса, на границе Скорпиона и Змееносца, расположены две крупные диффузные туманности – IC4604 и IC4603, хорошо видимые только в южных районах.

В заключение расскажем об окрестностях двух звезд 2<sup>м</sup> недалеко от северного полюса мира. Начнем с переменной звезды  $\gamma$  Кассиопеи – Нави. Это неправильная быстровращающаяся звезда, вокруг которой расположен про-

топланетный диск. Разумеется, разглядеть его в телескоп нельзя. Обычно блеск Нави не превышает 3<sup>м</sup>, но иногда ее блеск возрастает до 1.6<sup>м</sup>. Выше этой звезды находится светлая диффузная туманность IC 63, небольшая и не слишком яркая, хорошо видная на фотографиях. Рядом с Нави – ее оптический спутник (SAO 11484).

В окрестностях звезды Мерак ( $\beta$  Большой Медведицы; 2.3<sup>м</sup>) – два интерес-

ных объекта. Чуть восточнее – галактика M 108, а несколько южнее видна зеленоватая планетарная туманность M 97. Наблюдать ее можно в телескоп с апертурой не менее 10 см.

Эти интересные и разнообразные объекты мы видим вблизи ярчайших звезд неба. А сколько их находится у звезд еще более слабых!

*Ю. В. СОЛОМОНОВ*

---

## Информация

---

### Пояс астероидов у звезды $\xi$ Зайца

Астрономы Калифорнийского университета (США) Кристин Чен и Майкл Юра сообщили о наблюдениях звезды  $\xi$  Зайца, завернутой в вихревую пылевую оболочку, в которой, возможно, формируются планеты, а может быть, уже и сформиро-

вались. Это относительно молодая звезда – ее возраст приблизительно соответствует возрасту Солнца, когда вокруг последнего формировались планеты.

При наблюдениях использовался 10-м телескоп им. Кека обсерватории Мауна Кеа на Гавайях (США) с установленной на нем инфракрасной камерой. Из данных о распределении плотностей и температур выяснилось, что вокруг звезды в вихрях пыли находится массивный астероидный пояс. “Исходя из условий, которые мы идентифицировали вблизи  $\xi$  Зайца, мы полагаем, что пылевая оболочка звезды содержит астероиды, ко-

торые бурно сталкиваются между собой, – говорит М. Юра. – Система  $\xi$  Зайца сходна с той, что была у Солнца в его ранние годы, когда планеты и астероиды только создавались”.

“Мы хотим узнать, сходны ли по строению астероиды вокруг звезды с объектами нашей Солнечной системы, – сказала К. Чен. – Мы хотим изучить процессы, развертываемые вокруг  $\xi$  Зайца, чтобы лучше понять, как сформировалась наша собственная планетная система”.

The Planetary Report, XXI, 5, 2001

### Звезда в тумане

Астрономы Кембриджского университета (США) сообщили об открытии ими звезды, окруженной плотным роем водяных облаков. Это переменная звезда CN Leo, она же инфракрасный источник IRC + 10216, расположенный в созвездии Льва в 500 св. годах от Солнца. Открытие было сделано с помощью спутника SWAS (Submillimetr

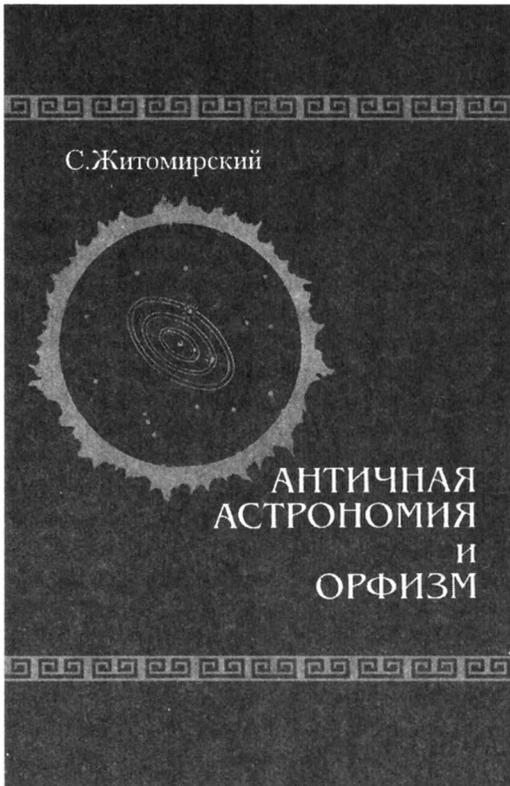
Wave Astronomy Satellite – астрономический спутник для субмиллиметровых волн), запущенного NASA в 1998 г.

За прошедшие два года спутник обнаружил водяные пары у различных типов астрономических объектов. Но наличие водяных облаков у звезды – красного гиганта – стало неожиданностью для исследователей. Чтобы вокруг звезды собралось такое количество водяных паров, ей нужно было испарить несколько сот миллиардов комет, располо-

женных на расстоянии от 75 до 300 а.е. Их полная масса сходна с первоначальной массой пояса Койпера (кометные тела, обращающиеся вокруг Солнца за орбитой Нептуна). “Умиряющая” звезда CN Leo, достигшая пика своих размеров и светимости, много более яркая, чем Солнце, способна быстро испарить кометы даже на расстоянии пояса Койпера.

The Planetary Report, XXI, 5, 2001

## От Арата до Архимеда



Думаю, что название новой книги С.В. Житомирского “**Античная астрономия и орфизм**” (Издательство Янус-К, М., 2001) большинство читателей повергнет в смятение. С античной астрономией все ясно, но что такое орфизм? Следует пояснить. Орфизм – одно из философских учений Древней Греции. И далее, следуя автору: “*В орфических взглядах на мир имелись три великие идеи, кото-*

*рые и легли в основу астрономической науки. Первая – вера в гармоничное устройство Вселенной, ее упорядоченность (в том числе математическую); вторая – представление о твердой вращающейся небесной сфере, охватывающей Землю, и идея центральной симметрии мира”.*

Осталось только добавить, что истоки таких представлений, видимо, лежат в далеком прошлом индоевропейцев, ибо нечто похожее (Мировое яйцо) автор находит в индийском и иранском мифах. Небесный свод, как твердая скорлупа яйца, несущий звезды, оказался прекрасной моделью для построений сферической астрономии. Благодаря идеям орфизма греческие астрономы поднялись до геометрического осмысления Вселенной, что не смогли сделать, например, в Месопотамии, хотя там даже научились предсказывать видимые движения светил.

Автор проследил, как шел **процесс постижения строения Мира** и как геометрия Вселенной постепенно приближалась к реальной. Движущей силой были наблюдения, точнее их усовершенствование. Выделение зодиакальных созвездий и даже осознание, что Солнце, Луна и планеты движутся только в определенном поясе неба (зодиак), еще не приближали к Копернику, но благодаря этому был сделан первый шаг: выделение небесных кругов, т.е. экватора и тропиков, северного и южного. Впрочем, в поэме Арата “Явления” тропики названы большим и малым кругами (Земля и Вселенная, 1998, № 3).

Существует мнение, что представление о небесных кругах появилось уже в

Греции, намного позже, чем разделение неба на созвездия, упоминаемые Аратом. Поэтому автор снова возвращается к идее, в доказательство которой он в свое время внес весомый вклад: названия созвездий, описанных в поэме Арата, следовавшего Евдоксу (ок. 403–350 до н.э.), восходят примерно к 2000 г. до н.э. (Земля и Вселенная, 1998, № 3). И основывается при этом на указаниях в поэме, через какие именно созвездия проходят небесные круги. Надо отметить, что этот метод вызывает сомнения у некоторых исследователей. Оппоненты приводят два довода против. Первый – положение тропиков выглядит подозрительно точно по отношению к звездам и второй – в 2000 г. до н.э. на широте 32°–36° (именно там было проведено разделение неба на созвездия Арата, и это положение, кажется, никем не оспаривается) не было достаточно развитой цивилизации. С.В. Житомирский отмечает, что к идее выделения кругов на небесной сфере можно прийти, проводя систематические наблюдения в рамках древнейшей горизонтной астрономии, и с ее же помощью можно определить положения тропиков и экватора, наблюдая восходы (заходы) созвездий в точках, отмечающих восходы (заходы) Солнца в дни солнцестояний и равноденствий. Из этого следует, что начало выделению небесных кругов на фоне созвездий могли положить уже индоевропейцы эпохи неолита, перешедшие к оседлому земледелию и скотоводству. На роль цивилизации, чьи достижения отразились в поэме Арата, автор прочит микенскую на Крите. Это возможно, но не обязательно. В ту эпоху существовали и другие города-государства в северной Сирии и южной Анатолии. Особенно перспективной с этой точки зрения выглядит Эбла (на месте нынешнего Алеппо в Сирии), при раскопках которой в 80-х гг. прошлого века нашли громадную библиотеку. Добавлю также, что “чрезмерная” точность кругов могла быть просто следствием продолжения подобных наблюдений в самой Греции.

Пойдем дальше. Первым философом, построившим **модель мира**, был Анаксимандр (ок. 611–546 до н.э.). Ему приписывают множество заслуг, среди них

открытие равноденствий и солнцеворотов (по-видимому, эти явления он описал первым), изобретение часов. Интересно, что Вселенная Анаксимандра подается в развитии: она пришла к нынешнему состоянию постепенно, а первым толчком было выделение вечным нестареющим беспредельным Временем двух противополоствующих существностей – горячего и холодного (Огня и Воды?), – которые, подхваченные вращением времени, в итоге создали Мир. (Этапы создания прослежены.) Чем не диалектика?

В данном контексте важно, что Анаксимандр первым пришел к мысли, что **Земля не нуждается в опоре**. “Парящая” Земля Анаксимандра – “*смелый, можно сказать революционный шаг*”. В целом Вселенная у него сферическая, в которой все направления равноценны, в центре – Земля. Приведены даже относительные расстояния до сфер планет, Луны, Солнца и звезд (9 : 18 : 27 : 54) в единицах ширины Земли, причем круги светил наклонны к Земле. Только в отношении формы Земли остается рецидив традиционного греческого деления мира на горизонтальные области: Земля у него – плоский цилиндр, в три раза больший в ширину, чем в высоту, на верхней поверхности которого мы живем. С.В. Житомирский усматривает ряд параллелей в космологии Анаксимандра и в древних орфических и восточных мифах.

Шаровая Земля появилась позже, у пифагорейцев. Надо понять, что переход к **шарообразности Земли** был “*серьезным потрясением основ, коренной ломкой очевидных представлений... требовалось заменить... понятие абсолютных “верха” и “низа”... абстрактным понятием “центра”, которое приводило к таким парадоксальным выводам, как существование антиподов*”. Это возвращает к принятой орфизмом центральной симметрии мира, досадно нарушенной плоской Землей, но требует придания центру тяготеющих свойств (дабы не упали куда-то антиподы). А это уже не геометрия, а физика. Ответственной за притяжение (совершенно неожиданно для меня) оказалась богиня Генесис, сотворившая мир и принуждающая самцов и самок тянуться друг к другу и тем самым

поддерживать земную жизнь. Почему бы ей, размещенной в центре Земли, точно так же не притягивать к себе (к центру) и все остальное? Эти идеи высказаны (в разной форме) у пифагорейцев Парменида (ок. 515–445 до н.э.) и Эмпедокла (ок. 490 – ок. 430 до н.э.). (Кстати, некоторые историки считают, что Парменид первым выдвинул идею шарообразности Земли, но, рассматривая этот вопрос, С.В. Житомирский склоняется в пользу Пифагора (ок. 540–500 до н.э.)

Дальнейшее развитие – Филолай (ок. 470 – после 388 до н.э.). В центре мира уже не Земля, а Центральный огонь, закрытый от нас Антисемлей, синхронно с Землей обращающейся вокруг центра. Здесь важен отказ от неподвижности Земли. Далее расположены сферы обращения Луны (ее форма – чечевица), Солнца, планет и неподвижных звезд. При этом Солнце – не самостоятельное светило, а отражатель Центрального огня. Есть сведения, что некоторые пифагорейцы пришли к идее о вращении Земли. Впрочем, информация о системе мира Филолая неполна и отрывочна.

Платон (427–319 до н.э.) построил **гармоничный мир** – шар, разделенный на ряд концентрических слоев, каждый со своим светилом. Движение небесных тел он объяснял суммой суточного движения сферы звезд вокруг оси мира и самостоятельных движений других сфер в противоположном направлении вокруг оси эклиптики. Перечисляя небесные явления, как то: стояния и возвратные движения светил, соединения и противостояния, затмения (даже с возможностью их предсказания!), он отметил, что говорить о них, не имея перед глазами *“наглядного изображения”*, было бы тщетно. Это – первое указание на существование небесного глобуса, да еще с демонстрацией на нем небесных движений. По-видимому, речь идет о построениях Евдокса Книдского (408 – ок. 355 до н.э.).

Евдокс, создатель первой **математически обоснованной теории движения планет**, скорее всего использовал при этом механические модели. Поскольку он оставался верен идее одного центра и равномерности движений, нужный результат достигался сложением движе-

ний различных сфер относительно друг друга с разными периодами и осями вращения. На последней из сфер помещалось светило. Это потребовало от Евдокса и его последователя Калиппа чудес изобретательности. Для каждой планеты пришлось ввести четыре сферы, тем не менее, конечный результат – движение планеты по восьмерке (гипопеде). Видимо, в его время точное движение планет еще не было известно. Евдокс даже и не пытался объяснять неравномерность движения Солнца.

Позже Аристотель довел число сфер до 55. Птолемей, чтобы добиться согласия с наблюдениями, вынужден был использовать эпициклы, придуманные ранее Аполлонием, и эксцентры, введенные Гиппархом, отступив от принципа центральной симметрии Вселенной.

Во второй части книги, **“Преодоление мифа”**, С.В. Житомирский много внимания уделяет наблюдениям и инструментам для наблюдений. В середине IV в. до н.э., между эпохами Евдокса и Калиппа, произошел весьма заметный скачок в точности наблюдений. Еще в V в. до н.э. был определен наклон эклиптики в  $24^\circ$ , видимо с помощью стенного квадранта. Далее появились равноденственное кольцо, полуденный круг, экваториальная армиллярная сфера. Переход от горизонтной астрономии к наблюдениям открытого неба совершился. Автор, инженер-конструктор по профессии, дает чертежи инструментов для наблюдений, восстановленные им по описаниям Птолемея.

Взросшая точность астрономии требовала усовершенствования или перестройки модели мира. Коперником античного мира называют Аристарха (ок. 310–230 до н.э.), создателя первой гелиоцентрической системы мира. Возможно, что важную роль здесь сыграли проведенные Аристархом исследования по определению размеров Солнца. Исходными данными были угол между Луной и Солнцем в фазе четверти, размер земной тени во время лунного затмения и видимый диаметр Луны. Хотя все эти значения приняты Аристархом с большой ошибкой, все же Солнце получилось существенно больше Земли, в 6.7 раза. Позже он приблизился к истине, увеличив эту оцен-



*Древнейшая теокосмогония, представленная в индийских, орфических, древнеиранских мифах. Начало Всего: Беспредельное Время (Зерван – у зороастрийцев, Хронос – у греков). Время творит эфир и в нем создает Мировое яйцо. Из яйца появляется орфический бог-демиург Фанес. Поклонники Митры отождествили своего бога с Зерваном и Фанесом. От них до нас дошли эти барельефы. Слева – Митра-Зерван-Хронос (барельеф из митраистского святилища в Риме). Справа – Митра-Фанес внутри Мирового яйца (барельеф из Моденского музея).*

ку в четыре раза после того, как определил правильно видимый диаметр Луны (и Солнца). Аристарх не ограничился высказыванием голы идеи, а разработал детальную картину Мира. В частности, он наклонил плоскости орбит планет к земной и получил в их видимом движении именно петли, а не восьмерки Евдокса. Но он так и не отказался от принципа равномерности движений, поэтому не смог добиться полного согласия с наблюдениями. Это одна из причин, хотя и не главная, того,

что его теория не была принята современниками. Автор отводит много места выяснению, почему же философы разных направлений не соглашались с Аристархом. Здесь существен не только сам перенос центра мира, но важно и то, что планеты (и Земля тоже) уже не были связаны с некими твердыми сферами, но свободно перемещались в пространстве (возврат к Пифагору).

Заключает книгу подробный рассказ об Архимеде (ок. 287–212 до н.э.). Ведь в сравнении с другими учеными античного мира он выглядит инженером, коллегой автора. Но и теориям мироустройства он тоже не был чужд. По отношению к Аристарху он сделал то же, что Тихо Браге по отношению к Копернику: ввел геогеоцентрическую систему мира. В ней Меркурий, Венера и Марс обращаются вокруг Солнца, а оно – вокруг Земли. На более дальние орбиты вокруг Земли помещены Юпитер и Сатурн. Все расстояния “точно” подсчитаны. Кое-что дейст-

вительно точно: вытекающие из наблюдений угловые радиусы Солнца и земной тени на Луне, расстояние до Луны в земных радиусах ( $62.1 R_{\oplus}$ ), и почти точны относительные размеры орбит Меркурия, Венеры и Марса ( $0.36 : 0.72 : 1.44$ ).

Автор сделал попытку реконструировать небесный глобус Архимеда. Известно, что на этом бронзовом сооружении можно было видеть движения Солнца и Луны, смену фаз Луны, затмения, движения планет. О его механике, конечно же, сохранились очень скудные сведения. Но уже само его существование позволяет сделать выводы о ряде элементов механики, применявшихся в то время (придуманных Архимедом или до него). Это многоступенчатые зубчатые передачи, пла-

нетарные передачи, воздушные турбины, кривошипно-шатунный механизм.

В завершение автор отмечает, что *“восходящие к мифологии Мирового яйца представления о твердом небе, ограничивающем мир, продержались в астрономической науке до конца XVI в. Только в 1584 г. ... Джордано Бруно провозгласил:*

*“Кристалл небес мне не преграда боле,  
Рассекши их, подъямлюсь в бесконечность”.*

Это правильно, но разве представление об однородности и изотропности нашей Вселенной не сродни идеям орфизма?

**В.А. ЮРЕВИЧ,**

*кандидат физико-математических наук*

## НОВЫЕ КНИГИ

### **“В звездном царстве, в земном государстве”**

Так называется брошюра, которую выпустили в Ярославле И.А. Стамейкина, С.Б. Кривова и М.Е. Лавров в 2001 г. Это сборник небольших сказок, стихов, загадок, поговорок, кроссвордов о Космосе и космических объектах. Книжка, изданная, к сожалению, крошечным тиражом, адресована воспитателям детских садов, учителям начальных школ, родителям, гуверне-



рам и любознательным детям, постоянно задающим взрослым вопросы о Луне, Солнце, звез-

дах, кометах и различных небесных явлениях. Авторы надеются, что их произведение поможет углубить интерес малышей к науке и Вселенной, а затем дети много интересного узнают во время посещения Ярославского планетария (одного из лучших среди оставшихся в России).

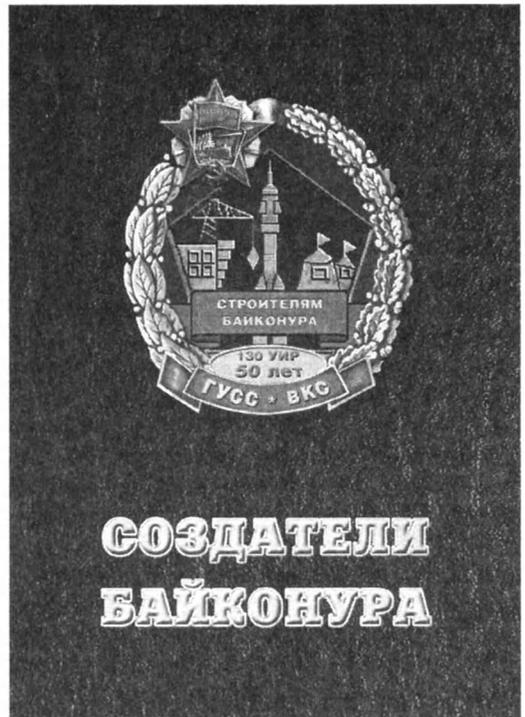
Материал в брошюре систематизирован следующим образом: в четырех основных разделах (“Солнце”, “Луна”, “Звезды и созвездия”, “Планеты и кометы”) собраны относящиеся к этим темам сказки и стихи разных авторов, считалки и потешки, приметы, загадки и кроссворды. Всему этому предшествует краткое “Введение”, в котором рассказывается о том, как пользоваться книжкой и что еще почитать детям.

## Создатели космической гавани

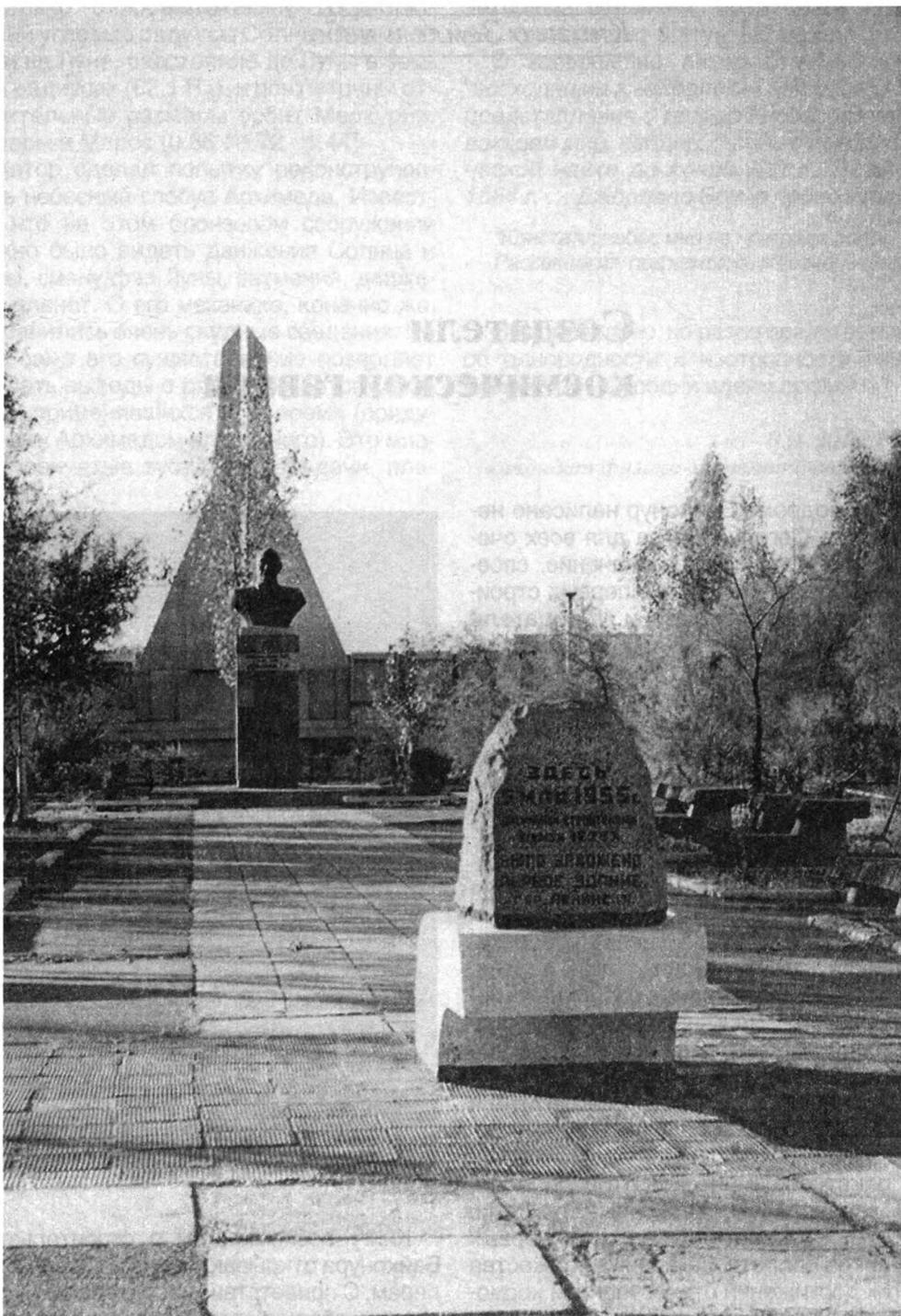
О космодроме Байконур написано немало книг. Сегодня, когда для всех очевидно его историческое значение, своевременно издание книги о первых строителях космической гавани **“Создатели Байконура. 50 лет 130-му ордена Октябрьской революции Управлению инженерных работ”** (под редакцией генерал-майора Ю.В. Костюченко. М., Министерство обороны РФ, 2001). Издание приурочено к юбилею ведущей организации, развернувшей небывалое строительство в пустыне Казахстана.

Возведение множества уникальных сооружений стартового комплекса – дело рук не только военных строителей, но и огромного коллектива ученых, проектировщиков, монтажников, транспортников, инженеров и рабочих различных специальностей. Именно поэтому книга славит военных строителей и всех, кто бок о бок трудился с ними.

В числе авторов книги – заместители министра обороны, крупные военные организаторы, руководители ведущих главков ракетно-космической отрасли, военные специалисты, ветераны-строители. Все они – свидетели запусков первых спутников, полета Гагарина, множества других достижений отечественной космонавтики. Герои сборника занимались строительством засекреченных специальных объектов Байконура, причастны к созданию ракетно-ядерного щита – шахтных пусковых установок боевых ракетных комплексов.



Книгу воспоминаний о строительстве Байконура открывают поздравления юбилярам. С приветствием к ветеранам-строителям обращаются видные военачальники, участвовавшие в создании космодрома и ракетного оборонного комплекса: генерал армии В.Н. Яковлев, генерал-полковники А.Д. Косован и Л.В. Шумилов, генерал-лейтенанты А.В. Гребенюк



*Памятник на месте, где 5 мая 1955 г. было заложено первое здание города Ленинска. На втором плане – памятник генерал-майору Г.М. Шубникову, первому начальнику строительства космодрома Байконур и г. Ленинска.*



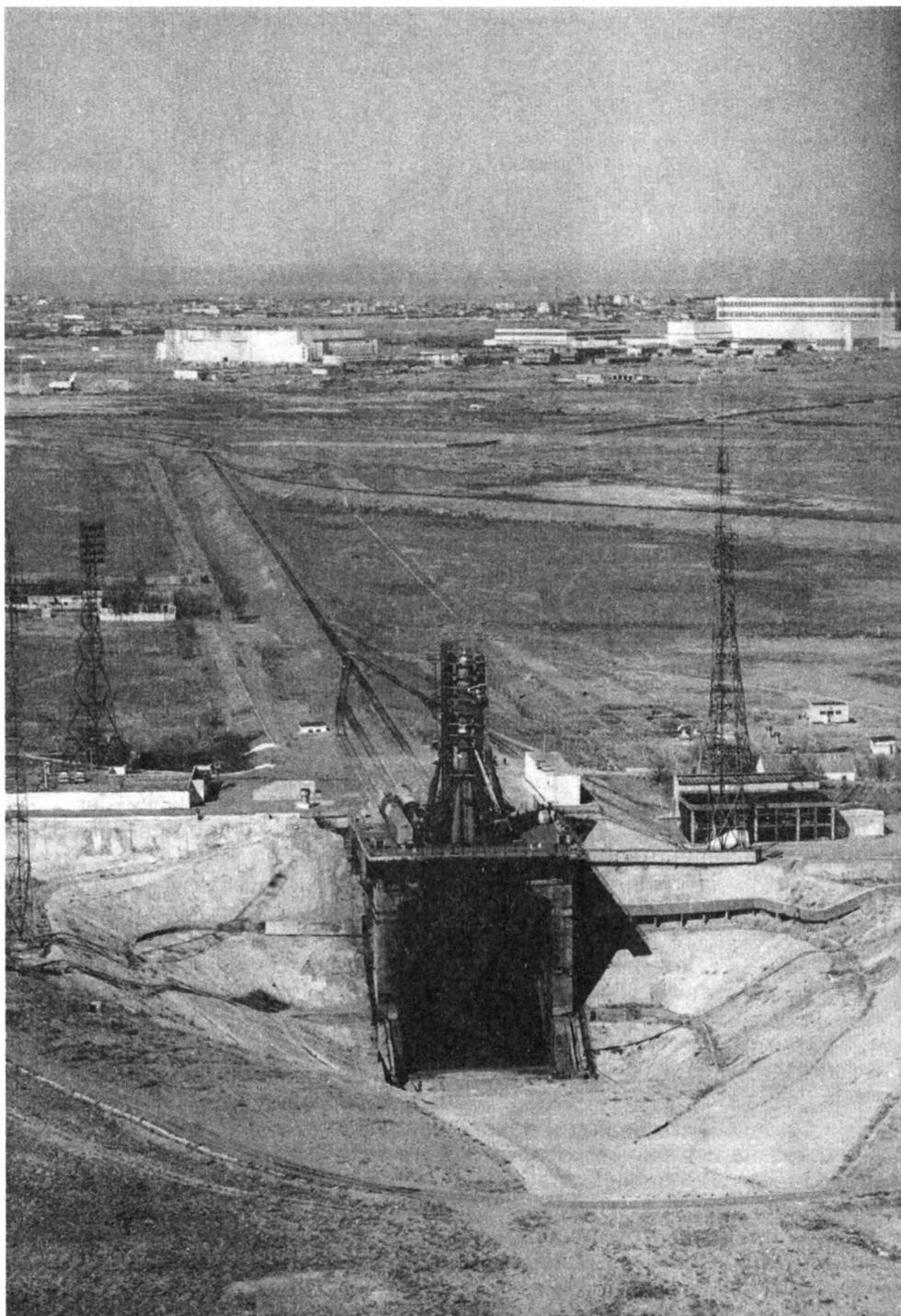
*Г.М. Шубников (слева) и С.П. Королёв (справа) обсуждают ход строительства первого стартового сооружения. Начало 1957 г.*

и А.А. Макарычев. Ветеранов-строителей также приветствуют Генеральный директор Российского авиационно-космического агентства Ю.Н. Коптев и Президент РКК “Энергия” им. С.П. Королёва Ю.П. Семенов.

В книге семь глав. В первой (“**Начало...**”) рассказана история строительства космодромов в СССР начиная с 1954 г. О первых этапах строительства повествует начальник Главного управления специального строительства Министерства обороны М.Г. Григоренко. Без сомнения, это рассказ самого осведомленного специалиста, посвященного в секреты наиболее закрытой стройки того времени. Об этих годах вспоминает заместитель начальника 130-го Управления инженерных работ И.М. Гурович, второе ли-

цо после возглавившего строительство генерал-майора Г.М. Шубникова.

Вторая глава (“**Старт в космос**”) посвящена главной цели великой стройки – подготовке первых запусков спутников в космос, реализации пилотируемых программ. В третью (“**Плечом к плечу**”) включены воспоминания ветеранов Минмонтажспецстроя и его многочисленных трестов. Перед нами проходят трудовые судьбы монтажников и связистов, ракетчиков и телеметристов, дорожников и сантехников... Это они монтировали и настраивали многочисленные системы и комплексы различного назначения. Четвертая глава (“**Старты начинались с проектов**”) повествует о создателях проектов стартовых сооружений космодрома и города Ленинска, где жили все, кто работал на многих комплексах Байконура. Пятая (“**Космос зовет. Новые старты**”) – об испытателях космической техники, которые отдали жизнь, проверяя работу сложнейших военных и гражданских ракетных комплексов. В данной главе полковник М.Н. Мельников рассказывает об



Стартовый комплекс межконтинентальной баллистической ракеты Р-7 и ракеты-носителя "Восток" (площадка 1). На втором плане – монтажно-испытательный корпус и технические сооружения для подготовки к запуску космической системы "Энергия" – "Буран" (площадка 250). 1990-е гг.



*Город Ленинск с высоты птичьего полета. 1990-е гг.*

испытаниях ракет шахтного и наземного базирования, средств ПВО, ракет морского базирования. Он был свидетелем успешных запусков ракет и трагической гибели Главного маршала артиллерии М.И. Неделина при испытании новой ракеты. В этой же главе приведены подробности неудачи при испытании мощной ракеты-носителя "Н-1" и драматической гонки за первенство в осуществлении лунной экспедиции, приведшей в итоге к успеху американской программы "Аполлон".

В шестой главе («Энергия "Бурана"») – воспоминания о реализации уникальной программы "Энергия – Буран", завершившейся успешным и единственным космическим полетом беспилотного корабля "Буран". На развертывание отечественного шаттла не хватило средств, и ныне все сооружения знаменитой программы представляют собой груды металла. В заклю-

чительной, седьмой главе (**"Ты помнишь, товарищ..."**) очевидцы рассказывают о жизни города и космодрома. Это ностальгия по былому величию нашей космонавтики. Но Байконур продолжает функционировать, осуществляются старты в космос, реализуются отечественные и международные программы. Россия остается одной из ведущих мировых космических держав...

Книга хорошо иллюстрирована, многие снимки – свидетельства истории строительства космодрома – приводятся впервые. Каждый из разделов книги открывают стихи авторов-женщин, причастных к созданию первой космической гавани наравне со своими мужьями, братьями, сыновьями. В заключение хочется привести строки из "Гимна строителей Байконура":

Будут сверстники, а может и дети  
На планетах других возводить города,  
Но о первой площадке для первой ракеты  
Не забудут они никогда, никогда...

*В.И. ГАЛЕНКО,  
капитан 2-го ранга в отставке*

## Вокруг Памира

К грандиозному горному поднятю Памира сходятся южные и центральноазиатские гигантские хребты: Гиндукуш, Каракорум, Кунь-Лунь и Тянь-Шань. Эта обширная горная страна, вздымающаяся отдельными вершинами выше 7 км над уровнем моря, расположена в основном в пределах Таджикистана. Частично она входит в состав еще четырех государств – Афганистана, Пакистана, Китая и Kirгизстана. Но именно на Памире и в окружающем его пространстве во второй половине XIX в. столкнулись геополитические интересы двух величайших в то время империй – Британской и Российской. Их соперничество стимулировало научное исследование и картографирование этой труднодоступной территории.

Вышедшая в московском издательстве “Памятники исторической мысли” книга известного российского картографа-историка академика РАЕН А.В. Постникова «Схватка на “Крыше Мира”» (2001 г.) рассказывает о полных невероятных перипетий исследованиях, занявших вторую половину XIX в. и первую – XX в. В них участвовали выдающиеся русские путешественники-географы Н.М. Пржевальский, Н.А. Северцов, И.В. Мушкетов, А.П. Федченко. Менее известны российский топограф В.Л. Громбчевский и будущий президент Финляндии К.Г. Маннергейм (тогда полковник драгунского полка, командированный на два года с секретной миссией в Китай, где провел серьезные географические наблюдения).

Из имен “покорителей” гор и пустынь Центральной Азии в составе британских экспедиций более всего известно имя шведского ученого и художника Све-



на Гедина. Наибольшее значение среди зарубежных путешествий, по мнению А.В. Постникова, имела экспедиция лорда Джорджа Керзона, которого мы знаем как вице-короля Индии и министра иностранных дел Великобритании в 1919–24 гг. А лорд Керзон между тем издал в 1895 г. солидный труд, посвященный Памиру, и карту масштаба 1 : 1 000 000.

Автор подробно рассказывает о выдающихся английских исследователях Памира Фр. Янгхазбэнде и Н. Ильясе. Он объективно показывает, как, несмотря на геополитическое соперничество, исследователи Памира со стороны России и Англии объединили свои усилия. Они вынуждены были сотрудничать. Английские топографы не могли закончить свою работу, не получив материалы российской съемки. Поэтому начальник Большой тригонометрической службы Индии полковник Дж. Уолкер вел активную переписку с членами Русского географического общества Алексеем и Ольгой Федченко, астрономами О. Струве и А. Вагнером, обменивался с ними картами и данными полевых исследований.

“Географический императив... – утверждает А.В. Постников, – играл ведущую роль”.

Результатом международного сотрудничества стали: соглашение 1869–73 гг. о делении сфер влияния между империями и англо-русско-афганский договор 1894–96 гг. о границах, действующий до сего времени. Российско-китайская же граница на Памире не установлена “в строгом соответствии с нормами международного права”.

Книга А.В. Постникова исчерпывающе раскрывает тему. В ней использовано огромное количество печатных и рукописных материалов из российских и британских архивов. Более 800 литературных источников указаны в списке литературы, более 2000 имен – в именном указателе.

«Эта книга впервые дает возможность российскому читателю, – пишет в предисловии академик В.С. Мясников, – во всей полноте познакомиться с историческим сюжетом, известным в зарубежной литературе под названием “Большая игра в Азии”».

Исключительный интерес представляет приложенный к книге в виде особой папки комплект из более 20 образцов картографических материалов. Это обнаруженные автором в архивах Москвы, Санкт-Петербурга, Лондона, Стокгольма рукописные карты Памира и прилегающих к нему горных районов, составленные иезуитами, британскими разведчиками и завербованными ими индийцами (пундитами), российскими военными топографами. Эти уникальные карты впервые опубликованы в научной литературе.

События в Афганистане конца XX–начала XXI в. снова приковали внимание к этому (едва ли не самому беспокойному) региону нашей планеты, и книга А.В. Постникова оказалась актуальной.

*В.А. МАРКИН,  
кандидат  
географических наук*

## О кометах, металлах и дейтерии

Проблема происхождения комет до сих пор дискутируется. Так, В.П. Томанов и О.В. Калиничева выдвигают аргументы в пользу их межзвездного происхождения (Земля и Вселенная, 2001, № 4). В частности, предполагается, что кометы могут приходить из гигантских молекулярных облаков (ГМО).

Хотелось бы привлечь внимание к еще двум критериям, которые могут помочь ответить на вопрос: откуда приходят кометы?

По современным представлениям, ГМО имеют ограниченный (в астрономических масштабах, конечно) срок жизни – порядка 10 – 100 млн. лет, т.е. они намного моложе Солнечной системы. Поскольку межзвездная среда постепенно обогащается металлами, например при взрывах сверхновых, относительное содержание металлов в ГМО должно быть больше, чем в Солнечной системе. В статье В.П. Томанова и О.В. Калиничевой утверждается, что захват долгопериодических комет произошел сравнительно не-

давно – 1–2 млн. лет назад. Но в этом случае кометы должны иметь повышенное содержание металлов.

Дело в наблюдении. Едва ли здесь помогут спектральные наблюдения, как это делается для звезд. Нужны космические зонды. Это вопрос ближайшего будущего.

Другой параметр комет, который может помочь здесь – присутствие в них дейтерия. Его относительное содержание в межзвездной среде постепенно уменьшается. Здесь наблюдательные данные более определены. По данным, приведенным в книге В.Г. Сурдина “Рождение звезд”, в межзвездной среде отношение дейтерия к водороду –  $10^{-5}$ , а у комет –  $2 \times 10^{-5}$ . Это как будто говорит против гипотезы о межзвездном происхождении комет, но окончательные выводы делать еще рано, поскольку содержание дейтерия определяется пока не очень уверенно.

А.В. ЛЕУШКАНОВ  
г. Вологда

---

## Информация

---

### Наблюдения кометы Икейя–Джанга

*Предлагается первое поступившее в редакцию сообщение о наблюдениях кометы Икейя–Джанга, которая, согласно предварительным оценкам, может оказаться одной из наиболее ярких комет, посетивших нас в XXI веке.*

Об открытой 1 февраля 2002 г. комете Икейя–Джанга (C/2002

C1 Ikeya–Zhang) я узнал только в конце февраля и уже в начале марта приступил к ее наблюдениям.

В первой половине марта комета находилась на границе созвездий Кита и Рыб и была хорошо видна в бинокль БПЦ 20 × 60 как диффузный объект блеском около 5.5<sup>m</sup> и комой диаметром ≈ 3'. Ее наблюдения я проводил с 3 по 19 марта, затем наступил длительный период облачной погоды. Каждый ясный вечер я делал зарисовку кометы на фоне звезд и оценку блеска. Для отождествления положения кометы относительно звезд использовался звездный атлас Wir Tirion “Sky Atlas 2000.0”. Блеск звезд сравнения взят из

“Каталога к звездному атласу ВАГО”.

Всего было сделано 9 оценок блеска, в том числе две (11 и 19 марта) по фотографиям кометы. В итоге построена кривая блеска кометы Икейя–Джанга. Оказалось, что он превышает расчетный на 0.2<sup>m</sup>–0.3<sup>m</sup>. Если такая же разность сохраняется и для абсолютной звездной величины кометы (вычисленное значение  $H_{10} = 7.9^m$ ), то она должна составить 7.7<sup>m</sup>. Можно оценить и диаметр ее ядра (3.6 км) по формуле Кресака:  $\lg D \text{ (км)} = 2.1 - 0.2 H_{10}$ .

Эфемериды взяты с сайта Интернет (<http://cfa-www.harvard.edu/>).

А.В. ЛЕУШКАНОВ  
г. Вологда

## Перестройка ложа Индийского океана

Согласно теории плитовой тектоники, земная кора раздроблена на жесткие плиты, вечно дрейфующие по лежащей ниже мантии, подобно тому, как льдины плавают по морю, только, разумеется, много медленнее. Та же теория утверждает, что плиты подвергаются деформации только по краям, а посередине каждая из них слишком жесткая и прочная.

Однако в последнее время накапливается все больше свидетельств, согласно которым по крайней мере одна из плит, образующая дно в центральной, экваториальной части Индийского океана, претерпевает деформацию не по краям, а в середине. Такой процесс, вероятно, возникает потому, что здесь литосфера океанического ложа испытывает непомерное давление из-за идущего миллионы лет гигантского по силе процесса столкновения полуострова Индостан с континентом Евразии.

Подобные процессы встречаются и в иных местах, но, как правило, не на суше, а в пределах океана, и деформации ограничиваются лишь узкой полосой на границе плиты. Таким образом, в Индийском океане ученые имеют редкую возможность наблюдать внутриплитовую деформацию морской литосферы.

Анализируя спутниковые данные, описывающие распределение силы тяготения Земли, специалисты установили, что экваториальный бассейн Индийского океана отличается повышенной внутриплитовой (т.е. не на границах, а во внутренней области) сейсмичностью и длинно-

волновыми колебаниями коры. За истекшее столетие здесь произошло множество землетрясений с магнитудами  $M = 6$  и даже 7.

18 июня 2000 г. в морском бассейне Уортон, омывающем острова Ява и Суматра, к югу от острова Кокос было зарегистрировано землетрясение с магнитудой 7.8. Надо сказать, что подземные толчки, случающиеся в центре Индийского океана, обычно обладают иным механизмом, чем те, что свойственны бассейну Уортон. Там основные силы сжатия направлены не с севера на юг, как обычно, а с северо-запада на юго-восток.

Недавно выполненное математическое моделирование поля напряжения Индо-Австралийской плиты показало, что устремленное на север смещение Индостана встречает сопротивление при столкновении этого полуострова с остальной Азией, тогда как дно бассейна Уортон свободно погружается под Яванско-Суматринский желоб.

Таким образом, направленность напряжений может быть более или менее предсказуемой. Прогноз их характера требует сбора подробных данных путем морских съемок и сведений относительно механизма, "работающего" в источнике недавних землетрясений.

До недавнего времени о характере деформаций в бассейне Уортон было известно немного. Теперь приборы, установленные на ИСЗ, зафиксировали гравитационные колебания, имеющие северо-восточно-юго-западное направление, подобные тем, что свойственны центру Индийского океана. Однако остается неясным, связаны ли эти колебания с взбросами в коре.

Некоторые из землетрясений в бассейне Уортон проявляют свой механизм надвига, что говорит о взбросах, но, все же, многие из них являются сдвиговыми. Сейсмические данные,

относящиеся к местностям, лежащим к северу и югу, говорят, что сбросы на севере Суматранского желоба составляют в длину, по меньшей мере, 1 тыс. км.

Механизм июньского землетрясения 2000 г. в бассейне Уортон оказался совершенно необычным. Выяснилось, что два второстепенных события одновременно "распорол" плоскость, идущую почти точно с севера на юг, и другую – почти сопряженную с первой.

Все разломные зоны на севере бассейна Уортон, вероятно, были активизированы сдвигом, происходившим между подводными хребтами Девяностого Градуса и Инвестигейтор. Так что бассейн Уортон, очевидно, был разрезан на два рукава, простирающиеся с севера на юг и погружающиеся в недра глубже и быстрее в восточном направлении.

Разрыв вдоль плоскости, направленной с востока на запад, вызывает определенную деформацию сжатия, идущую с северо-запада на юго-восток. Плоскости, следующей с востока на запад, соответствует ориентация здешних глубоководных холмов.

Таким образом, литосфера испытывает деформацию вдоль ранее существовавшей ослабленной области коры. Как зоны разлома "север-юг", так и горные породы полосы глубоководных холмов "восток-запад", возникли в центрах спрединга в центральной части океана.

Большинство взбросов в центре Индийского океана – результат повторного образования глубоководных холмов.

Остается все же неясным, как связаны между собой разрывы "север-юг" и "восток-запад" с произошедшим здесь в июне 2000 г. землетрясением. Чтобы понять это, сотрудники Института физики Земли в Париже продолжают исследования в Индийском океане.

Ф.СП-1

**АБОНЕМЕНТ**

**70336**

(индекс издания)

на газету  
на журнал

**Земля и Вселенная**

(наименование издания)

Количество комплектов

на \_\_\_ год по месяцам:

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

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)

**ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА**

**70336**

(индекс издания)

на газету  
на журнал

ПВ	место	литер

**Земля и Вселенная**

(наименование издания)

Стоимость	подписки пере-адресовки	___ руб. ___ коп.	Количество комплектов
		___ руб. ___ коп.	

на \_\_\_ год по месяцам:

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

**Куда**

(почтовый индекс)

(адрес)

**Кому**

(фамилия, инициалы)

*Дорогие читатели!*

*Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу зеленого цвета “Пресса России” (II полугодие 2002 г., с. 197) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.*

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

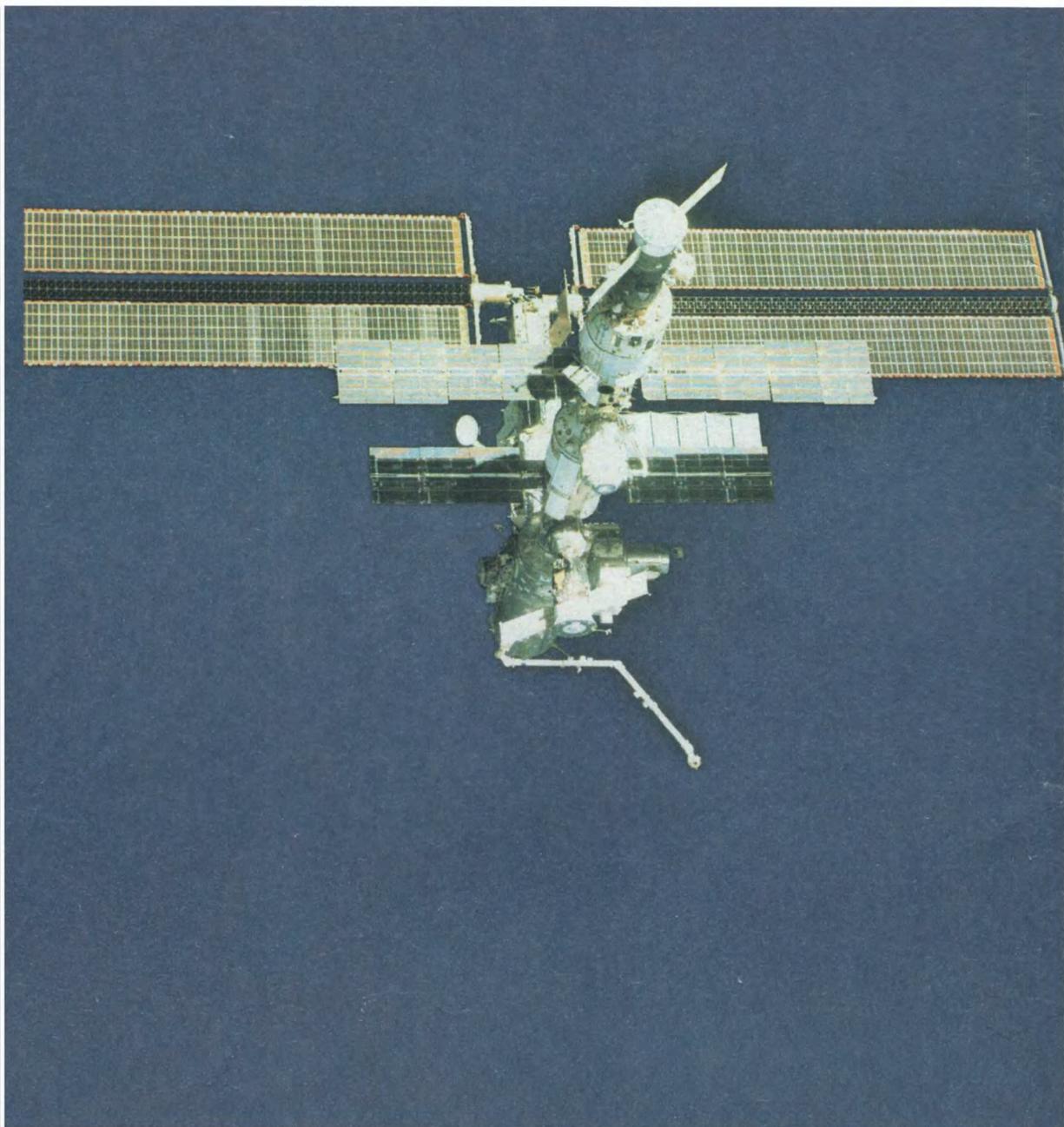
**Художественные редакторы** О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина  
**Литературный редактор** О.Н. Фролова.  
**Мл. редактор** Л.В. Рябцева.  
**Корректор** Л.И. Левашова.  
**Обложку оформила** М.С. Вьюшина.

Сдано в набор 11.03.2002 Подписано в печать 12.04.2002. Формат бумаги 70×100<sup>1/16</sup>  
Офсетная печать Уч.-изд. л. 11.3 Усл.печ. л. 9.1 Усл.кр.-отг. 9.4 тыс. Бум. л. 3.5  
Тираж 928 экз. Заказ № 5874

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

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Адрес редакции: 119991 Москва, Марононский пер., 26  
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66  
Отпечатано в ППП “Типография Наука”  
121099 Москва, Шубинский пер., 6





“Наука”  
Индекс 70336