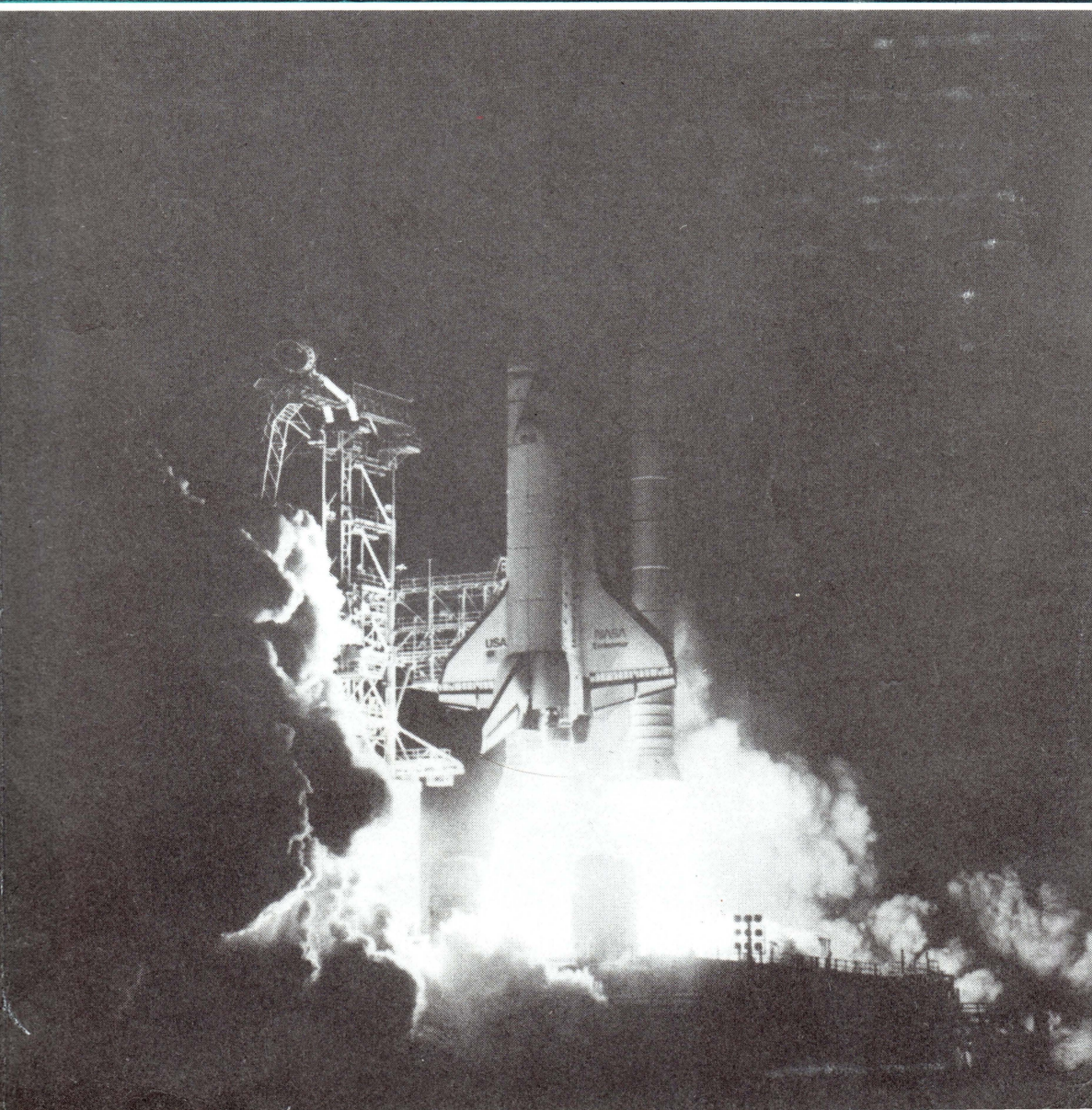


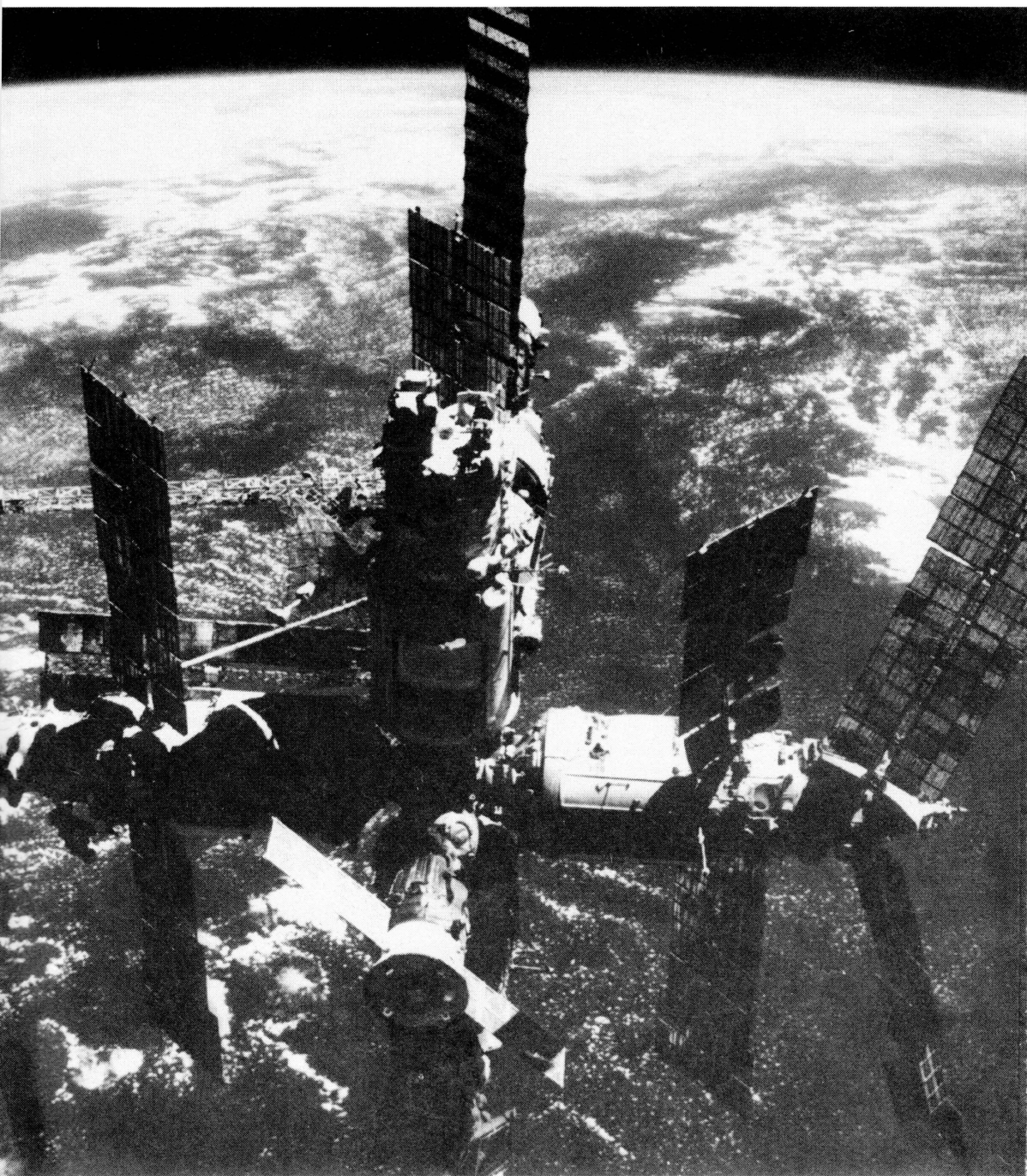
ISSN 0044-3948

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 1/99





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



**Новости науки и другая информация:** Солнечные торнадо [9]; Новые обзоры неба [18]; Когда появились галактики? [27]; Внимание торговцев звездами! [31]; Пыль разрушаемых комет на Земле [55]; Ионный хвост Венеры [59]; Рекорд фотографирования ИСЗ [59]; Новые книги [69, 111]; Рост концентрации "парниковых" газов [72]; Две недели работы Очень Большого Телескопа [73]; Солнце в августе-сентябре 1998 г. [75]; Красные планетезимали Солнечной системы [76]; Форс – техническое чудо [89]; Луна помогает запуску спутников [100]; Памятник радиотелескопу [104]; Где дно чужих океанов [107]; Рост вулканизма на Ио [112]



# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

1/99

## В номере:

- 3 БИСИКАЛО Д.В. Как происходит обмен веществом в двойных звездах  
10 ГРОСВАЛЬД М.Г. Следы великих гидросферных катастроф на Марсе и Земле

## ЛЮДИ НАУКИ

- 19 ПРИСС Г.М. Николай Алексеевич Пилюгин  
24 ЮРЕВИЧ В.А. Пьер Бугер (к 300-летию со дня рождения)  
28 Памяти Гаруна Тазиева

## ЭКСПЕДИЦИИ

- 32 САГАЛЕВИЧ А.М. Погружение в гидротермальные поля океана

## ИСТОРИЯ НАУКИ

- 40 СУРДИН В.Г. Солнечные пятна и камера-обскура

## АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 46 ГАВРИЛОВ М.Г. V Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике  
56 МУРТАЗОВ А.К., ШАРАПКОВ А.Н., ВОРОБЬЕВ Ю.Н. Некоторые аспекты астрономического образования

## ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 60 ЦИЦИН Ф.А. Происхождение комет: новый взгляд на старую проблему

## ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 70 Небесный календарь: март–апрель 1999 г.  
77 ПШЕНИЧНЕР Б.Г. Звездный дом на Воробьевых горах

## ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ

- 90 ГЕРАСЮТИН С.А. Перспективные космические проекты на выставке в Берлине

## КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 96 КНИЖНИКОВ Ю.Ф. Картографическая энциклопедия криосферы Земли  
101 СТАРКОВ В.К. Первая книга выдающегося двигателестроителя

## ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 105 Июнь–сентябрь 1998 г.  
108 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С. Через 10 лет после Спитака...



© Академиздатцентр "Наука"  
Российская академия наук  
журнал "Земля и Вселенная" № 1, 1999 г.

**На стр. 1 обложки:** Ночной старт корабля "Индевор" (STS-89) 22 января 1998 г. с экипажем из 7 астронавтов. После стыковки со станцией "Мир" экипаж 24–29 января работал с российскими космонавтами. Фото NASA

**На стр. 2 обложки:** Орбитальный комплекс "Мир", сфотографированный с корабля "Дискавери" (STS-91) после расстыковки 8 июня 1998 г. Это был последний полет кораблей типа "Спейс Шаттл" на ОК "Мир" по программе "Мир–NASA". Фото NASA

**На стр. 3 обложки:** Снимок участка звездного неба, полученный с помощью Очень Большого Телескопа (ОБТ; 8,2 м) Европейской южной обсерватории и Космического телескопа им. Э. Хаббла. Изображение представляет собой комбинацию ряда экспозиций в 4-х участках спектра – ультрафиолетовом, синем, красном (ОБТ) и инфракрасном (КТХ) (с.73)

**На стр. 4 обложки:** Большая спиральная галактика NGC 1232 в созвездии Эридана, находящаяся на расстоянии около 100 млн св. лет. Поле зрения снимка – 6,8'. Размер изображения – 200 тыс. св. лет, а это вдвое больше размера Галактики. Снимок получен 21 сентября 1998 г. на 8,2-м телескопе (ОБТ) Европейской южной обсерватории (с.89)

## In this issue:

- 3 BICIKALO D.V. How the changing of substance in the binary stars is happening?
- 10 GROSVALD M.G. The trachs of the great hydrospheric catastrophes on the Mars and the Earth

## PEOPLE OF SCIENCE

- 19 PRISS G.M. Nikolai Alexeevitch Pilugin
- 24 JUREVITCH V.A. Pierre Bouguer (300 years of the birth)
- 28 To the memory of Garun Taziev

## EXPEDITIONS

- 32 SAGALEVITCH A.M. The immersion in the hydrothermal camps of the ocean

## HISTORY OF SCIENCE

- 40 SURDIN V.G. The sunspots and the camera-obscure

## ASTRONOMICAL EDUCATION

- 46 GAVRILOV M.G. V Russian olympiad of the schoolboys on the astronomy and the cosmic physics
- 56 MURTAZOV A.K., SHARAPKOV A.N., VOROB'IOV Yu.N. Some aspects of astronomical education

## HYPOTHESES, DISCUSSION, SUGGESTIONS

- 60 TSITSIN F.A. The origin of the comets: new look on the old problem

## AMATEUR ASTRONOMY

- 70 The sky calendar: Mart-April 1999
- 77 PSHENITCHNER B.G. The star house on the Vorob'iov hills

## ON EXHIBITIONS AND MUSEUMS

- 90 GERASIUTIN S.A. The outlook cosmic projects on the exhibition in Berlin

## THE BOOKS ABOUT EARTH AND SKY

- 96 KNIZHNIKOV Yu.F. The cartographic Encyclopaedia of the Earth's cryosphere
- 101 STARKOV V.K. The first book of prominent engine manufacturer

## CHRONICLE OF SEISMICITY OF EARTH

- 105 June-September 1998
- 108 STAROVOIYT O.E., TCHEPKUNAS L.S. 10 years after Spitack

## Редакционная коллегия:

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН  
Зам. главного редактора академик РАН В.М. КОТЛЯКОВ  
Зам. главного редактора академик РАН Е.П. ЛЕВИТАН

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

## Как происходит обмен веществом в двойных звездах

Д.В. БИСИКАЛО,  
доктор физико-математических наук  
Институт астрономии РАН

**Обмен веществом во взаимодействующих двойных звездах – очень сложный и интересный процесс. Каковы основные особенности структуры течения вещества в двойных системах разных типов?**



менно и имеют равный возраст. Но в таком случае у хорошо известной двойной – затменной переменной Алголь – все оказывается наоборот. Позже выяснилось, что в прошлой истории системы Алголя все было так, как и положено по теории: более массивной звездой ранее была другая, но в ходе эволюции она передала значительную часть своего вещества соседней звезде.

### ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Большинство звезд, доступных детальному исследованию, имеют гравитационно связанные спутники, из чего следует, что значительная часть всех звезд – двойные. Точное количество двойных неизвестно, однако, по некоторым оценкам, их доля в общем числе звезд превышает 80%. Однако этого факта было бы достаточно для их са-

мого тщательного исследования (Земля и Вселенная, № 2, 1986). Еще в самом начале астрофизических исследований двойных звезд ученых поразила "парадокс Алголя". Согласно только сформировавшимся тогда представлениям об эволюции звезд, более массивные звезды должны быть более горячими и выделять больше энергии, чем равные им по возрасту менее массивные звезды. Естественно предполагать, что компоненты двойных звезд возникли одновре-

По-видимому, это и есть самое интересное свойство двойных систем – способность компонентов в ходе эволюции обмениваться веществом. Значение этого эффекта чрезвычайно велико как при интерпретации наблюдений, так и при рассмотрении эволюционного статуса звезды. Простейший анализ, основанный на оценке общей энергии одиночных звезд, показывает, что для объяснения резуль-

татов наблюдений двойных звезд в коротковолновых диапазонах спектра необходимо допустить наличие дополнительных источников энергии в двойной системе. При более детальном рассмотрении выясняется, что большинство регистрируемых наблюдательных проявлений обусловлено сложными процессами, объяснить которые мы и попытаемся в данной статье.

Исследование газодинамики массообмена во взаимодействующих двойных системах чрезвычайно важно для понимания природы этого типа двойных звезд, поскольку ее решение позволяет определить структуру течения и, тем самым, оценить эволюционный статус системы, а также рассмотреть присущие ей характерные наблюдательные проявления.

Эволюция **взаимодействующих двойных систем** (ВДС) определяется несколькими основными процессами: истечением вещества из первичного компонента, аккрецией (падением) вещества на вторичный компонент, образованием общих оболочек, а также потерей системой вещества и углового момента. Предварительное теоретическое рассмотрение свидетельствует, что структура течения вещества в ВДС очень сложна. Наблюдательные данные, хотя они отражают только текущее состояние системы, говорят о том же. Вплоть до недавнего времени исследование деталей течения вещества в них бы-

ли невозможны из-за недостаточного развития вычислительной техники. Лишь в последнее время ученые получили возможность проводить численное моделирование процессов обмена вещества в ВДС.

Теперь попробуем дать обзор газодинамических моделей для простейших случаев массообмена, когда в рассмотрение принимаются лишь основные процессы, определяющие картину течения, и рассмотреть основные особенности течения для различных типов двойных систем без сильного магнитного поля. Основные принципы моделирования этих процессов разработаны в Институте астрономии РАН и в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша группой ученых под руководством академика РАН А.А. Боярчука. Там же получены интересные результаты расчетов процессов, происходящих в конкретных двойных системах.

#### МОДЕЛИ ТЕЧЕНИЯ ВЕЩЕСТВА В ДВОЙНЫХ ЗВЕЗДАХ

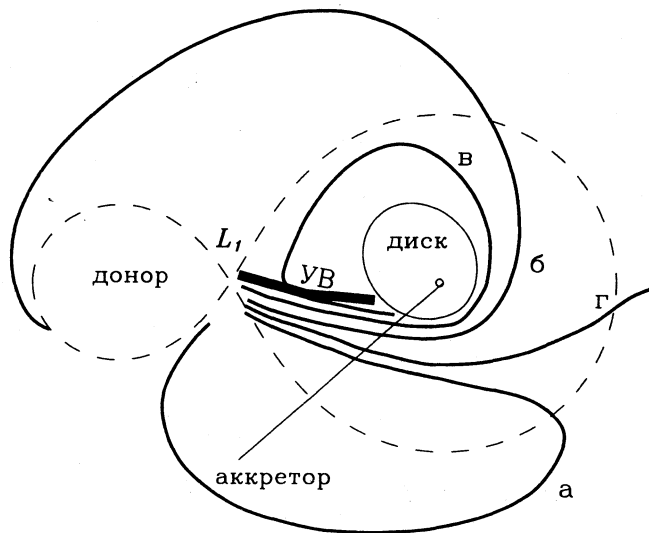
Понятие математической модели включает выяснение основных физических процессов, определяющих поведение системы, составление системы уравнений, наиболее полно описывающей включенные в модель процессы, и разработку оптимального для данной задачи численного метода решения. К сожалению, невозможно дать общие принципы оптимизации физической модели.

Это обстоятельство приводит к несхожим результатам разных авторов, несмотря на принципиальное сходство используемого математического аппарата.

Для расчета течения вещества в двойных звездах обычно используют уравнения газодинамики, описывающие поведение инертного газа под действием гравитационных, радиационных и магнитных полей. Как уже было сказано, численное рассмотрение трехмерных течений было до недавнего времени затруднено отсутствием надлежущей вычислительной техники и даже теперь оно ограничено скудностью ресурсов. Поэтому теоретики вынуждены были ограничиться расчетами для двумерных газодинамических моделей. При этом предполагалось, что решение, полученное для экваториальной плоскости, отражает общие особенности структуры течения. Немногочисленные расчеты конкретных двойных систем, проведенные в последнее время в рамках трехмерных моделей, подтверждают, что характерные особенности течения, обнаруженные в упрощенных двумерных моделях, качественно остаются неизменными.

Двойные системы (без сильного магнитного поля) можно разделить на три класса в зависимости от механизма массообмена и его типичных параметров. К **первому типу** относятся системы, в которых процесс массообмена происходит через

Основные особенности газодинамической картины течения вещества в полуразделенных тесных двойных системах. Показаны полости Роша (штриховые линии), положение аккретора и точки Лагранжа, а также аккреционный диск квазиэллиптической формы. Ударная волна "УВ", возникающая в результате взаимодействия газа общей оболочки со струей, отмечена жирной линией. Линии "а", "б", "в", "г" иллюстрируют основные направления газовых потоков в системе. Потоки, обозначенные "а", "б", "в", формируют общую оболочку системы. Поток вещества, покидающего систему, обозначен маркером "г"



окрестность **внутренней точки Лагранжа  $L_1$**  (полуразделенные двойные системы).

Рассмотрим двойную систему звезд. По какой орбите движется материальная точка, оказавшаяся в окрестностях этой системы? Пока она близка к одному из компонентов, ее движение определяется тяготением этого компонента. Частицы движутся по коническим сечениям (эллипс, парабола, гипербола). По мере удаления от одной звезды и приближения к другой потенциал, создаваемый одной звездой, уменьшается, а другой — растет. И где-то на линии, соединяющей звезды, существует точка, где силы притяжения двух звезд и центробежная сила уравновешены. Частица, попавшая в эту точку, может свободно перейти из поля действия одной звезды в поле действия другой. Это и есть внутренняя точка Лагранжа  $L_1$ . Уча-

стки пространства вокруг каждой звезды, заключенные внутри эквипотенциальной поверхности с потенциалом, равным потенциалу в точке Лагранжа, называются полостью Роша данной звезды. Процесс массообмена может быть весьма интенсивным, если одна звезда (донор) находится в процессе перехода в красный гигант и заполняет свою полость Роша.

**Ко второму и третьему типам** относятся системы, в которых **массообмен определяется звездным ветром**. Структура течения в этом случае сильно зависит от отношения  $W$  скорости ветра к орбитальной скорости системы, поэтому и пришлось ввести два варианта таких систем: с отношением  $W \approx \leq 1$  (второй тип), и  $W \gg 1$  (третий тип). Рассмотрим характерные особенности течения вещества в двойных системах всех трех типов.

#### ОБМЕН ВЕЩЕСТВОМ В ПОЛУРАЗДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

**В полуразделенной ВДС** одна из звезд заполнила критическую поверхность Роша. Эта звезда — донор; вторая, в конечном счете поглощающая значительную долю вещества, потерянного первой, — **аккректор**. Обмен веществом происходит через окрестности внутренней точки Лагранжа  $L_1$ . Газодинамику истечения вещества из окрестностей точки  $L_1$  неоднократно исследовали многие авторы. Впервые анализ данной проблемы, полученный в полуаналитическом приближении, представлен в работах Б. Пачинского и Р. Сенкевича, а также С. Любова и Ф. Шу в начале 70-х годов. Детальное исследование процесса обмена веществом в двойных звездах аналитическими методами затруднено, поскольку процесс очень сложный, в частности, необходимо учиты-

вать взаимодействие струи вещества, проходящей в окрестностях точки Лагранжа, с окружающей средой. Нелинейный характер такого взаимодействия приводит к необходимости решения полной системы газодинамических уравнений для описания процессов, происходящих в полуразделенных двойных.

Рассмотрим теперь результаты исследований, выполненных в рамках трехмерной модели. Расчеты были сделаны для типичных представителей **маломассивных рентгеновских и катаклизмических двойных**. Катаклизмические переменные – системы, состоящие из маломассивной звезды главной последовательности и белого карлика с коротким (несколько часов) периодом орбитального обращения. Помимо изменений блеска, вызванных орбитальным движением, у них наблюдаются различные виды вспышечной активности.

Полученные результаты свидетельствуют о качественно похожем характере течения в исследуемых системах. Выявлены следующие особенности процесса:

1) вещество струи разделяется на три потока: первый формирует квазиэллиптический аккреционный диск вокруг звезды-аккретора; второй огибает аккретор вне диска; третья часть струи удаляется от обеих звезд, однако значительная доля вещества этого потока в дальнейшем меняет направление своего

движения под действием силы Кориолиса и остается в системе;

2) взаимодействие струи и диска не является ударным.

Часть вещества струи сразу попадает в диск и в дальнейшем, теряя угловой момент под действием вязкости, участвует в процессе аккреции. Полученные количественные оценки показывают, что в стационарном режиме течения доля аккрецируемого вещества составляет весьма значительную долю (вплоть до 75%) от общего количества газа, вбрасываемого в систему звездой-донором.

Самый неожиданный вывод – отсутствие на диске "горячего пятна". Гипотеза "горячего пятна", образуемого, якобы, в месте предполагаемого удара истекающей из донора струи об аккреционный диск, была предложена ранее для объяснения сложной картины переменности катаклизмических звезд. Вокруг звезд системы существует общая оболочка из разреженного газа и, как оказалось, взаимодействие газа со струей, вытекающей из окрестности  $L_1$ , отклоняет ее. Это приводит к безударному (касательному) контакту струи с наружным краем аккреционного диска и, как следствие, к отсутствию "горячего пятна". В то же время взаимодействие газа общей оболочки со струей приводит к образованию **протяженной ударной волны** переменной интенсивности, расположенной вдоль края струи. Область высвечи-

вания горячего газа, нагретого ударной волной, лежит вне аккреционного диска; однако основное энерговыделение, вследствие изменения интенсивности ударной волны вдоль струи, происходит в достаточно ограниченной области (60% выделяется в прилегающей к диску части волны). Этот факт, а также приблизительно равные значения скорости энерговыделения и привели к тому, что гипотеза "горячего пятна" в общем достаточно хорошо удовлетворяла наблюдениям.

Еще один вывод из новых расчетов: учет влияния газа общей оболочки кардинально меняет наше мнение о параметрах массообмена в системе. Рассчитанный суммарный поток вещества оказался в несколько раз больше по сравнению с оценками прежних моделей, полученными при тех же значениях параметров газа на поверхности звезды-донора. Газ общей оболочки изменяет и картину течения вблизи поверхности донора, что в конечном итоге влияет на общую структуру газовых потоков в системе, а следовательно и на регистрируемые наблюдательные проявления.

Для проверки истинности представленной модели были рассчитаны кривые блеска для катаклизмической двойной Z Хамелеона (Z Cha) и проведено их сравнение с наблюдениями. При построении теоретических кривых блеска использовалась фотометрическая модель, разработанная



членом-корреспондентом РАН А.М. Черепашуком и кандидатом физико-математических наук Т.С. Хрузиной. Сравнение наблюдаемой и рассчитанной кривых блеска показывает хорошее согласие. На теоретической кривой можно увидеть практически все основные детали, характерные для наблюдаемой кривой блеска *Z Cha*. Подобные кривые блеска построены для различных типов катаклизмических двойных. Они показали, что, оставаясь в рамках рассматриваемой модели течения без "горячего пятна", можно объяснить все многообразие наблюдаемых кривых блеска. Более того, в ряде случаев новая модель способна лучше объяснить наблюдения, чем модель с "горячим пятном".

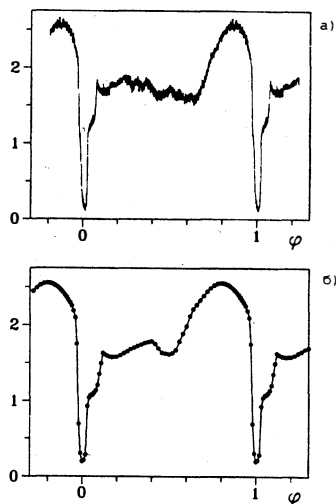
Качественное подобие полученных решений для различных типов полуразделенных систем позволяет говорить об универсальности рассматриваемой модели. Однако все эти результаты получены для установившегося режима течения. Если сильно влияние внешних факторов, возможно возникновение и других особенностей, в частности, областей ударного взаимодействия диска с потоком газа в системе. Например, если диск сформировался еще до заполнения звездой-донором своей полости Роша, то в начале стадии интенсивного обмена массой возможно возникновение горячего пятна в месте соприкосновения струи вещества с наружным кра-

ем диска, которое должно исчезнуть после выхода течения на стационарный режим. Интересно определить длительность жизни этого образования. Естественно принять за него время, требуемое для полной замены вещества диска. В случае типичных полуразделенных систем установлено, что для этого достаточно нескольких десятков орбитальных периодов. Следовательно, большую часть времени существования полуразделенных двойных систем картина течения вещества в них описывается представленной выше моделью.

#### МАССООБМЕН ПОСРЕДСТВОМ ЗВЕЗДНОГО ВЕТРА

Наряду с исследованием перетекания газа через внутреннюю точку Лагранжа, внимание астрофизиков все больше привлекает другой возможный механизм обмена веществом в ВДС — посредством **звездного ветра**. Важность подобных исследований определяется, в частности, тем, что к системам, где истекающая звезда не заполняет свою полость Роша и обмен веществом идет посредством звездного ветра, относятся очень интересные **симбиотические** (Земля и Вселенная, № 4, 1992) и **массивные рентгеновские звезды**.

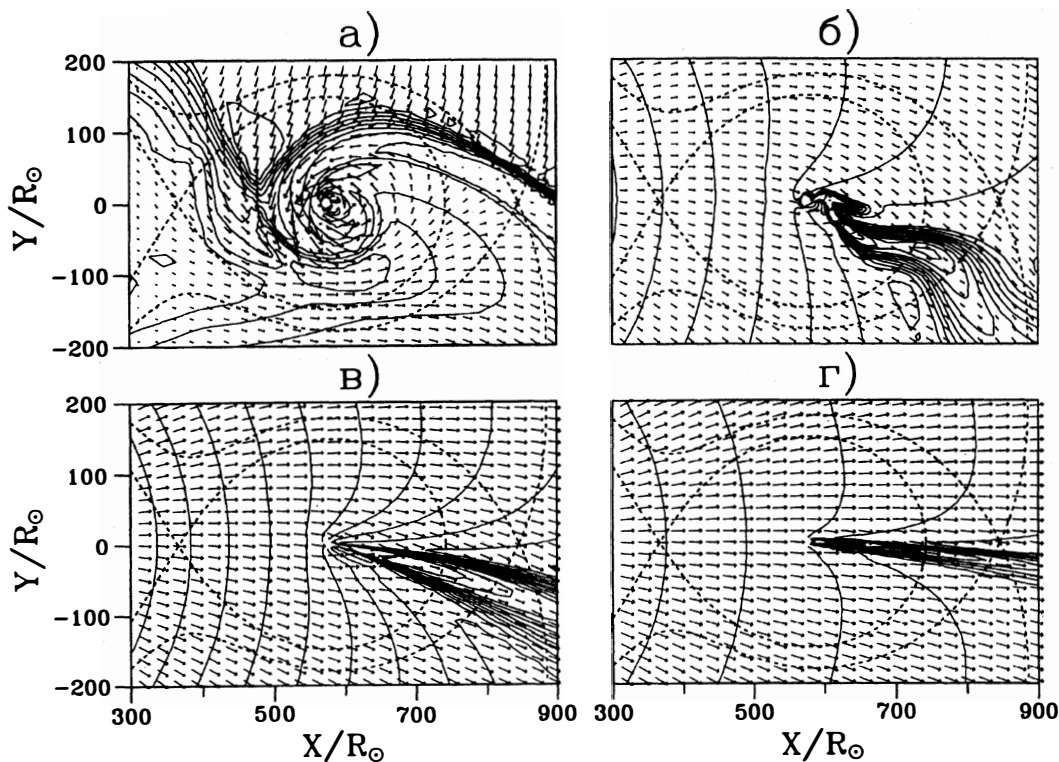
Проведенные исследования показали, что общая картина течения вещества в подобных системах определяется, в первую очередь, параметрами звездного ветра. Из наблюдений известно,



*Катаклизмическая переменная с двойным затмением. Наблюдаемая а и теоретическая б кривые блеска (в интенсивностях) карликовой новой *Z Хамелеона* в желто-зеленой области спектра*

что различные классы объектов, принадлежащих к ВДС с компонентами, не заполняющими полость Роша, могут иметь значительно различающиеся режимы истечения вещества (так, например, в рентгеновских двойных скорости газа в 10–100 раз больше, чем в симбиотических звездах). Основываясь на результатах двумерных газодинамических расчетов, попытаемся выяснить общие тенденции изменения картины течения в зависимости от параметров звездного ветра. Это может иметь и практическое значение для анализа наблюдений.

В качестве свободного параметра при расчетах введем отношение *W* скорости ветра к орбитальной скорости аккректора,



что позволит использовать полученные результаты при анализе других двойных систем.

Расчеты проведены при фиксированных параметрах двойной системы: масса первичного – истекающего – компонента  $M_1 = 4M_\odot$  и радиус  $R_1 = 191R_\odot$ , что соответствует объемной степени заполнения полости Роша в 29.6%; масса вторичного компонента – компактного объекта –  $M_2 = 1M_\odot$ , а радиус  $0.8R_\odot$ . Орбитальный период  $P = 725$  дням, расстояние между центрами компонентов  $A = 575R_\odot$ . Данные параметры двойной системы являются типичными для симбиотических звезд. Учитывая, что скорость истекающего газа – определяющий параметр при

формировании структуры течения вещества, полученные результаты могут быть с определенными оговорками перенесены и на другие системы.

Анализ полученных результатов показывает, что при больших скоростях ветра ( $V > V_{\text{орб}}$ , т.е.  $W > 1$ ) в двойных системах (тип 3 по принятой ранее классификации) наблюдается коническая ударная волна, обусловленная прямым потоком вещества от звезды-донора. Увеличение скорости ветра приводит к уменьшению раствора конуса и смещению его оси к линии, соединяющей центры звезд.

Уменьшение скорости ветра приводит к заметному усложнению картины течения, и, в частно-

сти, к формированию сложной структуры из ударных волн и тангенциальных разрывов. В подобных системах (системы типа 2) при уменьшении скорости ветра наряду с прямым потоком вещества от звезды-донора

Поля давлений и вектора скорости для различных значений скорости звездного ветра. Полости Роша изображены штриховыми линиями. Все рисунки приведены в системе координат, вращающейся с угловой скоростью, равной орбитальной скорости звезд системы (направление вращения – против часовой стрелки). Изображены поля давлений с нанесенными на них векторами скорости. В расчетах, представленных на рис. а, значение параметра  $W$  равнялось примерно 1.0; на рис. б, в и г – 3.0, 6.0 и 15.0 соответственно

сти, к формированию сложной структуры из ударных волн и тангенциальных разрывов. В подобных системах (системы типа 2) при уменьшении скорости ветра наряду с прямым потоком вещества от звезды-донора

существенную роль начинает играть поток, обусловленный орбитальным движением звезды-аккретора в газе звездного ветра. Характерная особенность рассчитанной структуры при малых скоростях ветра (типичных для симбиотических звезд с  $V < 30\text{--}50$  км/с и значением параметра  $W < 1 - 1.5$ ) – наличие двух отошедших ударных волн: одна находится перед аккретором на пути орбитального движения, другая – между компонентами системы (вместо конической ударной волны). В системах со слабым ветром вещество, падающее на компактный

объект, движется по закручивающейся спирали, причем скорость его существенно превышает скорость вещества, не вовлеченного в процесс аккреции.

Во всех низкоскоростных ( $W < 1$ ) вариантах наблюдалось формирование устойчивого аккреционного диска. Напротив, при высоких граничных значениях скорости ( $W > 1$ ) диск образовывался квазипериодически, лишь в определенные моменты времени, причем при следующем возникновении диска направление движения газа в нем изменялось на противополож-

ное. Оказалось также, что увеличение скорости ветра приводит к существенному уменьшению скорости аккреции, выраженной в долях от темпа истечения вещества от первичного компонента.

Решение задачи о газодинамике массопереноса во взаимодействующих двойных системах все еще далеко от завершения, поскольку многообразии протекающих в системе процессов и сложность их численного моделирования пока не позволяют разработать единую модель, детально описывающую все рассматриваемые системы.

## Информация

### Солнечные торнадо

На Солнце бывают смерчи гораздо более обширные и быстрые, чем торнадо на Земле. Британские ученые Д. Пик из Резерфордской лаборатории и Хелен Мейсон из Кембриджского университета сделали такой вывод на основе измерения скоростей (эффект Доплера) на поверхности Солнца, выполненных сканирующим спектрометром CDS, установленным на спутнике SOHO (солнечная и гелиосферная обсерватория). Спутник построен Европейским Космическим агентством и запущен ракетой NASA 2 декабря 1995 г. Он помещен на орбиту в 1,5 млн км от Земли и всегда освещается Солн-

цем. На нем установлено 12 различных приборов для наблюдений (Земля и Вселенная, 1997, № 2, с. 40).

SOHO уже зарегистрировал дюжину случаев появления солнечных торнадо. Они встречаются чаще у солнечных полюсов и по размерам почти такие же, как планета Земля. Скорость круговых движений солнечного вещества, захваченного смерчем, достигает 500000 км/ч. Сравните: скорость ветра в торнадо на Земле – 400–500 км/ч.

Одной из целей запуска SOHO было проследить источники солнечного ветра, достигающего орбиты Земли и вызывающего полярные сияния и магнитные бури. Солнечные торнадо могут вносить свой вклад в солнечный ветер, особенно в быстрые потоки, исходящие из сравнительно холодных участков солнечной атмосферы, – корональных дыр. Корональные дыры концентрируются у полюсов

Солнца. Локальные магнитные поля в них не препятствуют потокам частиц уходить от Солнца, и из дыр дует быстрый ветер на скорости 750 км/с. Экваториальные зоны, с более сильным магнитным полем, – источник относительно медленного переменного солнечного ветра, дующего со скоростью около 400 км/с. Эти ветры различаются также относительным содержанием отдельных элементов и степенью их ионизации.

В ряду других достижений, полученных с помощью этого спутника, – разъяснение процесса нагрева верхних слоев солнечной атмосферы, изучение солнечных осцилляций, обнаружение и изучение межзвездного бриза – потока частиц, движущегося в межзвездном пространстве и поступающего в Солнечную систему со стороны звезды Змееносца.

European Space Agency news release  
№ 15-98

## Следы великих гидросферных катастроф на Марсе и Земле

М.Г. ПРОСВАЛЬД,  
доктор географических наук  
Институт географии РАН

---

Известно, что грандиозные потоки талой воды преобразили лик Марса. Согласно новым исследованиям, гидросферные катаклизмы марсианских масштабов были и на Земле: их следы распознаются на снимках из космоса. В Западной Сибири это параллельные “гривы” и ложины, на Тургайском плато – “сквозные” долины, на Туранской и Прикаспийской низменностях – системы гряд и ложбин, образующие поля Бэровских бугров. По этим комплексам восстанавливается грандиозная система стока, которая начиналась на Севере, от краев Арктического ледникового покрова, и заканчивалась в Азовском и Черном морях.



Расходы воды в системе составляли сотни миллионов кубометров в секунду, ее объемы были близки к миллиону кубокилометров.

Оставленные этими потоками воды следы в рельефе связывают с работой ветра и полноводных рек, с берегами древнего Каспия, с тек-

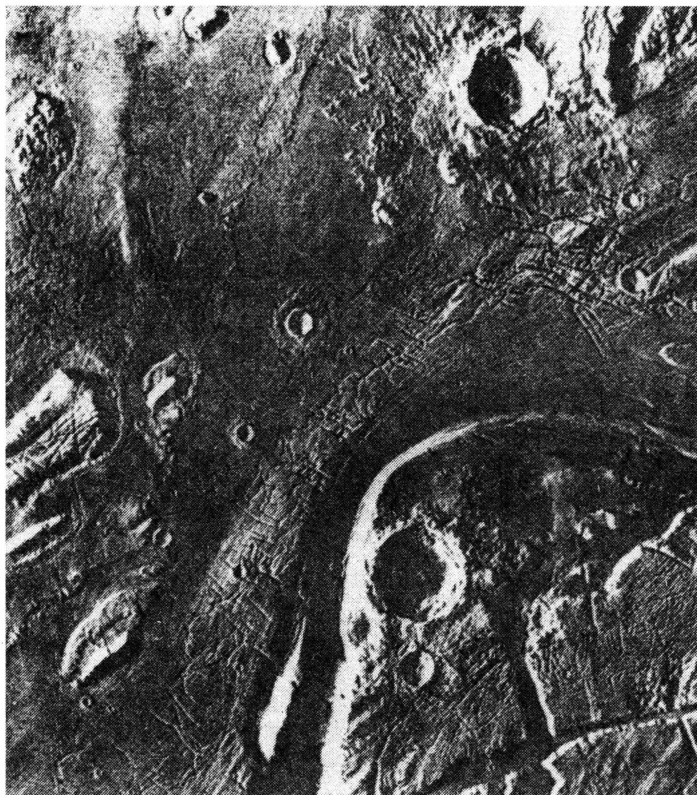
тоникой и карстовыми процессами, однако ни одна из существующих гипотез не выглядит убедительной. Между тем, у проблемы есть совершенно новое решение, подсказанное анализом материалов космосъемки. Эти материалы позволили увидеть, что рассматриваемые комплексы – следы единой трансконтинентальной системы стока, созданной особыми, флювиально-катастрофическими процессами, т.е. сверхмощными потоками, которые действовали недолго, но обладали колоссальной массой и энергией. Следы гидросферных катаклизмов подобного масштаба до сих пор были известны только на Марсе.

Участок долины Касей на Марсе — одного из крупнейших созданных водными потоками, вырвавшимися из глубин литосферы. Ширина долины свыше 100 км, глубина до 2–3 км. Заметны следы эрозии на междуречьях — параллельные борозды, каплевидные “горы-свидетели”

#### ГИДРОСФЕРНЫЕ КАТАКЛИЗМЫ НА МАРСЕ

Знаменитые марсианские долины созданы водными потоками, которые **иссякли более миллиарда лет назад**. Судя по снимкам с “Маринера” и “Викинга”, в рельефе Марса ясно выражены следы гидрологических процессов, в том числе катастрофических. По данным планетологии, в геологической истории Марса был период, когда на нем были и жидкая вода, и льды. Он длился 2–3 миллиарда лет и охватил две эры, выделяемые планетологами: *Гесперийскую* (более раннюю) и *Амазонийскую* (более позднюю); последняя завершилась около миллиарда лет назад. Именно водные потоки расчленили марсианские равнины; заполнили осадками впадины, сформировали террасы, а льды и глубинная мерзлота создали **ледниковый и перигляциальный рельеф**.

Предполагают, что в Гесперийскую эру **гидросфера на Марсе существовала** постоянно. Северную равнину занимал океан, умеренные и низкие широты изобиловали реками и озерами, а в горах и на Южном плато существовали ледники. В Амазоний-



скую же эру природа Марса **потеряла стабильность**, для климата и гидросферы стали характерны резкие крупноамплитудные изменения. Неоднократно появлялся и умирал Северный океан, а вместе с ним — озера и реки; возникала и исчезала атмосфера; то умеренно-влажным, то холодным и сухим становился климат. Планета погружалась в космический холод, а затем возвращалась к условиям, похожим на земные. Но почему?

Решение загадки удалось найти, когда были выявлены глубинные разломы, лежащие у марсианского экватора на периферии вулканического нагорья *Фарсида*, и найдены следы мощнейшей эрозии, в том числе **ги-**

**гантские каньоны**. По этим разломам на поверхность Марса прорывалась вода, возникавшая в глубине при таянии погребенного льда. Глубинная вода выработала не только глубокие долины, но и наполняла океан, последний же становился главным фактором, который формировал и изменял климат. В самом деле, с водой в атмосферу планеты поступали массы углекислого газа, а океан добавлял к нему водяной пар. Когда же энергия этих процессов иссякала, вода возвращалась в литосферу, замерзая в ее трещинах и порах, туда же проникал углекислый газ, и на Марсе вновь воцарялись условия глубокого холода и сухости.

О циклопических масштабах катастроф, связанных с выбросами подземных вод Марса, говорят размеры его каньонов и Северного океана. Не только гигантская *Долина Маринер*, совпадающая с одним из разломов, но и другие каньоны здесь поистине грандиозны и не имеют земных аналогов. Они тянутся на тысячи километров, ширина достигает до 200 км, глубина – до 3 км. В образовании каньонов участвовали потоки фантастической мощности; “пиковые” расходы воды в *Долине Касей*, например, превышали 1 млрд м<sup>3</sup>/с. При этом вода переполняла каньоны, выходила из берегов, расчлняя междуречья, а все выступы ложа приобрели обтекаемую, каплевидную форму. Что же касается **Северного океана**, то его площадь могла достигать 15 млн км<sup>2</sup>, средняя глубина – 700–1000 м, а объем – 10 млн км<sup>3</sup>. Последняя величина в 130 раз больше объема Каспийского моря.

Итак, на определенных этапах истории Марса природа планеты испытывала повторные колебания большой амплитуды. И начинались они с мощных затоплений марсианской поверхности. Были ли аналоги этих потопов на Земле?

ПРОРЫВНЫЕ ПОТОПЫ В АМЕРИКЕ И СИБИРИ

**Ледниково-подпрудные озера**, известные на Аляске, в Исландии и других ледниковых районах, периодически прорываются, вызывая ката-

строфические паводки. Хорошо изучены, в частности, мощные прорывы древнего ледникового озера Мизула на северо-западе США и их следы – системы ветвящихся промоин и грандиозные каньоны, пересекающие Колумбийское базальтовое плато.

Мизульские потоки долго считались уникальными. Однако в последние годы следы подобных явлений найдены и в других районах мира. Среди них – комплексы форм, созданных прорывами приледниковых озер Алтая. **Алтайские потоки** порождались ледниково-подпрудными озерами Чуйской, Курайской и других котловин, а их вода сбрасывалась по долинам Катунь, Бии и других рек. При прорывах Мизулы и алтайских озер расходы воды доходили до **16–18 млн м<sup>3</sup>/с** и в сотни раз превышали максимальные расходы Амазонки.

Однако Земля знала и более мощные потоки. По данным Джона Шоу из Университета Альберты (Канада), огромные массы талой воды вырывались из-под Лаврентьевского ледникового щита. Это были **напорные пластовые потоки**, которые в зависимости от перепадов давления двигались вниз и вверх по подледным склонам. Расходы этих потоков не уступали мизульским, а объемы переносившейся ими воды оцениваются в 80–90 тыс. км<sup>3</sup>. При таких расходах воды хватало на считанные недели, так что ее сбросы могли быть лишь короткими эпизодами.

“МАРСИАНСКИЕ” ПОТОПЫ В ЕВРАЗИИ

Ледниковые щиты, покрывавшие север Евразии в эпохи оледенений, создавали преграду для течения рек, принадлежащих **бассейну Северного Ледовитого океана**, отклоняя его на юг и на запад. Потоки талой воды пересекали водоразделы, следуя по Тургайскому, Маньчскому и другим каналам сброса, или **спиллвеям**, и преодолевали впадины Каспийского, Аральского и Азовского морей. Уровни этих морей повышались; сток через систему, рассчитанный по величинам атмосферных осадков, таяния льда и потерь на испарение, достигал **2 тыс. км<sup>3</sup>/год**, а расходы воды в нем – 100 тыс. м<sup>3</sup>/с.

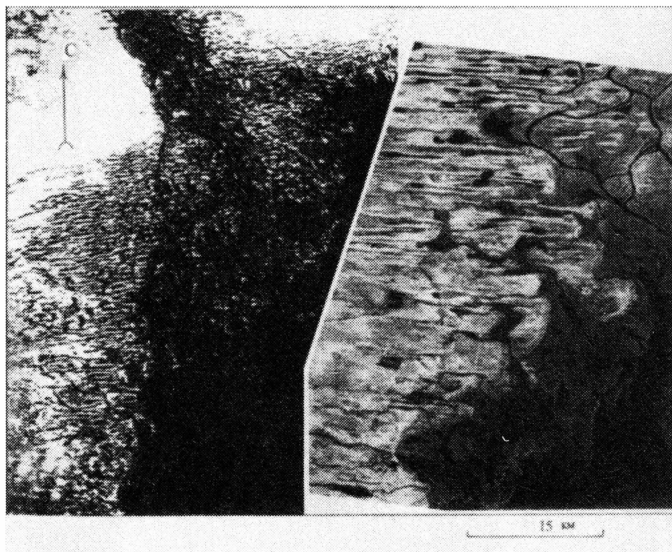
Приведенные значения – параметры стационарного течения. Однако были и моменты, когда сток талых вод через систему становился резко неравномерным – прерывистым, катастрофическим. Впервые это выяснилось после проведения анализа снимков Маньчского спиллвея: они показали, что расходы воды в системе временами поднимались до катастрофических значений. Удалось даже определить, что скорость воды в ней могла превышать 10 м/с, а расходы – **10 млн м<sup>3</sup>/с**. Как оказалось, эти расходы могли быть на два порядка выше расчетных, отвечающих условиям стационарности.

Какова же природа “маньчских потопов”, от-

куда бралась их вода и энергия? В поисках ответа были исследованы следы потоков, которые могли нести воду к Манычской ложбине. И обнаружилось удивительные вещи.

К востоку от Манычской ложбины, на Прикаспийской низменности, пути потоков распознаются по комплексам параллельных гряд и холмов, имеющих высоту 10-25 м и длину до 10-20 км; эти комплексы называют *Бэровскими буграми*. Главное в них — своеобразные **межгрядовые ложбины**, которые прямолинейны, лишены меандр, взаимопараллельны и образуют поля шириной в сотни километров. Как известно из гидрологии, подобные формы создаются мощнейшими паводками. Хотя обычно их связывают с работой ветра, с береговым и другими процессами.

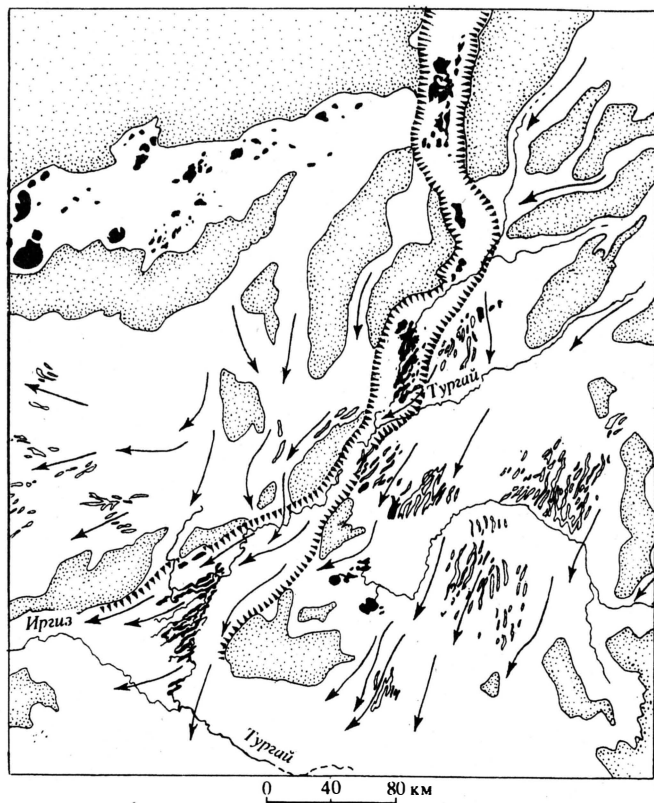
Поля Бэровских бугров **ориентированы широтно**. Одно из них раскинулось на северо-западном побережье Каспия и образует своеобразную воронку, “входящую” в Манычскую ложбину. Другие поля “бугров” лежат у устья Урала, в бассейне Эмбы, на берегах залива Комсо-



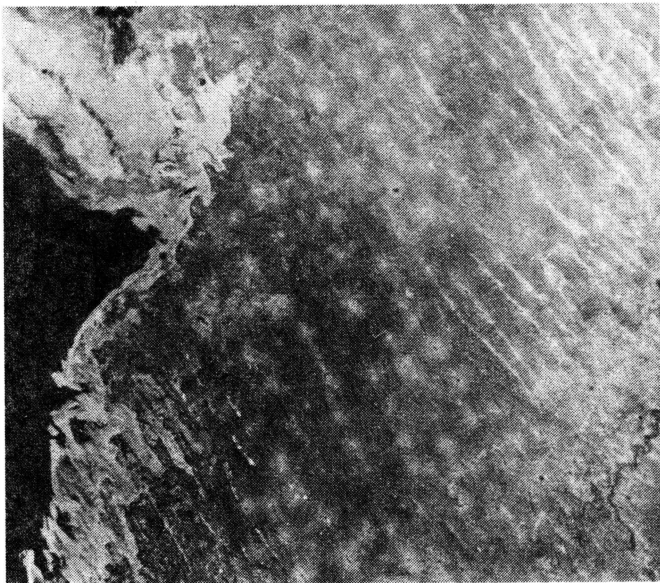
молец, а в сумме формируют зону шириной в 400–500 км и длиной до 800 км, которая тянется от Закаспия до Маныча и

в значительной своей части затоплена современным морем.

Судя по картам и космоснимкам, зона “бугров”



Следы катастрофических потоков, пересекавших Тургайское плато. Южный отрезок Тургайского спиллея, “торы-свидетели”, участки скебленда



Следы потоков в восточном Приаралье

Прикаспия не самостоятельна, а продолжает ложбины, секущие Арало-Каспийский водораздел и более северные возвышенности. Эти ложбины – широкие, с крутыми склонами; местами они теряются в отрогах Устюрта и других плато. Вдоль днщ ложбин тянутся цепочки крупных замкнутых котловин, их происхождение до сих пор остается загадкой.

Большой интерес представляют ложбины, пересекающие Южный Урал, горы Мугоджары и Тургайское плато Северного Казахстана. Все они начинаются на Западно-Сибирской равнине и, преодолев возвышенности, продолжают на юг и запад. Часть их совпадает с долинами, которые открываются в Аральское и Каспийское моря. Из них особого внимания заслуживают **“сквозные” ложбины**, пересекающие Тургайское плато. В их

числе и Тургайский спиллвей, действовавший в периоды “стационарного” стока, и целый пучок других ложбин, большинство из которых сейчас либо сухие, либо заняты бессточными озерами и мелкими реками. Сухие ложбины расчленяют междуречья на высотах 220–230 м, образуя “плетенку” промоин. Для плато также типичны изолированные **“горы-свидетели”**, которые, как похожие формы Марса, имеют обтекаемую, каплевидную форму.

Часть “сквозных” ложбин Тургайского плато открывается на юг, к Аральскому морю, в Туранскую низменность. В рельефе последней доминируют замкнутые впадины и грядовые формы, большинство географов объясняют их действием ветра. Однако так думают не все. Академик И.П. Герасимов говорил о следах древних рек, а его колле-

га С.Ю. Геллер доказывал, что гряды Каракумов и Кызылкумов – это эрозионные останцы, состоящие в основном из коренных пород, и считал их продуктом древних рек, стекавших с юга, с Копет-Дага.

Рельеф Турана – действительно **водно-эрозионный**. Но он создан не обычными реками, а древними катастрофическими потоками, и двигались они не с юга, а с севера, из Сибири. Эрозией таких потоков можно объяснить гряды и межгрядовые понижения пустынь; впадины, заливы и береговые формы Арала; очертания его островов и отмелей. Все они вытянуты с севера на юг и параллельны направлению потоков.

Комплексы реликтовых флювиальных форм известны и севернее Тургайского плато, в **Западной Сибири**. На ее юге они имеют вид ритмично чередующихся увалов и долин, гряд и межгрядовых понижений, почти всегда параллельных и взаимно параллельных. Эти комплексы похожи на Бэровские бугры, однако в Сибири – в Кулундинской, Барабинской и Ишимской степях их называют *гривами*. Большие увалы, характерные для Кулунды, имеют длину до 300 км и высоту до 90–120 м. К северу гривы снижаются, а в промежутках между ними появляются более мелкие бо-



*Следы ластовых потоков воды на юге Западной Сибири. В правом нижнем углу – озеро Зайсан и верховья Иртыша, в центре – Новосибирское водохранилище, у левой рамки – озеро Чаны*

розды и гряды. Все они вытянуты с северо-востока на юго-запад. Как и Бэровские бугры, гривы считаются проблематичными формами, однако преобладает точка зрения, что они созданы эрозионной и аккумулятивной работой водных потоков.

Последний наш шаг – нанесение всех этих комплексов на общую карту. В результате стало ясно: в Евразии действовала трансконтинентальная система стока, простиравшаяся от Арктики до Азовского и Черного морей, а указанные комплексы были звеньями этой системы. Возник образ сверхмощных потоков, которые распластывались на равнинах и, дробясь на струи, преодолевали перевалы. Течение воды в системе могло быть только катастрофическим. Об этом говорят размеры полей грядовых форм, факты “перехлеста” воды через высокие перевалы, признаки затоплений междуречных плато, прямолинейность гряд и проток, обилие замкнутых впадин, которые похожи на “котлы”, высверленные водоворотами. Да и расходы воды здесь были столь велики, что течение в системе могло возникать только время от времени и каждый раз продолжаться недолго.



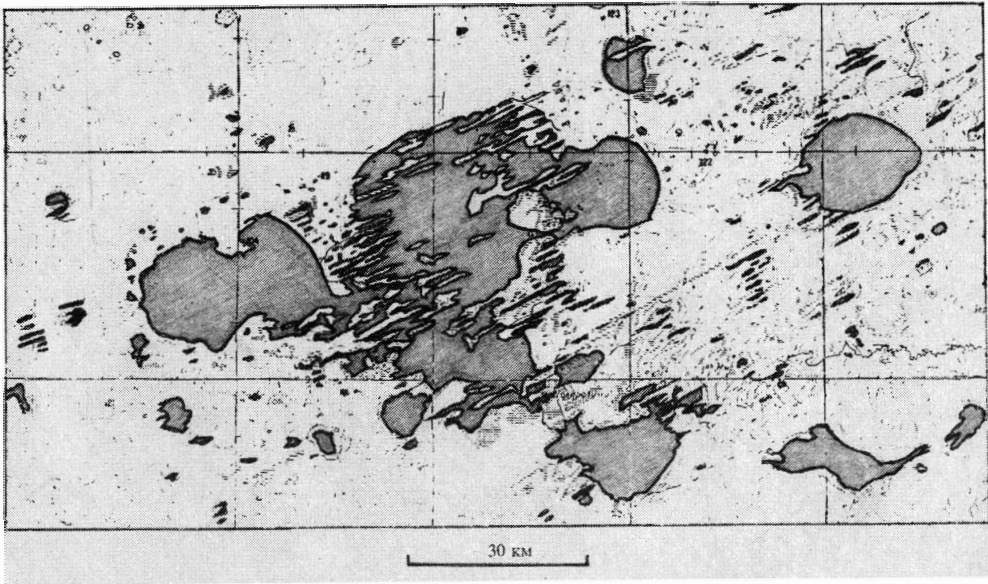
ИСТОЧНИКИ ВОДЫ И ЭНЕРГИИ ПОТОПОВ

Все струи катастрофических потоков фокусировались в Азовском море. Причем лишь часть их проходила через Маньчскую ложбину. Судя по следам древних врезов, потоки следовали и поперек Ергеней, и напрямую из Волги в Нижний Дон. Так что на замыкающем створе, каковым было Азовское море, расходы воды могли сильно превышать указанные выше “маньчские”. Некоторые расчеты показывают, что они приближались к марсианским.

Откуда же бралась эта вода? Ответ на этот вопрос и труден и прост. Почти все катаклизмы прошлого Земли имели

место в ледниковые эпохи и были связаны с оледенением. По своей природе это были либо прорывы ледниково-подпрудных озер, либо извержения талой воды изпод ледниковых щитов. Масштабы катаклизмов прямо зависели от размеров оледенения – самые крупные из них были связаны с гигантами, подобными Лаврентьевскому ледниковому покрову. Можно предположить, что и Трансевразийские потоки были продуктом ледникового покрова Арктики. Ведь рассмотренные здесь следы системы стока ведут на север, в низовья Оби, Енисея и Лены, где располагался край этого гигантского покрова.

В ледниковые эпохи на



суше и шельфах Арктики формировались **ледниковые щиты**, а центральная котловина Северного Ледовитого океана скрылась под толстой плитой шельфового ледника. В этой системе участвовала и жидкая вода, она накапливалась под ледниковыми щитами при их донном таянии и в озерах, подпруженных ледниковым краем. Но больше всего воды конечно оставалось в Ледовитом океане.

Вода всех этих резервуаров могла так или иначе прорываться, порождая катастрофические потоки. При этом действовали разные механизмы. Один из них, как уже говорилось, состоял в прорывах талой воды из-под ледниковых щитов: у ложа Арктического ледникового покрова, очевидно, накапливалась талая вода, которая затем с силой выдавливалась. Этот механизм работал

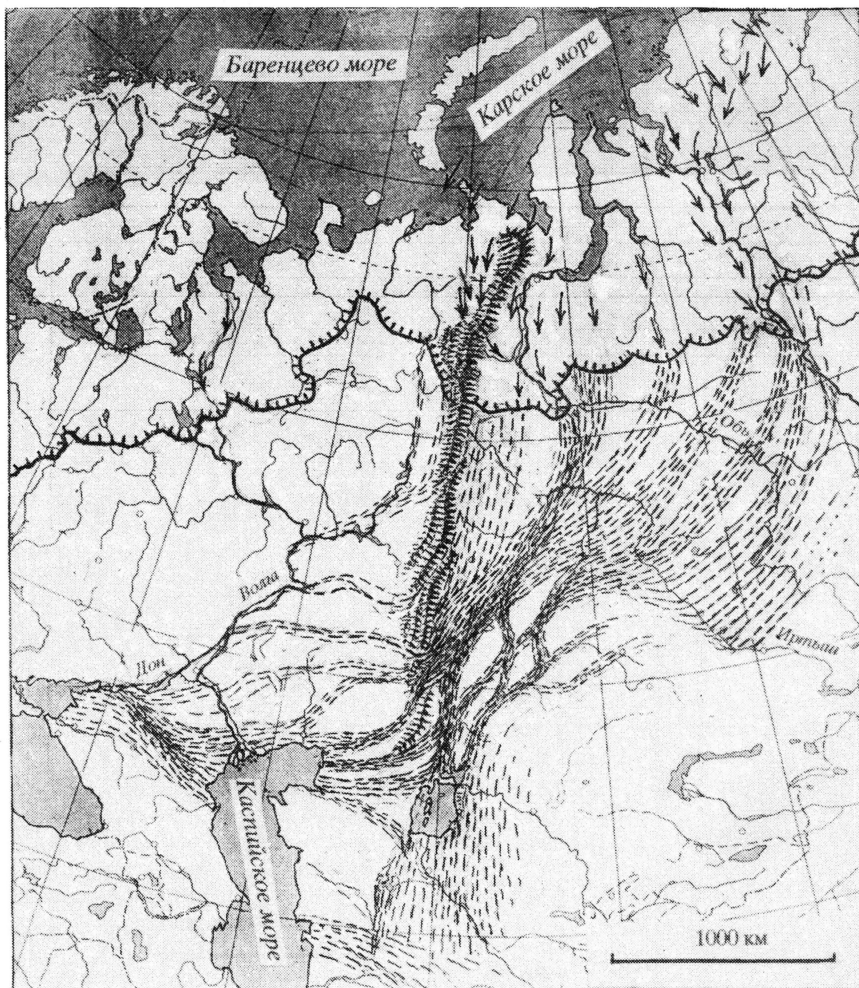
не только в Америке, его следы могут быть найдены и в Евразии. Однако он не был основным, так как сравнение объемов воды, которые дает донное таяние (по расчетам, не более нескольких км<sup>3</sup> в год), с расходами системы стока у входа в Азовское море делает ясным: их значения не сходятся, воды не хватало.

Чтобы найти решение, пришлось использовать рецепт Шерлока Холмса и, отбросив невозможное, принять за искомую истину то, что в конце концов осталось. А "оставшееся" – это модель, предполагающая **полное замыкание центральной части Ледовитого океана** (за счет ледяной пробки в проливе Фрама, между Гренландией и Шпицбергенем); постепенное утолщение плавучего ледника этого океана (за счет снегопадов и притока льда с периферии) и нарастание давления в подледном

*Проявление гривового рельефа (систем гряд и ложбин) Баранбинской низменности в очертаниях озера Чаны и соседних водоемов*

океане, что неизбежно приводило к **прорывам океанской воды** через окружающие ледниковые щиты. Напорная вода могла прорываться либо через перемычки, соединявшие соседние ледниковые щиты, либо через сами щиты, когда они испытывали периодические коллапсы и резко утончались.

Расчеты показывают, что для увеличения толщины Арктического шельфового ледника на 200 м требовалось около 1000 лет, на 300 м – 1500 лет. И если после этого из "ледниково-подпрудного океана" был выдавлен, скажем, 200-метровый слой, то количество воды, выброшенной на си-



*Взаиморасположение великих прорывных потоков в западно-центральной Евразии, восстановленное по их следам. Показаны: граница последнего оледенения ("оперенная" линия), пути стока подледной воды (стрелки) и водных потоков (прерывистые линии)*

бирский берег, составило бы 1 млн км<sup>3</sup>. Океанская ли вода действительно питала потоки, сказать трудно. Ясно лишь одно: в данном случае значения сходятся...

Наконец, о возрасте потоков. Катаклизмы были связаны с оледенени-

ем и, значит, происходили в ледниковый период. Судя по возрасту Бэровских бугров – в последнюю из ледниковых эпох, валдайскую: в Прикаспии бугры "вырезаны" из толщи глин, отложенных Хвалынской трансгрессией Каспия, а она совпадала с валдайским ледниковым максимумом. Так что "время потоков" должно было уместиться в промежуток между 20 и 10 тысяч лет назад.

Итак, комплексы параллельных ложбин и гряд, известные в Прикаспии, Туране, Западной Сибири

и соседних областях, оказываются звеньями единой системы стока, возникшей при великих гидросферных катаклизмах, связанных с оледенением Арктики. Катастрофические потоки могли перебрасывать огромные массы воды. Это явление позволяет объяснить многое – и флювиальные комплексы, по своим масштабам сравнимые с марсианскими, и колебания уровня Каспия, и те изменения Мирового океана и климата Земли, которые сопровождали убывание оледенения.

### Новые обзоры неба

Наблюдательное время гигантских астрономических телескопов, подобных Очень Большому Телескопу Европейской Южной Обсерватории (ОБТ ЕЮО), дорого, его ждут многие важные исследовательские программы. Поэтому работа таких телескопов должна быть очень тщательно подготовлена и оптимизирована, а ошибки должны быть полностью исключены.

Астрономам, работающим на новых телескопах с диаметром зеркала от 8 м и больше, необходимо планировать свои наблюдения, имея детальный список объектов, заслуживающих исследования на больших телескопах. Это особенно важно в программах наблюдений сравнительно редких далеких объектов. Обширные каталоги подобных объектов должны быть заготовлены заранее.

Поэтому производятся т.н. обзоры неба, ранее делавшиеся на широкоугольных астрографах. Например, полный обзор южного неба (до склонений  $< -17,5^\circ$ ) был выполнен в 1970-х гг. с помощью 1-м телескопа системы Шмидта ЕЮО для планирования работ на 3,6-м телескопе обсерватории Ла Силья.

Однако для новых телескопов фотографические обзоры неба уже не годятся. Они не в состоянии дать достаточно предварительной информации о тех слабых объектах, которые станут предметом исследования больших телескопов. Обзор, сделанный с использовани-

ем современной цифровой, многоцветной и высокочувствительной техники, настоятельно необходим для эффективной работы 8-метровых телескопов. Качественно новые обзоры теперь стали возможными благодаря появлению новых очень светочувствительных ПЗС-мозаик, установленных на широкоугольных телескопах. Новое поколение обзоров неба станет основой будущих исследований и, по-видимому, будет использоваться так же долго, как их нынешние аналоги, так хорошо послужившие астрономии в прошлые десятилетия.

Подобного рода работа была недавно проведена на Телескопе Новых Технологий ЕЮО для обеспечения объектами наблюдений ОБТ на первый год его работы (проект EIS – ESO Imaging Survey). Проект включал обзорные наблюдения на ТНТ, разработку методики начальной обработки “сырого” материала, интерпретацию результатов, идентификацию астрономически интересных “мишеней”, распространение среди астрономов изображений и других результатов обзора. При этом, скорость, с которой сырые данные EIS были преобразованы в окончательный вид, беспрецедентна.

Проект состоял из двух частей: широкий обзор и глубокий (светочувствительный, многоцветный в четырех оптических и двух инфракрасных полосах спектра) обзор. Широкий обзор покрыл четыре избранных участка неба, его главной целью был поиск далеких скоплений галактик и квазаров. За 36 ночей наблюдений (10 сеансов в период июль 1997 – март 1998) было получено около 6000 снимков в трех полосах пропускания (синий, желто-зеленый и близкий инфракрасный цвета). В последнем исследованные участки покрывают

17 кв. градусов, проникающая сила достигла  $23^m$ . Вся полученная “сырая” информация составила 96 Гбт, в окончательном виде – 200 Гбт.

На снимках было обнаружено около миллиона галактик и идентифицировано около 250 далеких скоплений галактик с красным смещением от 0,2 до 1,3 (расстояние от 3000 до 7000 св. лет). Кроме того, в направлении на южный галактический полюс были отобраны белые карлики, маломассивные звезды, коричневые карлики и кандидаты в квазары с большим красным смещением.

Проект EIS рассматривается как пробный для будущих широкомасштабных обзоров неба, планируемых на ЕЮО. В январе 1999 г. 2,2-м телескоп на Ла Силья начнет систематические наблюдения с широкоугольной камерой, способной за один раз покрыть участок неба, по площади превышающий размер полной Луны. В этом отношении он примерно в 6 раз эффективнее ТНТ. Обзор неба в близкой инфракрасной области намечено провести также на 1-м телескопе ЕЮО.

Самый мощный телескоп для обзора неба планируется установить на обсерватории Параналь. По соглашению между ЕЮО и обсерваторий Каподимонте (Италия) последняя предоставит ЕЮО для этого свой 2,6-м телескоп. Он будет в 12 раз эффективнее, чем 2,2-м телескоп Ла Силья. Когда через несколько лет он войдет в действие, ЕЮО окажется на передовой линии астрономии по возможностям получения высококачественных широкоугольных изображений небесных объектов.

ESO Press Release 10/98 4 August

1998

## Николай Алексеевич Пилюгин

Николай Алексеевич Пилюгин родился 18 мая 1908 г. в Красном Селе под Петербургом. Отец служил в расквартированном неподалеку уланском полку. Перед революцией семья поселилась в С.-Петербурге, а затем, спасаясь от голода, переехала под Орел к брату отца, где Коля начал учиться в сельской школе. И вновь переезд, уже в Москву. Разруха и нужда заставляют отца отправить пятерых детей с матерью в село под Саратов. Там от тифа погибли мать и сестра, а осиротевшие дети в приюте ждали приезда отца.

В 1926 г. семья вернулась в Москву, поселившись в Замоскворечье. В юношеские годы Николай заинтересовался футболом, болел за “Спартак”, играл в футбольных командах. Любовь к футболу он сохранил на всю жизнь. Средств в семье не хватало, и Николай после окончания 9-го класса с января 1927 г. начал работать слесарем-механиком в ЦАГИ. В сентябре 1930 г. был принят в МВТУ, а студенческие каникулы проводил на стройке нового ЦАГИ (в поселке, который потом стал г. Жуковский). Там же начал работать после окончания МВТУ в 1934 г. (в отделе авиационных приборов и автопилотов).

В марте 1941 г. в ЦАГИ проходит реорганизация, и Николая Алексеевича переводят в Летно-испытательный институт (ЛИИ) старшим инженером, где он работает до июля 1944 г. начальником лаборатории. В 1943 г. он успешно защитил кандидатскую диссертацию.

По приказу Министерства авиацион-

ной промышленности Пилюгина переводят в НИИ-1. Там он встречается с коллегами-“ракетчиками”: В.П. Мишиным, М.К. Тихонравовым, А.М. Исаевым, Б.Е. Чертоком и Л.А. Воскресенским; знакомится с немецкой ракетной техникой (в НИИ-1 доставили из Польши отдельные фрагменты немецкой БР ФАУ-2). В конце апреля 1945 г. первая группа специалистов для дальнейшего изучения немецкой техники вылетела в Германию. Николай Алексеевич прилетел в Германию в августе и пробыл там до декабря 1946 г., работая главным инженером в институте “Рабе” (организован Б.Е. Чертоком).

В феврале 1946 г. Правительственная комиссия, в состав которой тогда входил министр вооружений Д.Ф. Устинов, признала целесообразным начать в СССР разработку ракетной техники с воспроизводства немецких ракет. Одновременно решили поручить М.С. Рязанскому и Н.А. Пилюгину разработку систем управления (СУ) для баллистических ракет. В Постановлении Совета Министров СССР от 13 мая 1946 г. говорилось: “В Министерстве электропромышленности создать Научно-исследовательский институт с проектно-конструкторским бюро по радио- и электроприборам управления дальнобойными и зенитными реактивными снарядами на базе лаборатории телемеханики НИИ-20 и завода № 1”. Так родилась необычная организация – НИИ-885. Создание в 1946 г. такой организации стало неординарным шагом. В НИИ-885 организационно решались вопросы, связанные с

проектированием СУ и разработкой отдельных приборов, видов оборудования. Кроме того, необходимо было создать новые методы управления и аппаратуру, связать приборы и устройства в единую систему управления, полностью обеспечив ее разработку, изготовление и эксплуатацию. Опыт авиации, – отрасли, наиболее близкой по задачам и требованиям, предъявляемым к приборам управления, – не был взят для подражания. Нужно было разрабатывать совершенно другие системы. Принятое в тот период Н.А. Пилюгиным решение о форсированном развитии систем управления для ракетно-космической техники подтвердило свою правильность.

Облик систем управления в значительной степени определяет тактико-технические и эксплуатационные характеристики РКК, поэтому совершенствование СУ было основной целью в деятельности Н.А. Пилюгина. Аналогов такой фирмы в мировой практике не существовало.

15 декабря 1946 г. Николай Алексеевич Пилюгин стал в НИИ-885 начальником отдела, исполняя одновременно обязанности главного конструктора. С июня 1952 г. Пилюгин совмещал должности главного инженера и заместителя директора.

Формирование коллектива началось с перевода в него сотрудников проектно-конструкторского бюро ПКБ-170 и завода № 1, среди которых были ранее эвакуированные сотрудники Ленинградского завода «Красная заря». С 1947 г. в НИИ-885 начали работать выпускники МГУ, МВТУ и МЭИ. Николай Алексеевич, являясь членом Государственной экзаменационной комиссии МАИ и присутствуя на защитах дипломных проектов, приглашал молодых специалистов и студентов на работу в свой отдел.

Коллектив, созданный Н.А. Пилюгиным и возглавляемый им в течение 36 лет (затем его соратником – В.Л. Лапыгиным), превратился в мощную органи-



зацию с теоретическими, конструкторскими, технологическими, испытательными и комплексными лабораториями и отделами, развитым опытным производством. Институтом разработано около 100 СУ для различных ракетно-космических комплексов (РКК) и их модификаций.

Пионерские начинания и интересные идеи головных организаций ракетно-космической техники, в первую очередь, коллектива С.П. Королева, всегда поддерживалась Николаем Алексеевичем. Приоритетные шаги в освоении ближнего и дальнего космоса, многолетнее использование космической техники в интересах обороны и народного хозяйства стали возможными благодаря оснащению РКК системами управления, разработанными под руководством Н.А. Пилюгина. Николай Алексеевич умел привнести в работу высокое творчество и заражал им весь коллектив. Вот почему каждая новая разработка СУ была теоретическим и техническим шагом вперед.

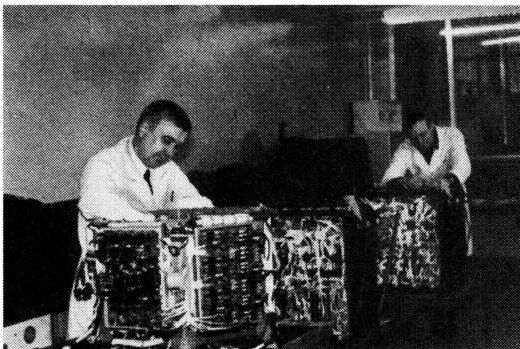
В качестве члена Государственных комиссий и технического руководителя



*Н.А. Пилюгин на Первомайской демонстрации, 1954 г.*

испытаниями Николай Алексеевич постоянно выезжал на полигоны, где проводились испытания РКК. Он принимал активное участие в решениях проблем, возникающих во время испытаний, а, возвращаясь с полигона, стремился быстро реализовать новые замыслы. Иногда они носили принципиальный, далеко идущий характер. Например, идея значительного сокращения числа электрических связей между бортовой и наземной аппаратурой, высказанная Н.А. Пилюгиным в начале 50-х гг., была воплощена в системе управления лунного пилотируемого комплекса "Н1-Л3", а затем во всех космических разработках в виде специальной системы, сопряженной с бортовой ЦВМ.

Трудно переоценить личный вклад Николая Алексеевича в разработку СУ. Ему принадлежит определяющая роль в решении таких сложнейших задач,



как управление статически неустойчивыми ракетами, учет упругих колебаний корпуса и жидких компонентов топлива, применение "жестких" траекторий, а затем и терминального управления. Например, при полете по "жесткой" траектории СУ в каждый момент стремится удерживать летательный аппарат (ЛА) на заранее рассчитанной и запрограммированной траектории. Решение задачи прогнозирования полета с помощью "терминального управления" обеспечивает приведение ЛА в назначенный момент времени или область пространства с нужными параметрами движения. Причем ЛА может двигаться по более экономичной траектории с выбранным критерием, например, с оптимальным расходом топлива или с минимальными перегрузками.

Техническая смелость и настойчивость помогла Н.А. Пилюгину реализовать идею создания полностью автономной СУ, способной привести КА в заданную точку пространства с требуемой точностью. Это позволило создать целое направление в области СУ – гироскопические платформы на поплавковых гироблоках, где применяются различные виды чувствительных элементов (акселерометров). В свою очередь, оно привело к разработке электромеханических узлов и приборов, имеющих уникальные характеристики. Точная электромеханика была любимым детищем Николая Алексеевича. Его изобретения и предложения воплощались во множестве конкретных решений и разработок.

Достигнутый уровень в создании электронных приборов – также результат усилий Н.А. Пилюгина. В конце 40-х гг. он непосредственно участвовал во внедрении магнитных усилителей, в выборе конструкций феррито-транзисторных и диодно-транзисторных ячеек, которые стали в 50-е гг. одним из основ-

*В сборочном цехе электронной аппаратуры*



ных элементов электронной аппаратуры. Оценив в полной мере преимущества цифровой техники, Н.А. Пилюгин в середине 60-х гг. приступил к ее использованию в СУ. Вначале цифровая техника внедрялась с применением ЦВМ, разработанной под руководством главного конструктора С.А. Крутовских.

Затем использовались спецвычислители и бортовые цифровые вычислительные машины (БЦВМ) собственной разработки.

БЦВМ революционизировало системы управления. Удалось увеличить состав измерительной информации и исполнительных органов и, тем самым, расширить круг решаемых задач. Постепенно исчезали аналоговые, релейно-логические и программно-временные приборы, их место заняли дискретные и преобразующие устройства. Появились перспективные типы аппаратуры: уплотнители и накопители, анализаторы, дешифраторы и другие.

Вычислительную технику внедрили и в наземную испытательно-пусковую аппаратуру. Логическим продолжением данного направления развития стали работы коллектива Н.А. Пилюгина в области систем дистанционного управления и контроля состояния ракет, стоящих на боевом дежурстве. Данная работа была актуальной и позднее вылилась в самостоятельную область, тесно связанную со стратегическими интересами государства. Результат исследований – создание “чемоданчика президента” с кнопкой управления ядерным вооружением...

Широкое применение ЦВМ изменило структуру и коллектив института. Появились подразделения программистов, новый облик приобрела испытательная, проверочная и стендовая аппаратура. Потребовались новые конструкторские решения и технологические процессы. Николай Алексеевич смело шел на такую перестройку, начавшуюся вскоре после организации в начале 60-х гг. самостоятельного института (НИИ-944). Он был назначен главным конструктором НИИ-944

в апреле 1963 г. В октябре 1965 г. стал директором и главным конструктором НИИ автоматики и приборостроения, а в августе 1978 г. – генеральным директором. Позже имя академика Н.А. Пилюгина постановлением Правительства РФ было присвоено Научно-производственному центру автоматики и приборостроения (НПЦ АП).

Многие комплексные решения, принятые под руководством Николая Алексеевича, использовались при создании РКК “Н1-Л3” (№ 7) в конце 60-х – начале 70-х гг. СУ многоразового космического корабля “Буран” стало апофеозом деятельности конструктора. К сожалению, он не увидел единственного полета и триумфальной автоматической посадки “Бурана” в ноябре 1988 г.

Все годы Н.А. Пилюгин продолжал совершенствовать и расширять структуры института и опытного производства. В 1952 г. в Харькове на заводе “Коммунар” организуется специальное КБ и разворачивается серийное производство аппаратуры СУ. В 1953 г. в Свердловске создается организация для разработок СУ ракет морского базирования. Главные конструкторы этих организаций А.М. Гинзбург, Н.А. Семихатов и В.Г. Сергеев приобрели свой опыт в разработках систем управления под руководством Н.А. Пилюгина. В 1969 г. к институту присоединился филиал в Филях.

Николай Алексеевич прилагал много усилий для становления производст-



ва аппаратуры на заводах в Козельске, Саратове, Киеве и Омске. В доперестроечный период тематика и объем работ института все время расширялись.

Н.А. Пилюгину не суждено было пережить обратный, трагический процесс сегодняшнего дня. Созданный им с колоссальным трудом коллектив значительно сократился и переживает, как и другие организации военно-промышленного комплекса, системный и экономический кризис, теряя уникальный интеллектуальный и производственный потенциал.

В 1958 г. Н.А. Пилюгину присуждена ученая степень доктора технических наук. В том же году его избрали членом-корреспондентом, с 1966 г. – действительным членом Академии, а в 1967 г. – членом Президиума АН СССР. Большую работу вел Н.А. Пилюгин в Академии наук СССР. Он один из организаторов Отделения механики и процессов управ-

ления. Николай Алексеевич работал в тесном контакте с президентом АН СССР М.В. Келдышем, академиками А.Ю. Ишлинским и В.А. Котельниковым. Сотрудничество с ИПУ АН, при участии академика Б.Н. Петрова, началось в 1953 г. и не прекращается до сего времени. В разработке математического обеспечения для СУ “Бурана” участвовал коллектив ИПМ АН, руководимый академиком А.Н. Тихоновым. Широкие научные связи имел Николай Алексеевич и с вузовской наукой, особенно с учеными МВТУ им. Баумана.

Государство высоко оценило заслуги академика Н.А. Пилюгина в создании ракетно-космической техники. Ему дважды было присвоено звание Героя Социалистического Труда (1956 и 1961 гг.). Он кавалер пяти орденов Ленина и ордена “Октябрьской революции”, лауреат Ленинской (1957 г.) и Государственной (1967 г.) премий, был награжден Золотой медалью Циолковского (1958 г.) и другими памятными медалями.

Благодаря самоотверженному отношению к работе, эрудиции, чувству нового, способности видеть конечную цель и стремлению к ее достижению, Николай Алексеевич пользовался всеобщим уважением и авторитетом. Иногда он выглядел суровым, был немногословен, взыскателен, не любил словесной афишировки собственного авторства. Уделял много внимания производству – сам часто заходил в цеха, советовался с мастерами и рабочими, повторяя сотрудникам: “Делайте так, чтобы рабочему было легко работать”. Дома увлекался сборкой хитроумных механизмов, собрал большую коллекцию магнитофонов и фотоаппаратуры.

Академик Николай Алексеевич Пилюгин был великий труженик, авторитетный ученый, выдающийся конструктор, смелый и пылкий экспериментатор, создавший свою школу разработки систем управления.



Памятник Н.А. Пилюгину на Новодевичьем кладбище в Москве

ПРИСС Г.М.,  
кандидат технических наук

## Пьер Бугер

(к 300-летию со дня рождения)

Французский ученый Пьер Бугер родился 16 февраля 1698 г. в гор. Ле-Крузик в Нижней Бретани в семье профессора гидрографии местного университета. В 1713 г., после смерти отца, он занял его кафедру. Вундеркинды встречаются среди астрономов, напомним, что Иоганн Мюллер (Региомонтан) в 11 лет окончил университет. Но едва ли можно встретить другой случай, когда молодой человек занимал должность профессора в 15 лет.

Трудно сказать, когда именно зародилась астрофизика. Возможно, с опытов Ньютона по разложению солнечного света в спектр. Известно, что Гюйгенс занимался фотометрией с целью определения расстояний до звезд и, хотя и получил значения намного меньшие действительных, все же доказал, что звезды находятся далеко за пределами солнечной системы. Однако настоящим основоположником фотометрии и тем самым всей астрофизики можно считать Бугера. Более того, если в общей астрономии существуют законы, установленные задолго до рождения Бугера (законы Кеплера, например), то в астрофизике самым “древним” из законов является закон Бугера.

В 1729 г. в сочинении “Оптический трактат о градации света” (русский перевод в 1950 г.) Бугер описал открытый им экспоненциальный закон ослабления монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде. Позже этот процесс был подробно изучен немецким ученым И.Г. Ламбертом (1760 г.) и проверен на опыте немецким ученым А. Бером (1852 г.).

Поэтому открытый Бугером закон иногда называют законом Бугера-Ламберта-Бера. Если следовать этой логике, то следует присоединить и С.И. Вавилова, экспериментально проверявшего закон в 1920-х гг. в широком диапазоне мощностей светового пучка. С.И. Вавилов пришел к выводу, что при очень большой мощности светового пучка поглощение должно уменьшаться. Окончательно это было доказано только с появлением оптических лазеров. Так что оставим за законом имя одного Бугера. Именно так он называется в наших учебниках по астрофизике. В настоящее время этот закон – один из основных при изучении распространения излучения в недрах звезд и в их атмосферах. Все модели внутреннего строения звезд рассчитываются с помощью закона Бугера.

С 1730 г. Бугер – профессор в Гавре. В 1731 г. за свое открытие Бугер был избран членом Французской Академии наук в Париже. Подобно большинству ученых того времени, Бугер совмещал теоретические и практические работы, и трудно сказать, где он преуспел больше. Бугер впервые установил понятие количества света, сформулировал основные положения визуальной фотометрии, разработал способы измерения яркости света, описал фотометрические приборы. На основе своей фотометрической теории он составил таблицы атмосферной рефракции.

Наиболее ярко талант Бугера проявился во время работы Франко-испанской геодезической экспедиции в Эквадоре (1735-1744 гг.) (Земля и Вселен-

ная, 1990, № 1). Целью экспедиции было измерение длины градуса меридиана в районе экватора. Другая французская экспедиция направилась в Лапландию. Ожидалось, что по разнице длин измеренных дуг меридиана будет определена форма Земли: сжата она у полюсов или вытянута.

Бугер был назначен Академией главой южной экспедиции, и формально под его началом оказались еще два выдающихся ученых – академики Шарль Мария де ла Кондамин и Луис Годен. Назначение Бугера руководителем экспедиции понятно – он был единственным из трех, кого можно считать астрономом. К чести Бугера, он сразу понял, что командовать своими товарищами не следует. Люди они были такого же склада, как и он – гордые, независимые, знающие себе цену и не терпящие принуждения. Попыток руководить ими, тем более со стороны человека, равно им по таланту и заслугам, они бы не стерпели. Но все трое понимали, что успеха в достижении общей цели они могут добиться только координируя свои усилия.

Надо сказать, что в общечитии Бугер был тяжелым человеком – неуживчивый, подозрительный, очень обидчивый, некоммуникабельный, как сказали бы сейчас. Возможно, некоторую роль в становлении такого характера сыграла внешность – невысокий, коренастый, с втянутой в туловище головой. Но все компенсировалось его невероятной трудоспособностью, целеустремленностью, погруженностью в работу. Это помогло ему, по крайней мере, не мешать другим и даже участвовать на равных в совместных работах.

А сотрудничество и взаимопомощь были необходимы. Представьте себе, как трудно измерить длину дуги меридиана более чем в  $3^\circ$  (около 350 км) в условиях горной страны, где на пути то и дело встречаются глубокие пропасти, а капризы погоды совершенно непредсказуемы. Измерения велись триангуляционным методом: через 20-30 км ставились геодезические сигналы и от них измерялись углы между соседними сигналами с помощью угломерных инструментов – квадрантов. Экспедиция

разделилась на две группы. Вместе с Бугером были Кондамин и один из испанских участников, Антонио де Ульоа. Бугер и Кондамин имели отдельные квадранты и проводили собственные измерения. Антонио Ульоа, не имевший персонального квадранта, наблюдал на инструментах своих коллег. При этом, если кто-то не мог или не успевал выполнить полностью все измерения, он заимствовал результаты у другого. Впрочем, это не составляло и десятой части всех результатов. Триангуляционные работы шли два года (1737-39 гг.). Им предшествовали и завершали работу измерения базисов, давшие хороший контроль результатов.

Неприятности начались в астрономической части работы – определении широт конечных пунктов триангуляции, где контроля уже не было. Измерялись зенитные расстояния околозенитных звезд при их прохождении через меридиан. В то время повысить точность астрономических инструментов могли только одним способом – увеличивая их размер. Это улучшает точность делений разделенного круга (вернее, кругового сектора с углом раствора  $30^\circ$ , так как инструмент только его и имел) и позволяет использовать длиннофокусные телескопы с большим масштабом поля зрения. Сектор Бугера и Кондамина имел радиус в 3,9 м.

Первые же наблюдения на южном конце дуги, в Тарки, неподалеку от города Куэнка, показали большой разброс результатов от одной ночи к другой – до  $10''$ . Затем геодезисты перебрались на северный конец триангуляционной сети. Здесь Бугер выбрал пункт для наблюдений на ферме Кочаски. Он находился вблизи археологического памятника – пирамид Кочаски (Земля и Вселенная, 1987, № 3). Ни один из участников экспедиции не оставил в своих книгах упоминаний о пирамидах. Бугер только написал, что сектор был установлен на кургане, “древней могиле индейцев”. По данным об измерениях треугольников триангуляции, приведенным в книгах Кондамина и Бугера, я смог найти этот курган на местности через 250 лет. Он оказался необычной цилиндрической формы, с поч-

ти вертикальными склонами и плоской верхушкой, около 10 м в диаметре и около 2 м высотой. От фермы остались развалины вблизи кургана. Пирамиды Кочаски – в 2 км к северу.

В октябре 1740 г. три академика собрались в Кито, чтобы обсудить причины разброса в наблюдениях. Были выдвинуты различные предположения и выработана программа дополнительных специальных наблюдений с использованием различных инструментов и объективов, с варьированием методов и условий наблюдений. Предложения ученых во многом предугадали современные представления о влиянии метеоусловий на результаты астрономических наблюдений, о необходимости исследования аномальной рефракции и местных погрешностей.

Надо отметить один психологический момент. В то время вопрос о форме Земли был уже решен. Северная экспедиция закончила работы. Как выяснилось позже, ее результат был ошибочный, на 425 м, но ошибка оказалась в нужную сторону, и потому результат убедил всех, что Земля действительно сплюснута у полюсов. Участники экваторской экспедиции узнали об этом в разгар триангуляционных работ. Понятно, что чувство разочарования их не минуло, но не обескуражило. Оставшуюся теперь перед ними намного более скромную задачу – уточнение формы Земли – они старались выполнить со всей возможной точностью.

На долю Бугера выпали повторные наблюдения в Тарки. И надо сказать, что главная заслуга в достижении высокой точности результатов экваторской геодезической экспедиции принадлежит ему. Он сумел показать, что виновником ошибок был сам сектор, недостаточно жесткий и неустойчивый при столь большой высоте. В Тарки в марте-декабре 1741 г. Бугер провел шесть сеансов наблюдений, с каждым этапом укрепляя и совершенствуя инструмент, пока не добился стабильных результатов. Отличие от начального результата превысило 20", что могло бы дать ошибку в длине градуса меридиана в 220 м.

После этого Бугер и Кондамин ре-

шили провести еще один, заключительный сеанс наблюдений, причем одновременно на обоих концах дуги. Причин для этого две. Во-первых, предыдущие наблюдения в Кочаски тоже вышли теперь из доверия. Во-вторых, ученые хотели освободить наблюдения от влияния aberrации. Дело в том, что геодезисты уже знали, что Дж. Брадлей в Англии обнаружил смещения звезд с годичным периодом, но им еще не были известны подробности и методы их учета. Синхронные наблюдения позволяли не брать этот фактор во внимание.

Пришлось построить еще один сектор, чем и занялся Бугер совместно с механиком экспедиции Гюго. Работа заняла полгода, новый сектор имел радиус в 2,5 м, и в июле 1742 г. Бугер отбыл с ним в Кочаски, а Кондамин в сентябре отправился в Тарки. Бугер закончил наблюдения в январе 1743 г. и 20 февраля отправился из Кито в карибский порт Картахену, даже не известив об этом своего коллегу. Кондамин продолжал наблюдать и только 9 апреля узнал об отъезде Бугера, получив обратно свою почту для него. Кстати, широта Тарки, определенная Кондамином, не отличалась от результата Бугера, последний же исправил свое первоначальное значение широты Кочаски на 7".

"Забывчивость" Бугера, по-видимому, не была случайной. Хотя по первоначальному плану имелось в виду получение общего итога всего предприятия, геодезисты по ходу работ начали рассматривать свои результаты как личную собственность. Однажды они, для страховки, все же попытались сравнить результаты и путем сложных переговоров убедились, что разброс предварительных значений лежит в пределах 60 м. А теперь Бугер поспешил в Париж, чтобы первым сообщить о завершении работ. В середине 1744 г. он прибыл туда, на 8 месяцев раньше Кондамина.

В 1749 г. Бугер полностью завершил обработку и опубликовал все материалы наблюдений и обработки в книге "Форма Земли по наблюдениям господ Бугера и Кондамина". Книга Кондамина вышла двумя годами позже. Как и следовало ожидать, результат Бугера для длины дуги меридиана в 1° в районе экватора,

110 600 м, оказался самым точным — лишь на 18 м больше истинного значения. У Кондамина ошибка была 24 м, у остальных трех членов экспедиции, проводивших измерения, — 53, 68 и 110 м.

Когда участникам экспедиции выпало время, не занятое их прямой задачей, они выполняли ряд других научных исследований самого разнообразного характера. В ходе этих работ были сделаны два открытия фундаментального характера. Кондамин по определениям длины секундного маятника установил существование гравитационных аномалий. Бугер обнаружил уклонения отвеса. Маршрут экспедиции пролегал у подножия гиганта Анд — высочайшей вершины Эквадора Чимборасо (6310 м). Вершина этой горы — самая удаленная от центра Земли точка земной поверхности. И Бугер заметил, что отвесная линия изменяет направление вблизи горы, гора притягивает ее к себе.

Кондамин сообщил о своем открытии, но и только. Он, как и Луис Годен, в ходе экспедиции часто отвлекался на другие проблемы и не придавал особого значения побочным результатам. Бугер сразу понял важность открытий. Он исследовал эти явления так же дотошно, как делал все остальное. Это был единственный случай, когда Бугер временно отвлекся от триангуляционных работ и выехал за пределы границ сети, чтобы провести специальные наблюдения с другой стороны Чимборасо. В его книге отдельная, самая большая глава посвящена этим исследованиям.

В итоге имя Бугера сохраняется в гравиметрии до сих пор. Там есть термины “аномалия силы тяжести Буге” и “редукция” Буге. Разность между теоретической и измеренной силой тяжести (поправка Буге) используется при гравиметрической разведке полезных ископаемых. (По современным правилам французского произношения его фамилия, Bouguer, должна читаться как Буге, этому чтению и следуют гравиметристы.)

После экспедиции научные интересы Бугера изменились. Возможно, сыграли роль практические заказы, ведь в конце концов, королевская казна выделила деньги на экспедиции по измерению Земли не из чисто научных интересов, а из потребностей навигации. Именно навигационными проблемами теперь и занялся Бугер. В 1746 г. вышла его работа “Трактат о корабле”, имевшая большое значение для развития корабельного дела. В 1748 г. Бугер сконструировал новый прибор, прообраз будущего гелиометра. А в 1753 г. вышла из печати другая работа, название которой говорит само за себя: “Новое сочинение по навигации, содержащее теорию и практику штурманского искусства”.

Умер Бугер 15 августа 1758 г. в Париже. Его именем названы кратер на Луне (диаметр 24 км) и кратер на Марсе.

*В.А. ЮРЕВИЧ,  
кандидат физико-математических наук*

## Информация

### **Когда появились галактики?**

Распределение в пространстве удаленных галактик и их строение изучает сотрудница Калифорний-

ского университета Джудит Коэн. На конференции Американского астрономического общества в Сан-Диего (Калифорния, США) в июне 1998 г. она рассказала о своих результатах. Крупнейший в мире 10-метровый телескоп им. Кека, установленный на Гавайях, оказался способным изучить звездный состав галактик, удаленных почти на 8 млрд световых лет. Оказалось, что и в этих галактиках находятся звезды весьма поч-

тенного возраста, 8–10 млрд лет. Но в таком случае возраст самих галактик должен быть не менее 16–18 млрд лет, т.е. намного больше, чем астрономы предполагали до сих пор.

*New Scientist, 1998, 158, 27*

## Памяти Гаруна Тазиева

В наши дни, когда тайны науки становятся все менее доступны “простому” человеку, человечество, как никогда, нуждается в людях, которые умеют передавать окружающим чувство восхищения могучей природой. Таким был один из очень известных в XX веке людей путешественник, вулканолог, писатель Гарун Тазиев, ушедший из жизни 2 февраля 1998 г.

Г. Тазиев родился в 1914 г. в Варшаве, когда Польша была частью Российской империи. В самом начале первой мировой войны его отец, по национальности осетин, врач русской армии, погиб. Мать переехала в Петроград, а с началом революции – в Бельгию. В детстве Гарун мечтал стать моряком или полярным исследователем, но окончив

Льежский университет, получил профессию агронома, потом служил в бельгийской армии, а в годы германской оккупации участвовал в движении Сопротивления. Потом он изучал геологию и горное дело, жил в Бельгийском Конго, где занимался поисками полезных ископаемых и работал горным инженером в Катанге, был чиновником геологической службы в Киву. В это время им написаны первые научные статьи, посвященные щелочным породам, извергнутому вулканами Африки.

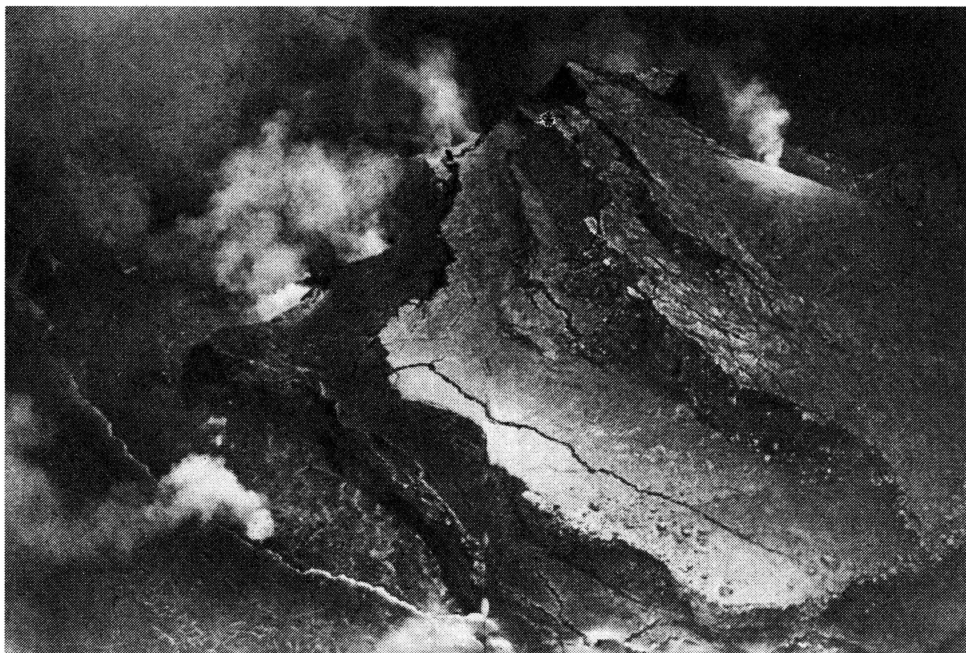
В 1948 г. Г. Тазиев становится свидетелем извержения безымянного вулкана, которому он сам дал название Китуро. Это незабываемое зрелище навсегда превратило его в “слугу огнедышащих гор”. Он открыл для себя “весь набор эстетических, спортивных и научных прелестей, какой вулканология дарит человеку моего склада”. Его первая книга, опубликованная в 1951 г. на французском языке, “Les crateres en feu” (“Кратеры в огне”), вскоре была переведена на английский и сделалась бестселлером.

Удача вдохновила автора. В последующие годы он написал еще 22 книги и снял шесть научно-популярных фильмов, показывающих вулканы во всем их природном грозном великолепии. В этих работах он предстал не только как ученый-исследователь, но и художник-лирик, восхищающийся могучими силами природы, человек, выступающий на равных с нею.

В нашей стране первой книге Тазиева пришлось дожидаться “оттепели”, когда Географгиз смог, наконец, ознакомить читающую публику с неизвестным миром вулканов. Ее успех был огромным. Иначе и не могло быть с сочи-



Гарун Тазиев



*Вулканические ландшафты. Фото из книги Г. Тазиева*



томной серии "XX век: Путешествия, открытия, исследования". Сами названия произведений в этом томе звучат увлекательно и маняще: "Кратеры в огне", "Вода и пламень", "Встречи с дьяволом", "Этна и вулканологи".

Вернувшись в Бельгию, Тазиев преподает в Брюссельском университете, а затем принимает предложения сотрудничать в двух французских университетах: Парижском и в Орсе, вблизи французской столицы. В 1957 г. он пускается в "автономное плавание", основав Бельгийский вулканологический центр, а в 1961 г. создал на о. Сицилия Международный институт вулканологии, ставший важным звеном в науке о земных недрах и их проявлениях на поверхности планеты. Здесь учились и стажировались молодые специалисты из многих стран мира. Одновременно Тазиев возглавляет вулканологическую лабораторию Института физики Земли в Париже и создает французскую государственную лабораторию активного вулканизма в Жиф-сюр-Иветте.

нением, рассказывающим о приключениях ради познания родной планеты. Позже издательство "Мысль" включило книги Тазиева в отдельный том в 20-

Ни один человек в мире не видел столько вулканов, расположенных по всей планете, не наблюдал столько вулканических извержений, как Гарун Тазиев. Зачастую рискуя жизнью, он подбирается как можно ближе к источнику лавы, измеряет ее температуру и берет образцы, которые в лабораторных условиях позволяют получить самые точные результаты химического анализа выделяющихся газов. Часть применяемых для этого приборов сконструировал Г. Тазиев. Эти приборы по сей день широко используются не только в научных, но и в промышленных целях.

В научных интересах Г. Тазиева можно выделить два направления. Первое – изучение типов и динамики вулканических извержений и исследование вулканических газов. Второе – проблема вулканической опасности и ее предотвращение.

Последнее тесно связано с тем, что ныне называют “человеческим аспектом”, присутствующим при грозных явлениях природы. Поэтому к Г. Тазиеву нередко стали обращаться как к эксперту по установлению степени риска подобных явлений. Так, в 1976 г. его пригласили на принадлежащий Франции остров Гваделупа в Карибском море, где жизни людей и их имуществу начал угрожать вулкан Суфриер. Международная группа специалистов считала положение весьма серьезным и рекомендовала эвакуировать со склонов горы все население. Какую же ответственность взял на себя Г. Тазиев, когда воспротивился столь дорогостоящей операции и заявил, что прямой опасности нет! “Перестраховщики”, однако, взяли верх: 73 тыс. человек было вывезено из зоны, объявленной запретной, но извержение оказалось совершенно безобидным.

Другой пример. В 1971 г. поток лавы излился из бокового кратера Этны и по оврагу в склоне горы пошел вниз. Г. Тазиев со своим коллегой Франсуа Легерном предложили перегородить ущелье взрывом там, где профиль местности позволял создать глубокую выемку на склоне. Излияние, по их оценке, должно было закончиться прежде, чем вы-

емка заполнится. Однако руководство провинции не решилось на этот шаг, и лава вырвалась из ущелья на равнину. Было сожжено несколько сот гектаров полей и виноградников, лишь на подходе к селениям лава остановилась. Парадоксально, но на Сицилии уже три столетия существует закон, запрещающий отводить потоки лавы в сторону.

Тазиев предложил ввести специальный код профессионального поведения для вулканолога, принимающегося за оценку риска извержения в населенной местности. Когда солидный, издающийся в США, международный журнал “Journal of Volcanology and Geothermal Research” опубликовал эти предложения, началась необычно бурная для научной среды дискуссия. Многие считали эвакуацию населения, произведенную на Гваделупе в 1971 г., оправданной, так как предвидеть все особенности конкретного извержения наука еще не в силах, а рисковать жизнью людей, как бы ни мала была реальная опасность, не следует. Правы оппоненты или нет, но дискуссия подчеркнула, насколько важна роль специалистов в науках о Земле, когда речь идет об опасных явлениях природы.

В последующие годы Тазиев выдвинул некоторые принципы, важные для проблемы уменьшения опасности при извержениях. Согласно им, ответственность за определение степени риска должны нести именно вулканологи. Сложность и многогранность вулканической активности и трудность оценки дальнейшего поведения “огнедышащей горы” и ее продуктов, как правило, не позволяют геологу судить о всем разнообразии этих процессов и их последствий. Главное даже не предсказать само извержение, а предвидеть катастрофические его последствия. Серьезная угроза связана лишь с немногими извержениями. Однако при любом из них следует иметь в виду возможность неожиданного поворота событий.

Необходимо знать историю поведения каждого вулкана. Даже самый опытный наблюдатель не в состоянии предвидеть развитие явлений в недрах “взрослого и зрелого” вулкана, пока в руках нет подробной хроники его исто-



рического поведения, охватывающего достаточно длительное время.

Вулканолог-профессионал должен быть советчиком для официальных представителей власти, которым и следует принимать решения о действиях применительно к обстановке, оцененной экспертом. Выступления в прессе недопустимы: даже компетентные специалисты могут иметь различные мнения, а выражение их публично может привести к потере доверия официальных лиц к специалистам. Между тем, зачастую самозванные "эксперты" высказывают через прессу слабо аргументированные мнения, которые вызывают среди населения панику.

На протяжении всей жизни Г. Тазиев постепенно расширял сферу своей деятельности, исследуя и другие опасные природные явления, а затем и экологические проблемы. Его особенно интересовали последствия крупных землетрясений. Так, в 1962 г. он опубликовал на эту тему книгу "Когда земля дрожит". В 1984-86 гг. Г. Тазиев занимал при правительстве Франции необычный для того времени пост государственно-секретаря по предотвращению естественных и техногенных катастроф.

Здесь он всегда выступал против тех, кто пытался использовать грозные силы природы в качестве пугала для "выбивания" ассигнований на бесполезные и сомнительные исследования. Почти до самой кончины Тазиев был советником различных официальных органов.

Как признанного ученого и авторитетного специалиста его приглашали в качестве эксперта при реализации особо важных проектов. Например, в 1987 г. правительство Эквадора пригласило его для выбора самого безопасного пути для нового трансандского нефтепровода (прежний разрушило землетрясение).

Г. Тазиев чувствовал большую ответственность перед обществом и посвятил жизнь исследованию одного из самых грозных явлений природы на планете Земля. Даже среди вулканологов трудно найти такого знатока вулканов Земли, как Тазиев. И уж никто не может сравниться с ним в ярких и поэтичных описаниях вулканических извержений. Он был одним из лучших популяризаторов наук о Земле.

*Б.И. СИЛКИН*  
*Геофизический комитет РАН*

## Информация

### **Вниманию торговцев звездами!**

Уже в течение 20 лет в США существует компания "Интернешнл Стар Реджистри", которая, как и следует из названия, "регистрирует звезды". Правда, телескопов у нее нет, да это ей и не нужно. Основатели обратили внимание, что боль-

шинство звезд на небе обозначены только номерами в звездных каталогах, и решили использовать это с выгодой для себя. Теперь любой желающий может присвоить свое имя любой из звезд, которая еще не успела получить другое. Для этого достаточно уплатить компании 49 долларов и возместить почтовые расходы. Покупатель получает свидетельство и карту неба с обозначением своей звезды. Так поименовано уже более 500000 звезд.

По международным соглашениям, присваивать имена небесным объектам может только соответствующая комиссия Международного

Астрономического Союза. Астрономы, возмущенные самоуправством, обратились в организацию по охране прав потребителей. Их протест стал известным. И теперь огорченные "владельцы" звезд, узнав о необоснованности претензий компании на обладание звездами и на их поименования, обращаются в суд. Помимо компенсации бывшим клиентам за моральный ущерб, компании придется отвечать за обман покупателей, ложную рекламу и т.п., ведь ею нарушено около десятка разных актов.

New Scientist, 1998, 2135, 14

## Погружение в гидротермальные поля океана

А.М. САГАЛЕВИЧ,  
доктор технических наук  
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Человек начал изучение Мирового океана несколько сотен лет назад, а к исследованию его глубин приступил лишь в начале XX в., когда это позволила техническая оснащенность исследователей.

Настоящую революцию в наших представлениях об океане произвели глубоководные буксируемые и обитаемые аппараты, позволившие сделать ряд выдающихся открытий. Так на дне Мирового океана уже открыто более 40 ранее неведомых гидротермальных районов. Российские аппараты "Мир" проводили исследования в 12 из них, причем в двух районах – впервые.

НАД СРЕДИННО-АТЛАНТИЧЕСКИМ ХРЕБТОМ

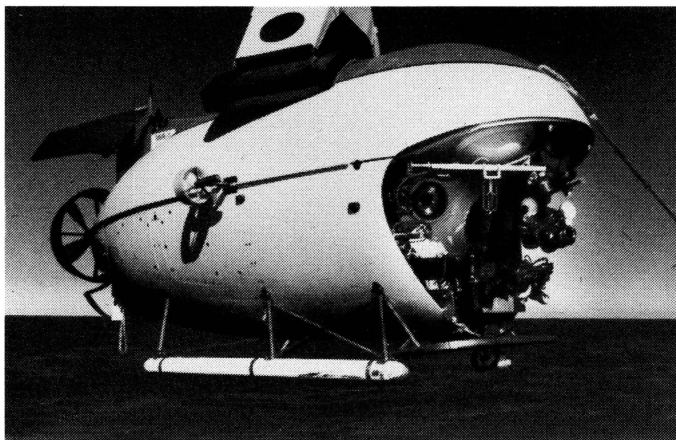
Американские ученые М. Юинг и В. Хизен в 1956 г. впервые показали, что поверхность дна океанов

рассечена протяженными **рифтовыми зонами** – срединно-океаническими хребтами. Общая протяженность таких геологических структур в Мировом океане составляет около 80 000 км. В рассекающих эти хребты рифтах глубинное вещество поднимается к поверхности океана, образуя океаническую кору.

Обогащенная различными химическими элементами, она выходит на поверхность дна в виде горячего **флюида**, бьющего под большим давлением из труб различного диаметра и разной высоты. Это необычное явление впервые наблюдалось американскими учеными с глубоководного обитаемого аппарата "Алвин" на Галапагосском рифе в 1977 г. А годом ранее с глубоководного буксируемого аппарата "Ангус" были сделаны донные фотографии необычных, неизвестных ранее гидротермальных животных.

В одном из районов Срединно-Атлантического хребта над полем Логачева (14°45') мы спустились с борта научно-исследовательского судна (НИС) "Академик Мстислав Келдыш" в подводном обитаемом аппарате "Мир", сконструированном советскими инженерами и океанологами. На краю воронки, из которой валил густой черный дым, на глубине 3020 м, мы увидели новый, еще не описанный тип **гидротермального источника**. Он не только тем отличался, что захватывал при своем формировании верхнюю часть мантии и мигрировал сквозь всю толщу океанической коры, прорываясь к поверхности дна, но и своим положением на краевом уступе: обычно источник располагается в разломе на осевом хребте.

**Гидротермальное поле** было открыто в январе 1994 г. учеными объе-



*Глубоководный обитаемый аппарат "Мир-1", созданный советскими инженерами и океанологами в 1986 г.*

динения "Севморгеология" из Санкт-Петербурга. Экспедиция же на корабле "Мстислав Келдыш" совершила первое погружение в этом необычном районе на двух аппаратах "Мир-1" и "Мир-2" в феврале 1995 г.

Во время погружения, поднимаясь вверх по склону, мы встретили два подводных гидротермальных источника, исторгающих черные клубы дыма, стелющегося по дну. Это – **"черные курильщики"** (Земля и Вселенная, 1993, № 2). Животный мир в их окрестностях обычно небогат. Но перед нами вдруг открылось необычное зрелище: весь склон усыпан крупными створками раковин мидии длиной 10–12 см. На глубине 2940 м выходим на гидротермальную трубу высотой около трех метров, из которой бьет столб черного дыма, устремляющегося вверх. Обнаружен классический источник с нормальным, более легким, чем мы наблюдали ранее, флюидом. Поверхность трубы этого "курильщика" сплошь покрыта закрепившимися

на ней мидиями. А вокруг нее – не очень плотное поселение голубых актиний небольшого размера (3–4 см). И сравнительно малые размеры трубы, и отсутствие мощных гидротермальных построек, и небогатый животный мир – все говорит о том, что это гидротермальное поле довольно молодое. Его существование исчисляется, очевидно, лишь несколькими годами.

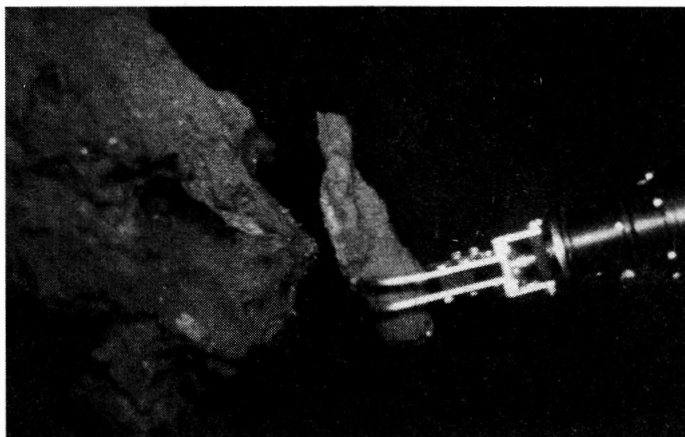
В настоящее время установлено, что гидротермальные источники (**гидротермы**) активно действуют сравнительно недолго – в пределах 50–100 лет. Прекращая свою активность в одном месте, они начинают ее в другой точке срединного хребта. В результате по окончании их действия остаются большие гидротермальные холмы, заключающие в себе значительные запасы **полиметаллических руд**. В 1991 г., в районе Таг (26° с.ш. Срединно-Атлантического хребта) с аппарата "Мир-2" была открыта самая крупная гидротермальная постройка, запа-

сы руды в которой исчисляются 10 млн т. Она названа в честь нашего аппарата **гидротермальной вершиной "Мир"**. На ней давно уже не дымят "черные курильщики", нет экзотической гидротермальной фауны, но ее вершину сплошным лесом покрывают высокие трубы охристого цвета, свидетельствующие о том, что когда-то здесь была ключом необычная жизнь...

Не просто найти гидротермальное поле с помощью обитаемого аппарата, ведь оно занимает всего несколько десятков, а порою сотен квадратных метров и напоминает собой небольшой оазис в пустыне, густо населенный специфическими гидротермальными животными. На приближение гидротермального участка дна при подходе к нему подводного аппарата указывают определенные признаки: изменяется окраска геологических пород, появляются отдельные экземпляры специфических животных – угрей, актиний, раков-мунидопсисов. Теплая вода, образующаяся при смешении выходящей из недр горячей и холодной воды, а также небольшие желтые и оранжевые пирамидки в виде маленьких "кремлей" – предвестники того, что выходы гидротермальных флюидов уже совсем рядом.

Затем возникает буйство черных дымов, окруженных совершенно необычным животным миром, рождающимся при полном отсутствии солнечного света. Здесь некоторые виды бактерий образуют органические вещества из двуокиси углерода не за счет солнечной энергии, как при фотосинтезе, а за счет энергии, получаемой при окислении восстановленных соединений, выносимых из глубинных слоев океанической коры под действием кислорода, поступающего с поверхности океана ("хемосинтез"). Многократные исследования гидротерм и лабораторные анализы показали, что носителями энергии являются сероводород или метан.

В результате хемосинтеза на больших глубинах океана образуются обширные поселения ранее неизвестных видов гидротермальных животных (хемобиос) с необычайно высокой плотностью биомассы. Большое разнообразие форм и видов животных, зачастую их яркая окраска и высокая плотность поселения на небольшом участке дна, создают впечатление настоящего оазиса на фоне редких рыб, морских звезд, губок и других животных, эпизодически встречающихся на больших глубинах океана в стороне от гидротермалей.



у подводного вулкана  
Пийпа

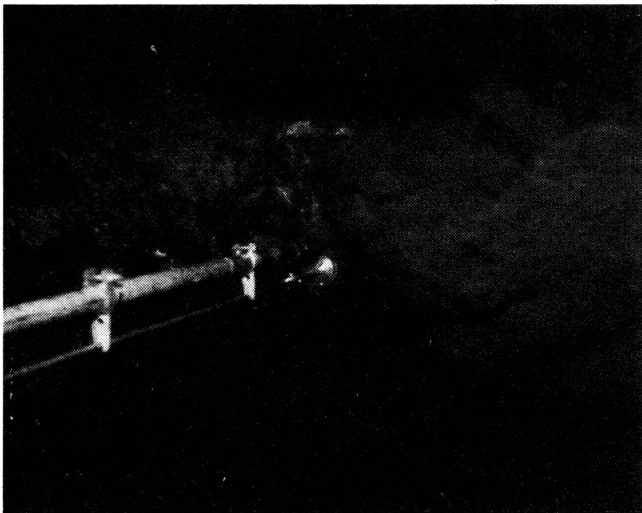
Вторая российская гидротерма совершенно не похожа на ту, которая описана выше не только потому, что она находится на расстоянии двух десятков тысяч километров от первой, но и по своей природе, а следовательно, и геологическим условиям и окружающему животному миру. Речь идет о подводном вулкане Пийпа в Беринговом море, где мы вели исследование с аппаратами "Мир", в 1990 г. – в 22-м рейсе "Мстислава Келдыша". О том, что здесь, возможно, находятся гидротермальные источники, впервые узнали ученые Института вулканологии на Камчатке, которые с помощью приборов, опускаемых с борта судна, обнаружили высокие температурные аномалии, а также подняли образцы гидротермально измененных пород. В 1990 г. в этом районе было совершено 17 погружений аппаратов "Мир", два из которых были посвящены изучению гидротермальных источников.

Первое погружение к источникам обеспечивал экипаж в составе: научный наблюдатель – кандидат биологических наук Л. Москалев, бортинженер Д. Васильев и я – командир аппарата.

Небольшой катер буксирует аппарат на расстоянии 80–100 м от судна, водолаз отсоединяет буксировочный трос, и мы свободны: "Мир" совершенно автономно плавает на поверхности...

Глубоководный обитаемый аппарат "Мир" можно рассматривать с одной стороны как маленькую подводную лодку с весьма ограниченными возможностями в плане передвижения, ибо энергетический запас аккумуляторов, питающих системы аппарата, строго лимитирован; с другой стороны, аппарат можно сравнить и с обитаемым космическим кораблем. Но если космический полет совершается в течение нескольких суток или месяцев, то глубоководное погружение длится всего 15–20 час.

Если сопоставить погружение с космическим



*Бактериальные маты на подводном вулкане Пийпа на дне Тихого океана*

полетом, то наше судно “Академик Мстислав Келдыш” можно сравнить с Землей, на которую после очередной подводной миссии “приземляются” глубоководные аппараты “Мир”. Если говорить об условиях обитания, то в космосе аппарат летает практически в вакууме и обитаемая сфера корабля испытывает внутреннее давление в 1 атмосферу, а на глубине океана в 6000 м аппарат работает под **внешним давлением 600 атмосфер**, т.е. на каждый 1 см давит 600 кг водной массы, а центральный иллюминатор аппарата “Мир” испытывает внешнее давление в 700 т. В обоих случаях внутри обитаемого отсека поддерживается нормальное атмосферное давление благодаря работе систем регенерации воздуха, принцип действия которых аналогичен и в космическом корабле, и в подводном аппарате.

Аппарат опускается на дно на глубине 750 м, и мы видим две вершины,

находящиеся на расстоянии километра друг от друга. Возможности аппарата “Мир” вполне позволяют осмотреть обе. По ходу движения “Мира” биолог Л. Москалев определяет виды встречающихся животных, визуально оценивает примерную плотность их поселений. Наряду с губками встречаются альционарии, актинии, отдельные экземпляры рыб. Выходим на выположенный участок. Он покрыт белым налетом, и создается впечатление, что недавно здесь прошел снег, припорошивший землю тонким слоем. Эти **бактериальные маты**, образованные миллионами бактерий, создают обширные поселения, подобно тому, как люди свои города – мегаполисы. Эти поселения бактерий – явный признак того, что где-то недалеко находится гидротермальный источник.

Поднимаемся еще выше, и на глубине 400 м выходим к уступу высотой 3,5 м, сплошь покрытому

бактериальными матами, которые здесь напоминают уже белое полотно, имеющее разную плотность, а порою просто порванное на части. К белому фону здесь добавились желтые и оранжевые оттенки, а площадь дна, покрытая этим своеобразным живым ковром, составляет около 100 м. Проходим вдоль уступа и видим первый гидротермальный источник – зияющий проем площадью 0,5 м, из которого извергается уходящий вверх поток горячего флюида. Рваные куски бактериальных матов, словно обрывки материи длиной 20–50 см, свисают сверху и колыхнутся в его горячих струях. Мне это напомнило костер, на который можно смотреть часами, следя за самыми причудливыми формами пламени и не замечая времени...

Белые, ярко-желтые, оранжевые, серые обрывки бактериальных матов развеиваются в бьющем из недр флюиде, раскачиваясь в стороны, вперед, вверх, стремясь оторваться и улететь вместе с потоком горячего вещества... Но время погружения не бесконечно, а впереди возможны и другие сюрпризы, поэтому мы движемся дальше вверх по склону. Сразу встречаем широкую полосу донной поверхности, выстланную ковром мелких красных актиний... Высо-

кая плотность поселений – также следствие воздействия гидротермальных излияний.

На глубине 380 м сплошной ковер актиний сменяется совершенно белым, как будто меловым налетом, на котором уже не видно ни одного живого существа. Совершенно ясно, что это – мертвая поверхность. Проходим еще несколько метров и видим белую трубу высотой 1,5 м, из которой под большим напором бьет белая струя. На экране монитора температурный зонд высвечивает цифру +110°C. Позже, на борту судна, будет сделан анализ геологических образцов, отобранных нами около этого “белого курильщика”. Здесь преобладают химические соединения кальция и бария, которые и покрывают поверхность дна вокруг источника. У подножья трубы наблюдается обильное выделение пузырьков газа. Лабораторный анализ пробы газа показал, что основной компонент газовой смеси является **метан** (80,6%). Нашлись и потребители этого газа. При обследованной второй, южной вершины вулкана Пийпа, мы обнаружили колонии хемосинтезирующего двусторчатого моллюска – **калпигена** размерами до 20 см, который селился вдоль трещин, присыпанных слоем зеленовато-серого осадка. Никаких активных гидротермальных излияний в этом месте не наблюдалось. Очевидно, энергетическую основу для хемобиоса со-

ставляло просачивание флюида с содержанием метана через осадочную толщу. Подобные явления, в которых гидротермальная активность не обнаруживается в виде “черных курильщиков” или муаровых излияний, но присутствует хемобиосная фауна, мы встречали и в других районах – в заливе Монтерей и на Сонорском склоне в Калифорнийском заливе.

Анализируя проведенные наблюдения и измерения, можно сделать вывод, что в районе вулкана Пийпа мы наблюдали не столь глубинные гидротермальные флюиды, как в Атлантике. Об этом говорит и более низкая температура излияний, и химический состав поднятых образцов. По-видимому, здесь флюид формируется в верхних слоях земной коры, не достигая ее глубинной части.

#### В КАЛИФОРНИЙСКОМ ЗАЛИВЕ

В восточной части Тихого океана у берегов Америки гидротермальные поля на дне сильно отличаются от тех, которые мы наблюдали в Атлантике, как по масштабам, так и по разнообразию животного мира вокруг гидротерм.

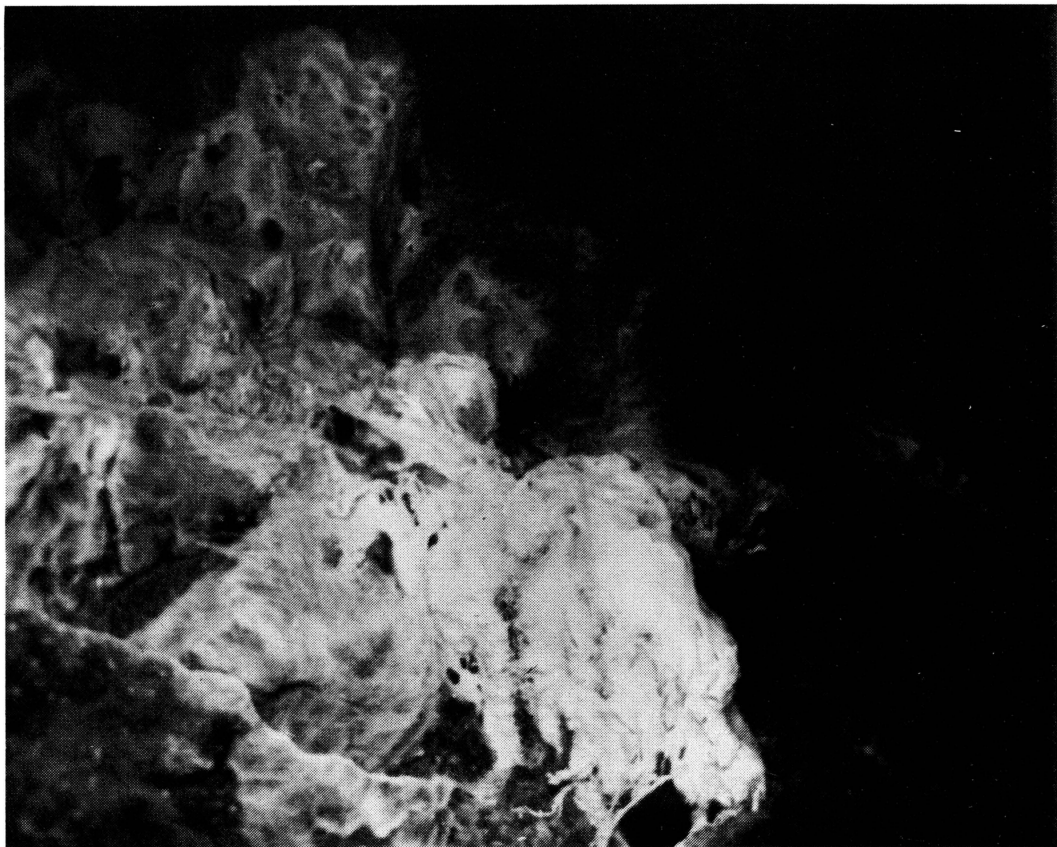
Один из таких районов – бассейн Гуаймас в Калифорнийском заливе. Он исследуется начиная с 1977 г., но поскольку гидротермальная активность в этом районе очень высока, каждое погружение приносит новые и, порою, необычные резуль-

таты. Российские океанологи работали здесь впервые в 1986 г. с аппаратами “Пайсис”, рабочая глубина погружений которых – 2000 м.

Исследования проводились на верхнем пределе возможностей, так как глубина бассейна Гуаймас местами превышала рабочие возможности аппаратов “Пайсис”. Однако удалось оценить и масштабы, и специфику гидротермальной активности этого района, а также наблюдать основные виды животных вокруг гидротермали. Специфика бассейна Гуаймас заключается прежде всего в том, что дно в этом районе покрыто толстым слоем осадка (до 500 м). Гидротермальные флюиды настолько мощные, что буквально прорывают эту осадочную толщу, перерабатывая на своем пути к поверхности дна находящиеся в осадках органические вещества. Результаты этого процесса – обширные нефтяные пятна на дне. Было обнаружено, что практически все поднятые со дна геологические образцы пахнут нефтью.

В 1990 г. предстояла работа в Калифорнийском заливе на глубоководных “Мирах”. Она велась без ограничения возможностей по глубинам. Об одном из погружений, которое состоялось 12 октября 1990 г., следует рассказать особо.

Погружение аппарата “Мир-2” тогда обеспечивал международный экипаж – бортинженер Андрей Андреев, я – командир и аме-



*“Черный курительщик” в бассейне Гуаймас в Калифорнийском заливе. Фото с аппарата “Тайсис XI”*

риканка Синди Ли Ван Довер — биолог, известный исследователь гидротерм на дне океана из Вудсхольского океанографического института. Синди сертифицирована в качестве пилота американского обитаемого аппарата “Алвин”, так что она в состоянии оценить по достоинству и научные, и технические возможности наших глубоководных “кораблей”. В 9 час 30 мин утра уходим с поверхности, и со скоростью 30 м/мин проходим водную толщу. Наша американская коллега,

прильнув к иллюминаторам, постоянно ведет наблюдения, записывая на диктофон названия встречающихся видов животных, примерную плотность планктона на разных глубинах и т.д. Непрерывно измеряются параметры окружающей среды, данные записываются в память компьютера. Вся эта информация очень важна для последующего лабораторного анализа проделанной работы.

В 10 час 40 мин аппарат “Мир-2” мягко опускается на дно на глубине 2040 м, слегка взмутив рыхлый осадок. Проведя первые наблюдения на дне и определив свое место по данным гидроакустической

навигации, начинаем движение в сторону гидротермы. Всасывающий пробоотборник позволяет взять шесть проб, которые помещаются в отдельные, изолированные друг от друга пластиковые стаканы. Вот уже аппарат движется вверх по очень пологому склону, цвет осадка меняется: на сером фоне появляются желтые и оранжевые пятна сульфидов. Мы у подножья гидротермального холма.

Вдруг перед нами вырастает необычная колонна диаметром более метра. Останавливаю аппарат прямо перед ней. Цилиндрическая структура колонны прорезана горизонтальными плоскостями

ми. Это глубоководное архитектурное сооружение напоминает высокую стопку тарелок разного диаметра, скрепленных между собой цементным раствором. На расстоянии пяти-шести метров от дна широкое основание сужается до одного метра, затем колонна начинает увеличиваться в диаметре, а на самом верху ее венчает "блюдо" диаметром около 2 м, из которого медленно извергается серовато-белый дым. На этом "блюде" мы наблюдаем поселение необычных животных – **помпейских червей** из класса полихет. Они названы так потому, что частицы серы, которые извергаются вместе с дымом, оседают на них, словно пепел при извержении вулкана. Сразу возникает ассоциация с историческим извержением Везувия, засыпавшим пеплом город Помпеи. Животные достигают в длину 20 см. Эти трубчатые черви начинают развиваться, когда температура гидротермального флюида превосходит 50°C, то есть переходит практически порог активизации термофильных бактерий, инициирующих хемосинтез в данных условиях.

Проходим несколько метров, крутизна склона резко увеличивается и достигает уже 30°. Аппарат медленно движется на расстоянии двух мет-



ров от донной поверхности. Горный ландшафт нарушает совершенно необычное зрелище: под водой внезапно оказалась плантация горных тюльпанов. Красные головки диковинных животных смотрят на нас из белых трубок – своих жилищ. Это гигантские **погонофоры** вестиментиферы, достигающие в длину двух метров. Красную ок-

раску придает им наполняющая их кровь.

Отобрав образцы этих уникальных животных манипулятором и уложив их в специальный бункер, движемся вверх по склону над плантацией вестиментифер, занимающей площадь около 200 м<sup>2</sup>. Аппарат уже взобрался на высоту 35 м относительно ровного илистого грунта, но вершины гид-





*Гигантские погоносферы – вестиментиферы рифтии в бассейне Гуаймас (Калифорнийский залив). Их длина – до 2 м*

ротермального холма пока не видно. Проходим еще несколько метров и почти сталкиваемся с горизонтально висящей плитой, из-под которой сплошной стеной вырывается вверх черный дым – совершенно фантастическая картина. Теперь все необходимо рассмотреть в деталях и сделать измерения. Ввожу высокотемпературный зонд под нависающую плиту. На мо-

ниторе системы сбора данных  $+228^{\circ}\text{C}$ .

Создается впечатление, что под плитой находится несколько труб, из которых вырывается гидротермальный флюид: поток черного дыма очень мощный. Смещаемся влево и наблюдаем еще четыре горизонтально расположенных плиты, покрытые сверху бактериальными матами, клочки которых, словно хлопья снега, отры-

ваются от основной массы поселений и устремляются вверх, разносясь веером в стороны. Динамика происходящего захватывает. Еще одно завораживающее явление: под плитами в лучах заборных светильников аппарата “висит вода”. Горячая вода устремляется вверх, встречает на своем пути большую горизонтальную плоскость плиты, задерживается под ней, образуя на глубине около 2000 м вязкую плотную массу, которая обтекает плиту и медленно рассасывается... Мы нарекли это “**глубоководным висящим озером**”. Аппарат “Мир-2” неподвижно стоит на дне, опираясь на склон передними оконечностями лыж, а мы уже третий час, как замороженные, наблюдаем это уникальное явление.

Мы встретили десятки гидротермальных источников на разных глубинах в различных районах Мирового океана, но не видели даже двух похожих друг на друга. Многообразна природа океана, в ней еще много неизведанного, и впереди нас ждут новые, возможно, еще более сенсационные открытия.

Гидротермальные источники на дне океана – это те точки земного шара, где с помощью подводных обитаемых аппаратов можно буквально прикоснуться к таинственной магме недр земных.

## Солнечные пятна и камера-обскура

СУРДИН В.Г.,  
кандидат физико-математических наук  
Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга

### ЗАГАДКА КЕПЛера И ФАБРИЦИУСА

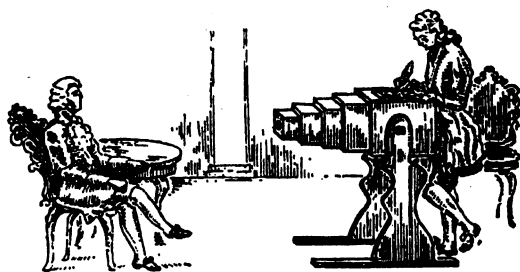
Систематические наблюдения поверхности Солнца, как известно, начались лишь после изобретения Галилеем телескопа. Однако в трудах по истории астрономии встречаются сообщения, что в начале XVII в. детали солнечной поверхности наблюдали с помощью камеры-обскуры. Известно, например, что независимо от Галилея пятна на Солнце открыл в 1611 г. немецкий астроном Иоханнес Фабрициус (1587-1616), используя для наблюдений "телескоп и камеру-обскуру" (Encyclopaedia Britannica). Впрочем, еще в 1609 г. Кеплер опубликовал сообщение о наблюдении 18 мая 1607 г. на изображении солнечного диска в камере-обскуре маленького темного пятна, принятого им за Меркурий (А.И. Еремеева "Астрономический календарь 1987", М., Наука, 1986, с. 271). Каковы конструкция и параметры тех приборов, которыми пользовались Кеплер и Фабрициус? Почему эти наблюдения были проведены только в начале XVII в.?

### ЧТО ЖЕ ТАКОЕ "КАМЕРА-ОБСКУРА"?

В учебниках физики камера-обскура (лат. "темная комната") описана как затемненное помещение с маленьким отверстием в стене, создающим на противоположной стене перевернутую про-

екцию освещенного пейзажа. Принцип камеры-обскуры, по-видимому, был известен еще древним грекам. Ею пользовались арабские ученые, а в Европе нового времени ее впервые подробно описал Леонардо да Винчи (1452-1519). Однако широкого применения классическая камера-обскура не находила: если отверстие для света сделать большим, то изображение получается размазанным, а крохотное отверстие дает резкое, но очень тусклое изображение; необходимо абсолютно темное помещение и адаптированные к мраку глаза, чтобы его заметить.

Но уже к середине XVI в., когда техника изготовления очковых линз заметно усовершенствовалась, камера-обскура была оснащена однолинзовым объективом и зеркалом (Марио Льюцци "История физики", М., Мир, 1970, с. 60), в результате чего изображение в ней стало ярким и прямым. Она приобрела большую популярность, в особенности, среди художников, которые пользовались ею для точной зарисовки пейзажей. Существовали крупные обскуры – в человеческий рост; были и портативные. Фактически, этот нехитрый оптический прибор стал прототипом фотоаппарата. К сожалению, после введения линзового объектива камера-обскура не изменила своего названия. Во избежание путаницы ее следовало бы называть линзовой проекци-



Старинная линзовая портативная проекционная камера. До сих пор такие устройства по недоразумению называют камерами-обскурами (рисунком из книги "Краткий справочник фотолюбителя". Под ред. Н.Д. Панфилова и А.А. Фомина. М., Искусство, 1984)

онной камерой в отличие от классической камеры-обскуры, "объективом" которой служит лишь простое отверстие. Совмещение в одном термине двух принципиально различающихся приборов усложняет анализ технологического прорыва Нового времени, приводя иногда к полному непониманию ситуации.

Например, та же Encyclopaedia Britannica сообщает, что "для первых опытов по фотографии в 1820-х и 1830-х гг. использовались камеры-обскуры". Попытка отождествить названный прибор с классической камерой-обскурой вызывает лишь недоумение: при известных качествах изображения и чувствительности фотопластинок тех лет расчет необходимой экспозиции дает фантастические значения. Совершенно очевидно, что в первых опытах по фотографии использовались линзовые камеры. А вот с наблюдениями Солнца ситуация обстоит несколько сложнее и значительно интереснее.

КАКОВЫ ВОЗМОЖНОСТИ КЛАССИЧЕСКОЙ ОБСКУРЫ?

Каждый любитель астрономии знает, что простую камеру-обскуру можно использовать для наблюдения частных фаз солнечного затмения. Чтобы проверить это, даже нет нужды строить специальную камеру: щели между листьями деревьев успешно работают во время затмений как настоящая обскура, отбрасывая на землю изображения "серпиков". Но эти наблюдения не дают никакой дополнительной информации о природе Солнца – мы и так знаем, что оно круглое, а во время затмений де-

монстрирует фазы. А может ли классическая обскура показать нам детали солнечной поверхности, недоступные невооруженному глазу? Например – солнечные пятна.

Разумеется, изредка очень большие солнечные пятна в определенных условиях наблюдали невооруженным глазом, о чем сохранились исторические записи. Роль природного светофильтра при этом выполняли облака, дым пожара или толстый слой воздуха на восходе или закате. Угловой размер крупнейшей групп пятен достигает 3–4', т.е. вполне ощутим для невооруженного глаза при соответствующем ослаблении яркости света. Но такие пятна появляются крайне редко (в XX в. всего несколько случаев), а необходимые для их наблюдения условия сопутствуют им еще реже. Угловой размер рядового солнечного пятна около 0,3', т.е. оно совершенно недоступно даже самому зоркому глазу. Поэтому до изобретения линзовой оптики солнечные пятна не стали предметом научного анализа. Фактически, не обсуждался даже факт их существования. Вопрос – а можно ли заметить объект столь малого углового размера с помощью классической камеры-обскуры?

С одной стороны, дифракция света на входном отверстии диаметра  $D$ , подчиняясь закону волновой оптики, ограничивает разрешающую способность камеры, согласно критерию Рэлея, углом (в радианах)

$$\alpha_1 = 1,2 \lambda/D,$$

где  $\lambda$  – длина световой волны.

С другой стороны, в приближении геометрической оптики разрешающая способность обскуры ограничена диаметром входного отверстия. Если расстояние от "объектива" до экрана  $F$ , то предельный угол разрешения камеры составит  $\alpha_2 = kD/F$ , где константа  $k < 1$

Предельный угол разрешения  $\alpha$  камеры-обскуры в зависимости от диаметра ее отверстия ( $D$ ) для  $F = 10$  метров и  $\lambda = 5500$  А. Пунктирными линиями показаны значения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$

должна быть определена экспериментально. Ее точное значение зависит от контраста деталей исходного объекта, яркости его изображения, и даже от геометрии характерных деталей изображения. (Например, контрастные линейные структуры, – “зебра”, – различаются и при весьма сильном наложении пучков света от соседних точек изображения.) Экспериментируя с лабораторной камерой-обскурой, мы выяснили, что для высококонтрастных объектов, подобных солнечным пятнам, можно принять  $k \approx 1/4$ .

Поскольку оба указанных эффекта – геометрический размер пучка и дифракция – накладываются друг на друга, можно, не мудрствуя лукаво, считать полный предельный угол разрешения камеры равным

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2.$$

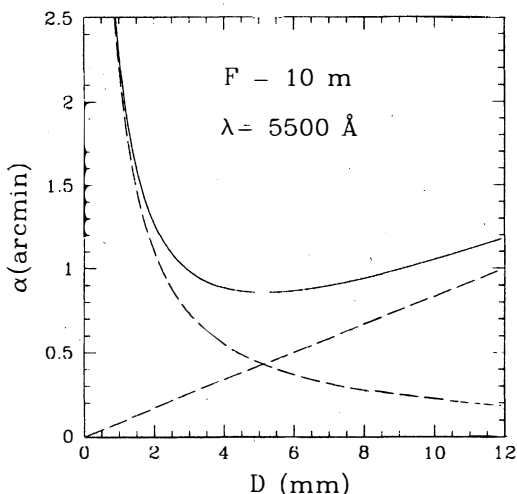
Существует оптимальный диаметр отверстия ( $D_{opt}$ ), при котором достигается наилучшая разрешающая способность камеры данного размера  $F$ ; ее характеризует минимальное значение угла разрешения ( $\alpha_{min}$ ):

$$D_{opt} = \sqrt{4,8\lambda F} \text{ и } \alpha_{min} = \sqrt{1,2\lambda/F}$$

Приняв для визуальных наблюдений  $\lambda = 5500$  А, получим удобные формулы оценки возможностей оптимальной камеры-обскуры:

$$D_{opt} = 1,6 \text{ мм} \times \sqrt{F/1 \text{ м}} \text{ м и } \alpha_{min} = 170'' \times \sqrt{1 \text{ м}/F}$$

Как видим, теоретически при оптимальном выборе входного отверстия обскуры длиной 20–30 м должна показать нам хорошо развитые солнечные пятна (диаметром около 30"), а со 100-метровой камерой можно было бы систематически наблюдать даже весьма мелкие пятна. Хотя указанные размеры впечатляют, вспомним, что древние со-



оружения порой имели весьма внушительные размеры: высота сводов готических храмов уже в XII в. достигала 50 м, а квадрант в обсерватории Улугбека (начало XV в.) имел радиус 40 м. К тому же это были весьма темные помещения, солнечный свет проникал в них лишь через небольшое отверстие.

Теперь самое время подумать о приемнике света: у древних наблюдателей, которые могли бы использовать камеру-обскуру, не было даже фотопластинок. А достаточно ли яркое изображение дает гигантская обскура для того, чтобы увидеть его глазом на белом экране?

Рассмотрим предельный случай. При длине камеры в 100 м диаметр изображения солнечного диска составит почти 1 м! На эту площадь распределится свет, прошедший сквозь 1,6-см отверстие объектива. Освещенность ослабевает почти в 4 тыс. раз! Как известно, в ясный день освещенность от Солнца составляет  $10^5$  люксов. Значит освещенность изображения в нашей камере будет около 25 люксов. Это в сто раз больше, чем от полной Луны, т.е. вполне достаточно, чтобы в темноте различить контрастное изображение на белом листе.

Итак, мы пришли к парадоксальному выводу: древние ученые задолго до изобретения линзовой оптики могли наблюдать солнечные пятна!

## ПЕРВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ?

Я не историк науки и поэтому, к сожалению, не могу с полной ответственностью сказать, что никогда с помощью классической камеры-обскуры осознанно или случайно люди не наблюдали солнечных пятен. Во всяком случае, в литературе я упоминаний об этом не нашел. Даже если это происходило в силу случайного стечения обстоятельств, то никак не отразилось на развитии науки (иначе мы узнали бы о вращении Солнца задолго до открытий Галилея и Фабрициуса).

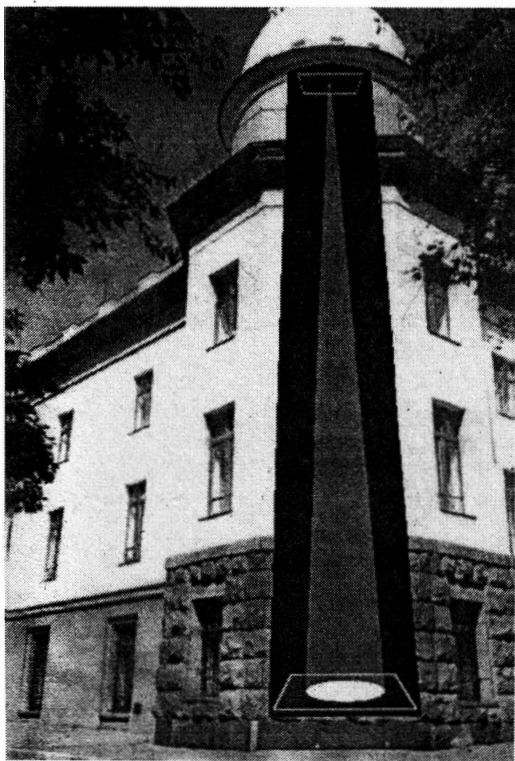
Поэтому мне показалось любопытным проверить на практике приведенные выше теоретические результаты и, может быть впервые, предпринять осознанные наблюдения деталей солнечной поверхности с помощью классической камеры-обскуры.

Первый эксперимент был поставлен 19 мая 1998 г. в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга (МГУ) при любезном содействии сотрудника отдела исследования Солнца И.Ф. Никулина. В здании ГАИШ

находится вертикальный солнечный телескоп, широкая труба которого длиной 18 м пронизывает здание института от крыши до подвала. Моя идея заключалась в том, чтобы, используя трубу и плоские зеркала этого инструмента (целостат и вторичное плоское зеркало), закрыв зеркало объектива дополнительным плоским зеркалом, получить "ломаную" обскуру с эквивалентной длиной около 40 м. Но полностью реализовать эту идею не удалось: качество зеркал оказалось недостаточно высоким для создания идеального изображения. Наибольшую "грязь" вносило дополнительное плоское зеркало, взятое от проектора для микрофильмов. Единственным результатом этого опыта оказалось то, что в 40-метровой обскуре с оптимальным входным отверстием (диаметром 1 см) яркость изображения Солнца вполне достаточна для его изучения даже в не полностью затемненном помещении.

Отказавшись от идеи "ломаной" обскуры (а жаль – можно было бы ввести новый термин: обскура-куде!), мы использовали лишь однократный проход света по трубе телескопа, получив классическую обскуру, лишенную каких-либо, – даже плоских, оптических элементов. Если не считать, что на вход вертикальной камеры солнечный свет подавался с помощью целостата. В наглухо закрытом входном проеме трубы было оставлено круглое отверстие диаметром 6 мм, а внизу, на расстоянии около 17 м от входа, располагался белый экран. На экране мы увидели яркое изображение Солнца диаметром 16 см с хорошо различимой группой из двух пятен. Солнечный телескоп-обскура действует!

Последующее изучение Солнца в нормальный оптический инструмент показало, что на поверхности светила действительно есть группа из двух пятен с диаметрами 15" и 17", разделенных расстоянием в 1.5', а также несколько ма-

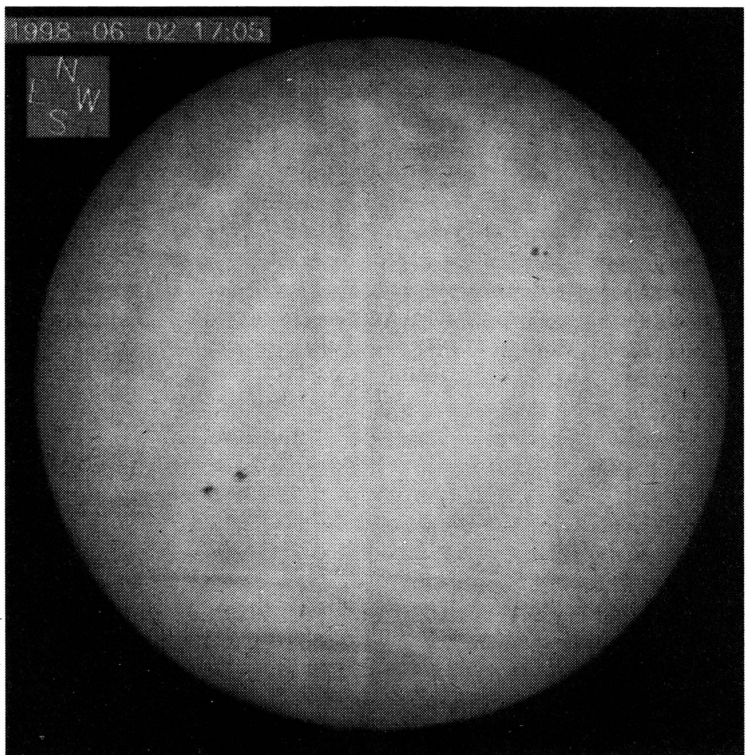


*Схема вертикальной камеры-обскуры в здании Государственного астрономического института им. Штернберга*

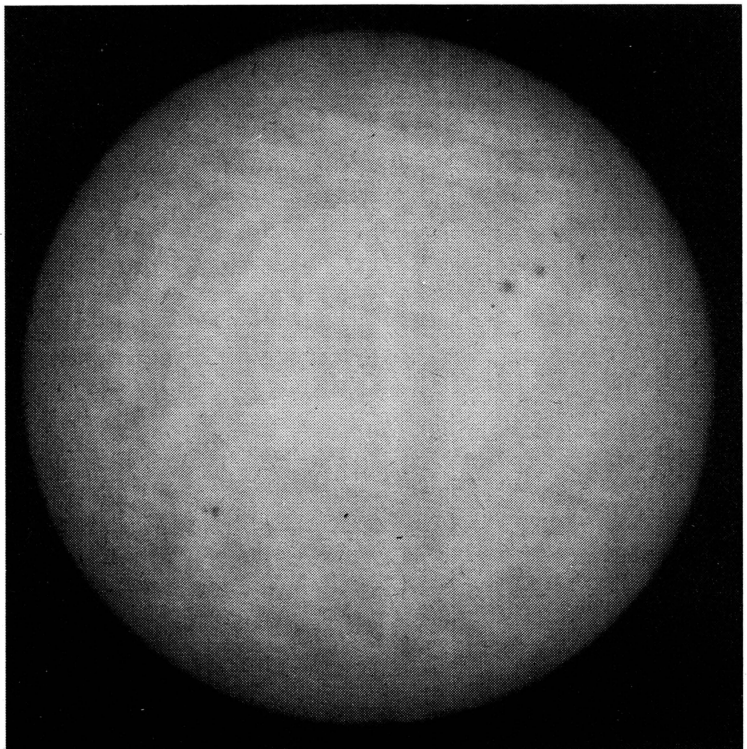
*Изображения поверхности Солнца, полученные 19 мая и 2 июня 1998 г. с помощью оптического телескопа (а) и камеры-обскуры (б)*

леньких пятен размерами 3–5", которых с помощью обскуры мы не заметили. Учитывая, что теоретическое разрешение нашей камеры около 40", можно считать такой результат весьма удовлетворительным. В следующие дни мы уверенно наблюдали развитие и гибель пятен, их перемещение по диску Солнца. Для иллюстрации качества изображения приводим фотографию Солнца в белом свете, полученную 2 июня в обсерватории Big Bear (США), и это же изображение, размытое численным методом до такого состояния, каким оно представлялось нам при наблюдении в этот же день на экране обскуры.

Конечно, убедительнее было бы сфотографировать полученное в обскуре изображение и продемонстрировать его читателям. Но как сделать камеру с затвором, но без оптических элементов под фотопластинку 18 × 18 см? Чтобы получить документальное свидетельство, вероятно, следует сделать фотографию с экрана; но от этого пострадает качество. Надеюсь, что читатели простят мне вольность с изготовлением электронного изображения, поскольку именно так, на мой взгляд, можно наиболее точно передать в печати образ Солнца, увиденный нами при помощи камеры-обскуры.



а



б

В принципе, можно предложить несколько модификаций проведенного эксперимента, которые позволят увеличить размер камеры и приблизить условия наблюдений к “доисторическим”. Например, использовать в качестве корпуса камеры лежащую на земле плеть труб для нефтепровода, глубокий колодец, ствол шахты, старую заводскую трубу или (идеальный вариант!) пещеру с узким входом.

Большое неудобство подобного прибора – его неподвижность. В этом случае идеальный выход, как мы убедились, – использовать целостат. Но, желая сохранить “историческую чистоту” эксперимента, от него следовало бы отказаться. Совместить функции примитивного целостата и входного отверстия, я думаю, можно, используя маленькое зеркало диаметром  $D_{opt} \approx 1$  см, разумеется, если историки подтвердят, что такие крошечные зеркала высокого качества имелись в далекие времена.

Иную возможность эксперимента с гигантской обскурой дают крупные архитектурные сооружения – средневековые готические соборы или даже античные купольные сооружения, наподобие римского Пантеона, который, кстати, идеально подходит для создания обскуры с “фокусным расстоянием” около 50 м. В отличие от вытянутых готических зданий, у круглого Пантеона нет проблем с “наведением” и “гидированием” – в нем можно проводить наблюдения практи-

чески в любое время дня. Такая, лишенная окон конструкция, с единственным отверстием в верхней части купола, которое требуется лишь соответствующим образом “задиафрагмировать”, как будто бы специально создана для экспериментов с солнечным светом. Хотя я прекрасно понимаю, что подобное предложение было бы воспринято в Древнем Риме не лучше, чем высказанное в наши дни пожелание переоборудовать Большой Кремлевский дворец для экспериментов по физике высоких энергий.

Тем не менее, вполне возможно, что в некоторых гигантских сооружениях прошлого ситуация камеры-обскуры складывается произвольно. Мне вспоминается рассказ венгерского коллеги о том, что путешествуя по Италии, он обратил внимание в одном из соборов на эффект обскуры, причем диаметр изображения Солнца был 20–25 см. Не имея под руками чистого белого листа, мой знакомый не смог тогда проверить качество изображения и не попытался разглядеть детали солнечной поверхности. Быть может кому-то из читателей тоже приходилось наблюдать подобное? Рад буду узнать об этом.

Для меня эксперимент с гигантской камерой-обскурой оказался весьма захватывающим: он доказал, что древние ученые вполне могли бы открыть солнечные пятна и исследовать вращение и активность Солнца еще в незапамятные времена, если бы у них возникла такая идея.

## **V Российская олимпиада школьников по астрономии и космической физике**

М.Г. ГАВРИЛОВ,  
кандидат физико-математических наук

---

Заключительный этап Российской олимпиады школьников по астрономии и космической физике 1998 г. прошел как и в прошлом году: с 7 по 12 апреля в городе Троицке Московской области, на базе Фонда "Байтик" и Центра новых педагогических технологий. Научное руководство осуществляло Астрономическое общество. В Олимпиаде приняло участие рекордное число школьников: 121 из 32 регионов России.

Участники были разделены на три возрастные группы: VIII–IX, X и XI классы. В отличие от прошлых лет, задания для учащихся VIII-го и IX-го классов немного различались. Каждый регион мог направить на Олимпиаду четырех участников из VIII–IX классов, двух десятиклассни-

ков и двух одиннадцатиклассников, а также (дополнительно) победителей Российской и Международной олимпиад 1997 г., российских победителей заочной олимпиады журнала "Звездочет".

8 и 10 апреля прошли теоретический и творческо-практический туры. На теоретическом туре школьникам было предложено по 6 задач. В задании творческо-практического тура включили одну творческую задачу и одну практическую (работа с фотографиями, сделанными на космическом телескопе им. Хаббла). Продолжительность каждого тура составляла 4 часа.

Задачи этого года оказались гораздо более "живыми", что отразилось и на стиле изложения решений. Несомненными

лидерами по числу оригинальных решений и манере изложения стали: в первом туре – задача о светящихся кошачьих глазах (№ 4 для XI класса), во втором – о деноминации. И ведь какие ответы были! Кошачьи глаза сверкали аж до  $-47^m$ !!! Вы представляете, что это значит? Этаким галактический монстр. Можно легко посчитать, что такая звездная величина получилась бы при приближении к Солнцу в 10000 раз (а приблизиться, как известно, можно максимум в 216 раз!). А обычно глаз "среднестатистического кота" (так было написано в одной из работ) с расстояния в 5 м светит как звезда порядка  $-7^m$ .

Еще одним важным методическим моментом этой Олимпиады стала



меньшая формализация условий задач и существенное увеличение числа задач оценочного характера, в которых целью решения задач должны быть не числа или формулы, а понимание явления. Решение подобных задач развивает у школьников умение делать простые оценки, т.е. быстро и без громоздких вычислений получать правильное представление о разнообразных явлениях и объектах. К сожалению, в современной школе вычислениям по готовым формулам с высокой точностью уделяется значительно больше внимания, чем пониманию физики процесса и порядковым оценкам. Увы, к еще большему сожалению, такая же тенденция наблюдается и на классических олимпиадах по физике, задачи которых год от года все больше напоминают контрольные работы высокого уровня или варианты вступительных экзаменов в ВУЗы.

Каждая задача первого тура оценивалась из 10 баллов, второго – из 20, т.е. максимально возможное число баллов составляло 100. Как обычно, участники Олимпиады могли ознакомиться с оценкой своих работ, побеседовать с членами жюри, проапеллировать.

В день между турами Олимпиады – 9 апреля – в МГДТДиО (Московский городской дом творчества детей и юношества) прошла традиционная научно-практическая конференция, посвященная Дню Космонавтики. Но

это хорошо продуманное мероприятие для школьников Москвы, к сожалению, явно не вошло в программу Российской олимпиады. Организаторы конференции переоценили свои возможности. В результате докладчикам давалось всего по 5 минут на выступление... Оргкомитет олимпиад рекомендовал в будущем не совмещать Российские олимпиады с местными астрономическими мероприятиями.

На закрытии Олимпиады каждому участнику подарили астрономическую энциклопедию для школьников (изд-во "Аванта +") и сборник олимпиадных задач по астрономии (автор – М.Г. Гаврилов). Кроме того, призерам вручили дипломы и ценные подарки. Главные призы Олимпиады: для XI-классников – приглашение на физическую и астрономические отделения ведущих вузов России (университетов Москвы, Петербурга, Казани, Екатеринбурга), а для VIII–X-классников – приглашение на V Осеннюю астрономическую школу в Специальную Астрофизическую Обсерваторию РАН, в рамках которой пройдет III Международная астрономическая олимпиада.

По традиции просим все Ваши вопросы, замечания и предложения (по комплекту задач, другим вопросам, а также интересные задачи, которые Вы хотели бы видеть в Олимпиадах будущего) сообщить автору по электронной почте [gavrilov@issp.ac.ru](mailto:gavrilov@issp.ac.ru)

или почтовому адресу 142432 Черноголовка, Московской обл., Институтский проспект 15, ИФТТ РАН.

### Задачи теоретического тура:

#### VIII класс.

1. В какой четверти Луна лучше освещает Землю – в первой или в третьей? Ответ обосновать и пояснить рисунком.

2. В ночь с 23 на 24 февраля 1987 г. астрономы зафиксировали вспышку сверхновой звезды в Большом Магеллановом Облаке, расстояние которого от Земли около 55 кпк. В каком году на самом деле произошла эта вспышка?

3. Приблизительно сколько раз в году при благоприятной погоде могут любоваться полной Луной белые медведи? Наклонение плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики составляет около 5%. Считайте, что белые медведи живут вблизи Северного полюса.

4. Искусственный спутник, находящийся на низкой околоземной орбите, пролетел над Харьковом ( $\varphi = 50^\circ$  с.ш.,  $\lambda = 36^\circ$  в.д.). Над каким городом или над какой местностью (приблизительно) он пролетит через один оборот вокруг Земли?

5. Год на Меркурии длится  $T = 88,0$  суток, а период обращения вокруг своей оси составляет  $t = 58,7$  суток (направления обоих вращений совпадают). Найдите продолжи-

тельность  $\tau$  меркурианских суток.

6. Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы, пренебрегая массами всех планет, кроме Юпитера. Масса Солнца  $M$  в 1050 раз больше массы Юпитера  $m$ . Известно, что диаметр Солнца в 108 раз меньше расстояния от Земли до Солнца, а расстояние от Юпитера до Солнца составляет  $l = 5,2$  а.е.

IX класс.

1–4. См. задачи № 1–4 для VIII класса.

5. Оцените, сколько времени длится в Троицке заход Солнца (т.е. время от первого до последнего касания горизонта солнечным диском). Широта Троицка  $-\varphi = 55^{\circ}30'$  с.ш., долгота  $-\lambda = 37^{\circ}15'$  в.д., угловой диаметр солнечного диска  $2\rho = 32'$ .

6. Вы путешествуете по поясу астероидов, характерная плотность пород которых составляет  $\gamma = 3,5$  г/см<sup>3</sup>. Каковы должны быть размеры астероидов, по которым можно бегать (с такой же скоростью, как на Земле), не боясь “упасть” в космос.

X класс.

1. На какой максимальной высоте может кульминировать Луна в Троицке? Наклонение эклиптики к плоскости небесного экватора составляет  $\varepsilon = 23,5^{\circ}$ , а плоскости орбиты Луны к плоскости эклиптики  $i = 5,1^{\circ}$ . Широта Троицка  $-\varphi = 55^{\circ}30'$  с.ш., долгота  $\lambda = 37^{\circ}15'$  в.д.

2. Гвинейскими астрономами обнаружена одна весьма плотная планета. Период обращения планеты вокруг своей оси составляет всего лишь  $T = 6$  мин. Какой может быть плотность этой планеты?

3. Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы. Необходимые данные возьмите из таблиц Солнечной системы. Видимый с Земли угловой размер Солнца  $\alpha = 9,3 \times 10^{-3}$  рад, а его масса – в 333 000 раз больше массы Земли.

4. Насколько различаются видимые звездные величины Солнца летом и зимой, если эксцентриситет земной орбиты составляет  $e = 0,017$ ?

5. На небе около 160 тысяч звезд ярче  $10^m$ . Считая, что они распределены по небу равномерно, оцените, как часто происходит их покрытие Луной.

6. С какой планеты, Венеры или Марса, легче (по энергетическим соображениям) запустить космический зонд на поверхность Солнца, каким образом следует это осуществить? Сколько будет длиться полет? Необходимые данные возьмите из таблиц Солнечной системы.

XI класс.

1. Некоторая галактика наблюдается как диск с угловым размером около  $\alpha = 0,5'$ , а красное доплеровское смещение в спектрах этой галактики составляет 2% ( $\delta\lambda/\lambda = 0,02$ ). Сравните эту га-

лактику с нашей по размерам. Постоянную Хаббла считать равной  $H = 75$  км/с Мпк.

2. Малая планета № 887 (Алинда) обращается вокруг Солнца по вытянутой эллиптической орбите. Для наблюдателя, находящегося вблизи Солнца, блеск астероида меняется на  $\Delta m = 5,24^{\circ}$ . Определите, на сколько меняется звездная величина Солнца ( $\Delta m$ ), если наблюдать его с Алинды.

3. На просторах Тихого океана, между Чили, Новой Зеландией и Антарктидой находится точка Земного шара, диаметрально противоположная нам. Исследователь, стоящий “в чистом поле”, наблюдает заход Солнца. Солнечный диск только что коснулся горизонта своим нижним краем. Что в этот же самый момент увидит наблюдатель в диаметрально противоположной точке Земного шара?

4. Наверно, Вы замечали, что порой ночью у котов ярко светятся глаза (как правило, желтым или зеленым светом), особенно вблизи источника света – уличного фонаря, например. Наиболее заметен блеск кошачьих глаз, если Вы правильно расположены относительно кота и фонаря.

А теперь представьте, что Вы наблюдаете кота, любящегося полной Луной. Принимая расстояние от себя до кота равным 5 м, оцените максимально возможную звездную величину каждого кошачьего глаза  $m_{\text{cateye}}$ . Звездная величина

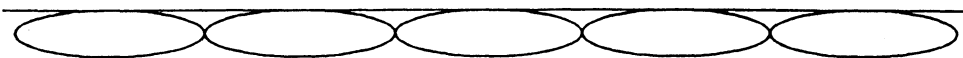
на Луне в полнолуние равна  $m_{\text{л}} = -12,7^m$ . Иные сведения о Луне и котах вспомните сами.

5. Космический корабль совершает перелет от Земли к Марсу по орбите Гомана-Цандера (в перигелии эта орбита касается орбиты Земли, а в афелии – орбиты Марса). Определите время перелета, а

екты на небе, не достигаемые наземной технике. В результате многочасовых экспозиций, выполненных с четырьмя светофильтрами, были получены изображения небольшой области неба вдали от Млечного Пути площадью несколько квадратных угловых минут, где можно различить объекты до

тельный во многих отношениях астероид, движущийся по круговой орбите. Оказалось, что видимый путь, пройденный им на небе за пять лет наблюдений, имеет вид кусочка натянутой цепи с пятью удлиненными звеньями, положенной сверху на веревочку.

Оцените угловой раз-



также минимальное время ожидания космонавтами на Марсе момента отправления в обратный путь по орбите такой же формы. Вам известны периоды обращения Земли и Марса вокруг Солнца:  $T = 365,25$  сут и  $T = 687$  сут. Орбиты планет считать круговыми и лежащими в одной плоскости.

6. Оцените размер солнечного паруса, с помощью которого можно было бы свободно путешествовать по Солнечной системе на космическом корабле-яхте массой  $m = 10$  т (массой паруса можно пренебречь). Солнечная постоянная равна  $A \approx 1,4$  кВт/м, расстояние от Земли до Солнца  $R \approx 150$  млн.км.

### Задачи творческо-практического тура:

VIII–IX класс.

1. В 1996 г. на космическом телескопе им. Хаббла был проведен уникальный эксперимент: требовалось увидеть как можно более слабые объ-

29–30 зв. величины. Имеются фотокопии изображений (полученные с некоторым уменьшением предельной звездной величины). На оригинальных изображениях удалось обнаружить около 2000 галактик, но лишь для небольшой части из них можно уверенно определить морфологический тип. Ваша задача: для выбранных объектов (они помечены цифрами) определить (по внешнему виду и цветовому оттенку), к какому классу они относятся. Используйте обозначения:

\* – звезда нашей Галактики

S – спиральная галактика

E – эллиптическая галактика

Ir – неправильная галактика

Там, где можно указать подкласс галактики, укажите: тип Sa или Sc.

2. В 2098 г. астрономы Футурландии, пользуясь стареньким наземным двадцатиметровым телескопом, открыли замеча-

мер “большой оси” звеньев этой цепи и период обращения вокруг Солнца астероида, открытого футурландскими коллегами. Перерисовав в тетрадь “цепочку”, отметьте на ней точки, в которых блеск объекта достигает минимумов и максимумов.

X–XI класс.

1. См. задачу № 1 для VIII–IX класса.

2.1 января 1998 г. правительством Галактики “Млечный Путь” произведена деноминация 1:1000 “мер и весов” внутри Галактики. Деноминация распространяется на область Вселенной радиусом (первоначальным) в 20 кпк с началом в центре нашей Галактики. При этом центр Галактики остается в том же месте относительно других галактик, не меняется пространственная ориентация, но все расстояния между объектами внутри Галактики уменьшаются в 1000 раз. В той же области деноминируется масса всей материи, т.е. в 1000 раз уменьшаются

массы всех макро-, микро- объектов, включая элементарные частицы и электромагнитные волны. Кроме того, в течение всего 1998 г. сохраняют свое действие "старые" значения всех мировых констант (скорость света, гравитационная постоянная,

постоянная Планка, и т.п.). Исследуйте последствия деноминации для населения Галактики. К каким физическим последствиям в 1998 г. это приведет, будут ли галактика и ее объекты устойчивыми, что обнаружат ученые-астрономы и т.д. Если правитель-

ство Галактики решилось на деноминацию "мер и весов", то какие еще физические параметры тоже стоило бы деноминировать? (Сингулярность и невыполнение некоторых законов сохранения в момент резкой деноминации 1 января не рассматривать.)

### **Победители**

#### **V Российской Олимпиады школьников по астрономии и космической физике**

##### **Диплом I степени:**

Бакай Дмитрий, г. Санкт-Петербург, IX класс,  
Бирюков Андрей, г. Нижний Новгород, X класс,  
Барташевич Алексей, г. Нижний Новгород, X класс,  
Воронин Петр, г. Волгоград, XI класс,  
Евдокимов Николай, г. Москва, XI класс,  
Золотухин Иван, г. Москва, IX класс,  
Иванченко Михаил, г. Нижний Новгород, XI класс,  
Лемешев Виктор, г. Тихвин Ленинградской обл., X класс,  
Литвин Андрей, г. Саров Нижегородской области, IX класс,  
Рахчеев Максим, г. Челябинск, X класс,  
Саввин Александр, г. Рязань, XI класс,  
Самарин Павел, г. Екатеринбург, IX класс,  
Терентев Дмитрий, г. Краснодар, XI класс,  
Шапиро Александр, г. Санкт-Петербург, X класс.

##### **Диплом II степени:**

Ангер Виталий, с. Ижевское Рязанской обл., IX класс,  
Войцик Петр, г. Москва, VIII класс,  
Гедерцев Антон, г. Ухта, VIII класс,  
Головин Дмитрий, г. Лесной Свердловской обл., XI класс,  
Горяинов Дмитрий, г. Липецк, XI класс,  
Гулевич Дмитрий, г. Санкт-Петербург, XI класс,  
Долгов Сергей, г. Кингисепп Ленинградской обл., XI класс,  
Журавлев Вячеслав, г. Москва, XI класс,

Задорин Антон, г. Калининград, X класс,  
Захаров Роман, г. Сыктывкар, X класс,  
Канищев Константин, г. Железногорск Красноярского края, VIII класс,  
Матяж Илья, г. Казань, X класс,  
Павлюченко Сергей, г. Ухта, XI класс,  
Филиппов Евгений, г. Санкт-Петербург, X класс,  
Хайрулин Риян, г. Нижний Новгород, IX класс,  
Хрешков Алексей, г. Рязань, XI класс.

##### **Диплом III степени:**

Бармашова Татьяна, г. Нижний Новгород, VII класс,  
Гоков Евгений, г. Белгород, X класс,  
Демин Александр, г. Ставрополь, XI класс,  
Дегтярев Вячеслав, г. Оренбург, IX класс,  
Иванов Александр, г. Челябинск, VIII класс,  
Ильин Денис, г. Казань, XI класс,  
Карев Юрий, г. Ухта, X класс,  
Кротов Дмитрий, г. Екатеринбург, IX класс,  
Курилова Татьяна, г. Москва, IX класс,  
Макеев Максим, г. Славянск-на-Кубани Краснодарского края, VIII класс,  
Мальнев Алексей, г. Сочи Краснодарского края, X класс,  
Миронов Дмитрий, г. Тихвин Ленинградской обл., IX класс,  
Петров Артем, г. Приморско-Ахтарск Краснодарского края, IX класс,  
Полиэктов Владислав, г. Архангельск, XI класс,  
Постнов Андрей, г. Оренбург, X класс,  
Устюжанин Андрей, г. Ижевск, IX класс,  
Фомин Дмитрий, г. Ижевск, X класс,  
Чураев Александр, г. Самара, XI класс.

## Решения задач теоретического тура:

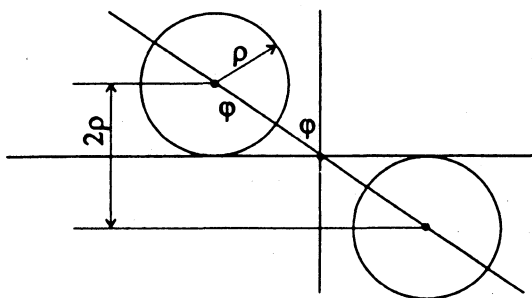
### VIII–IX классы

1. Правая часть видимой поверхности Луны, где меньше морей, отражает солнечный свет лучше, чем левая, – это видно с первого взгляда. Поэтому в первой четверти, когда освещена правая часть Луны, она освещает Землю лучше, чем в третей.

2. 55 кпк – это  $55000 \times 3,26 \approx 180000$  св. лет. Поскольку свет из Большого Магелланова Облака идет до нас около 180000 лет, любое событие, которое мы видим сейчас, произошло там 180000 лет назад. Вычислять точно год, в котором на самом деле произошла вспышка Сверхновой, бессмысленно, поскольку точность, с которой дано расстояние до БМО, не превышает 1%. Правильный ответ: около 180 тыс. лет назад.

3. Во время полнолуний Луна находится примерно в той области небесной сферы, которая противоположна направлению на Солнце. С точностью до 5% это означает, что полной Луной белые медведи могут любоваться только когда Солнце под горизонтом – 6–7 раз в году, во время полярной ночи. (Если посчитать точно, то полная Луна может быть на северном полюсе над горизонтом от 5 до 8 раз в году.)

4. Спутники, находящиеся на низкой орбите, совершают 1 оборот вокруг Земли примерно за 90 мин. Через это время



спутник будет находиться в той же точке относительно центра Земли. Но за это время Земля повернется вокруг оси примерно на  $22,5^\circ$ , и спутник будет находиться над точкой земной поверхности, долгота которой отличается от харьковской на  $22,5^\circ$ . Поскольку Земля вращается с запада на восток, искомая долгота будет меньше харьковской:

$\lambda = \lambda_x - 22,5^\circ = 36^\circ - 22,5^\circ = 13,5^\circ$ . Примерно на широте Харькова и долготе  $13,5^\circ$  находится Прага.

5. (VIII класс). Поскольку направления вращения совпадают, число суток в году равно на 1 меньше, чем число оборотов планеты вокруг своей оси, т.е.

$$T/t - 1 = t/\tau$$

$$\text{Отсюда } \tau = Tt/(T-t)$$

$$\tau \approx 176 \text{ сут.}$$

Заметим, что это в точности два периода обращения Меркурия вокруг Солнца и три – вокруг своей оси.

6. (VIII класс). Если мы пренебрегаем всеми планетами, кроме Юпитера, то центр масс Солнечной системы – это центр масс системы Солнце – Юпитер, который находится от центра Солнца на рас-

стоянии

$$L = m_{\text{Юп}} L_{\text{Юп}} / (M_{\odot} + m_{\text{Юп}}) = 5,2/1051 \text{ а.е.} \approx 4,95 \times 10^{-3} \text{ а.е.}$$

Радиус Солнца –  $1/216$  радиуса земной орбиты, т.е.  $R_{\odot} = 4,63 \times 10^{-3} \text{ а.е.}$

Видим  $L > R_{\odot}$ . Таким образом, в рамках сделанных допущений центр масс Солнечной системы находится вне Солнца.

5. (IX класс). За время, пока солнечный диск пересекает линию горизонта, Солнце по небосклону проходит угловое расстояние  $2r/\cos \varphi$ , где  $r$  – угловой радиус Солнца. Соответственно, заход будет длиться время  $\tau = 2r/(u \cos \varphi)$ , где  $u$  – скорость движения Солнца по небу

$$u = 360^\circ/24 = 15^\circ/1\text{h} = 15'/1\text{m}$$

Таким образом, длительность захода Солнца

$$\tau = 2r/(u \cos \varphi) = 32/15 \cos 55,5^\circ \approx 3,8 \text{ мин}$$

6. (IX класс). Вы упадете в космос в том случае, если Ваша скорость относительно астероида превысит вторую космическую. Впрочем, даже если Вы превысите только первую космическую, то уже будет очень неудобно: придется долго ожидать воз-

вращения на астероид, минимум около  $(3\pi/G\rho)^{1/2}$ , т.е. 1 ч 45 мин. Будем считать, что скорость Вашего бега (человек развивает до 10 м/с) не должна быть больше первой космической  $V_1 < (GM/R)^{1/2}$ . Учтивая, что  $M = (4\pi R^3/3)$

$$V_1 \leq (4\pi G\rho/3)^{1/2} R$$

$$R \geq V_1(3/4\pi G\rho)^{1/2}$$

$$R \geq 10(3/12,57 \times 6,67 \times 10^{-11} \times 3500)^{1/2}$$

$$R \geq \approx 10 \text{ км}$$

Итак, без опаски можно бегать по астероидам, диаметр которых больше 20 км.

Х класс.

1. Максимальная высота кульминации будет в тот момент, когда у Луны максимальное склонение. Ее склонение изменяется в пределах от  $-(e - i)$  до  $(e + i)$ , т.е. от  $-28,6^\circ$  до  $28,6^\circ$ . Максимальная высота кульминации:

$$h = 90^\circ - \phi + \delta$$

$$h = 90^\circ - 55,5^\circ + 28,6^\circ = 63,1^\circ$$

2. Никакие части планеты не могут двигаться со скоростью, большей первой космической для этой планеты. Эта скорость определяется из условия  $V_1^2/R = GM/R^2$ , где  $M$  и  $R$  — масса и радиус планеты. Чтобы вещество планеты не улетало с ее экватора, экваториальная скорость должна быть

$$V_3 \leq V_1 = (GM/R)^{1/2}$$

Период обращения планеты равен  $T = 2\pi R/V_3$ , т.е.

$$T \geq 2\pi R/V_1 = 2\pi(R^3/GM)^{1/2}$$

Учитывая, что средняя плотность  $\rho = M/(4\pi R^3/3)$ , получим:

$$\rho \geq 3\pi/(GT^2)$$

$$\rho \geq 1,09 \times 10^6 \text{ кг/м}^3$$

Зная период обращения планеты, можно вычислить минимально допустимое значение ее средней плотности.

3. Для начала выясним, внутри или вне Солнца расположен центр масс Солнца и Юпитера. Он находится от центра Солнца на расстоянии:

$$L = m_{\text{Юп}}L_{\text{Юп}}/(M_{\odot} + m_{\text{Юп}}) = 5,2/1051 \text{ а.е.} \approx 4,95 \times 10^{-3} \text{ а.е.}$$

Радиус Солнца  $R_{\odot} = 4,65 \times 10^{-3} \text{ а.е.}$

Теперь учтем влияние Сатурна. Он перемещает центр масс системы на

$$L_2 = m_{\text{Сат}}L_{\text{Сат}}/(M_{\odot} + m_{\text{Юп}} + m_{\text{Сат}}) \approx 2,7 \times 10^{-3} \text{ а.е.}$$

В какую сторону? Это зависит от взаимного положения планет.

Если Юпитер и Сатурн находятся по одну сторону от Солнца, то центр масс по-прежнему вне Солнца, если по разные — внутри. Дальнейший учет влияния Урана, Нептуна и т.д. даст аналогичный результат.

Вывод: центр масс Солнечной системы может находиться как внутри Солнца, так и вне его в зависимости от взаимного положения планет.

4. Перигелий своей орбиты Земля проходит зимой, а афелий — летом. Поэтому летом расстояние от Земли до Солнца в  $k = (1 + e)/(1 - e)$  больше, чем зимой. Соответственно, разница в звездных

величинах Солнца составит:

$$2,5 \lg k^2 = 5 \lg k = 5 \lg (1,017/0,983) = 0,074$$

5. Луна движется по небу, совершая полный оборот относительно звезд за 27,3 (а не 29,5) сут. За это время лунный диск покрывает полосу  $S_L = 360 \times 0,5 = 180 \text{ кв. град}$ . Найдем теперь число квадратных градусов на сфере. Площадь сферы  $S = 4\pi R^2 = L^2/\pi$ , где  $L = 2\pi R$ . Подставляя  $L = 360^\circ$ , получаем, что  $S_0 = (360^\circ)^2/\pi \approx 41253$ . За один оборот (27,3 сут.) Луна покрывает около  $S_L/S_0 \approx 1/230$  части сферы. Поэтому число звезд, испытавших покрытие, составит примерно  $160000/230 \approx 700$ .

Ответ: около 700 звезд за 27,3 сут. (чуть больше одной звезды в час).

6. Чтобы послать зонд с поверхности планеты на Солнце, нужно:

а) сначала вывести его на околопланетную орбиту;

б) потом перевести его на очень вытянутую орбиту вокруг Солнца (чтобы его орбита по крайней мере касалась Солнца), т.е. уменьшить скорость относительно Солнца практически до нуля.

Очевидно, что это легче выполнить при запуске зонда с Марса. Во-первых, выведение на околопланетную орбиту проще, поскольку первая космическая скорость для Марса примерно в два раза меньше, чем для Венеры. Во-вторых, скорость движения Марса по орбите тоже меньше, чем у Вене-

ры (орбитальная скорость пропорциональна  $\sqrt{R^{-2}}$ , где  $R$  – радиус орбиты). Наконец, на Марсе практически нет атмосферы, преодоление которой при запуске с поверхности Венеры потребует дополнительных затрат.

Чтобы определить время полета, рассмотрим движение корабля по траектории, которая касается орбиты Марса и поверхности Солнца. Воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$T_k^2/a_k^2 = T_M^2/a_M^2$$

где  $a_k$  и  $T_k$  – большая полуось орбиты и период обращения корабля. Обозначим  $\alpha = R_\odot/a_M$  – угловой диаметр Солнца, видимый с Марса

$$a_k = (R_\odot + a_M)/2 = (\alpha/2 a_M + a_M)/2 = a_M(\alpha/4 + 1/2)$$

$T_k = T_M(\alpha/4 + 1/2)^{3/2}$ , а время перелета корабля от Марса до поверхности Солнца равно половине этого периода. При расчетах можно пренебречь величиной  $\alpha$ . В результате получим  $\tau \approx T_M/2^{5/2} = 687/2^{5/2} = 121,4$  сут.

XI класс.

1. По эффекту Доплера находим скорость убегания наблюдаемой галактики:

$$V = c(\delta\lambda/\lambda)$$

По закону Хаббла  $V = H \times R$ , где  $R$  – расстояние до галактики, которое получается равным

$$R = V/H = c(\delta\lambda/\lambda)/H$$

Характерный размер (диаметр) галактики  $L = \alpha R$ . Таким образом  $L = \alpha c(\delta\lambda/\lambda)/H \approx 12$  кпк

Известно, что размер нашей Галактики порядка 25–30 кпк, т.е. наблюдаемая галактика в 2–2,5 раза меньше нашей.

2. Блеск астероида меняется из-за того, что он то приближается к Солнцу, то удаляется от него. Если это единственная причина изменения блеска (считаем астероид сферическим и однородно отражающим), то интенсивность солнечного света, падающего на астероид, меняется обратно пропорционально квадрату расстояния его от Солнца ( $\sim R^{-2}$ ). К наблюдателю возвращается свет с интенсивностью, еще раз уменьшенной по тому же закону. Поэтому интенсивность  $J$  дошедшего до нас света пропорциональна  $R^{-4}$ . Для разницы в звездных величинах имеем

$$\Delta m = 5/2 \lg (R_1/R_2)^{-4} = 10 \lg (R_1/R_2)$$

Для Солнца, видимого с астероида,

$$\Delta m_\odot = 5/2 \lg (R_1/R_2)^{-2} = 5 \lg (R_1/R_2)$$

Отсюда  $\Delta m_\odot = \Delta m/2 = 2,62^m$

3. Если точка абсолютно противоположная, то ситуация должна быть абсолютно симметричная: заход Солнца в одной точке происходит одновременно с его восходом в диаметрально противоположной точке земного шара. Но есть два обстоятельства, вносящие свои поправки.

Прежде всего, для любого наблюдателя физи-

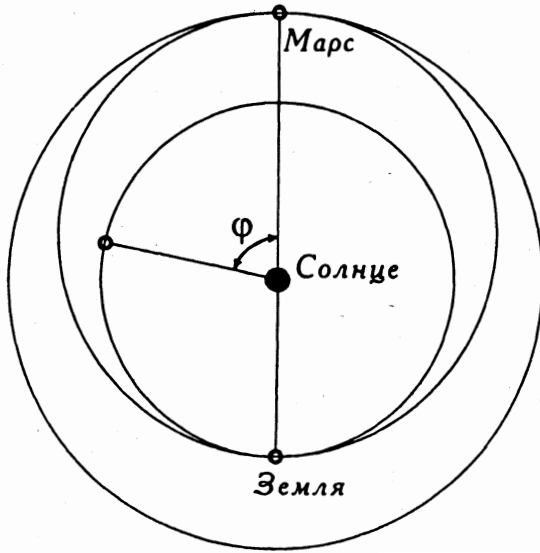
ческий горизонт немного опущен. Даже если человек стоит на ровной земной поверхности, понижение физического горизонта составляет около 2.5'. Еще больший эффект вызывает рефракция, человек видит касание горизонта краем Солнца, когда оно на самом деле находится на  $\approx 35'$  ниже математического горизонта. По этим причинам заход Солнца наступает позже, а восход раньше предвычисленного без учета этих эффектов. И потому, когда у нас солнечный диск на заходе только касается горизонта, в противоположной точке земного шара Солнце уже несколько минут, как оторвалось от него.

Примечание: понижение физического горизонта вычисляется по формуле

$$\arccos (R/(R+h)) \approx ((R+h)^2 - R^2)^{1/2}/R \approx (2h/R)^{1/2},$$

где  $R$  – радиус Земли, а  $h$  – высота уровня глаз над поверхностью Земли.

4. Задача эта, очевидно, оценочная, и даже экспериментальная. Проведя наблюдения блеска глаз у котиков, можно сделать вывод, что их глаза работают, как плоские зеркала, отражающие свет точно назад. Будем считать, что у кота, любящегося ночью Луной, диаметр зрачка равен 10 мм. Примем коэффициент отражения 1/3. Угловая площадь зрачка глаза с расстояния 5 м составляет около  $3 \times 10^{-6}$  радиан, что меньше угловой площади лунного диска  $\approx 7 \times 10^{-5}$  радиан. Поэтому



можно считать, что в кошачьем глазе, как в зеркале, Вы увидите часть лунного диска площадью  $3 \times 10^{-6}$  радиан и втрое меньшей яркостью. Итак, к Вам попадает максимум  $(3 \times 10^{-6}/7 \times 10^{-5})/3 \approx 1/70$  света полной Луны, что соответствует ослаблению света примерно на 4,5 звездной величины. Звездная величина кошачьего глаза  $m_{\text{cat eye}} = -12,7^m + 4,5^m \approx -8^m$

Заметим, что наблюдения котом под фонарями дают похожий результат: кошачьи глаза светят ярче Венеры ( $m_{\text{max}} = -4,2^m$ ), но существенно слабее полной Луны ( $-12,7^m$ ).

5. Большая полуось орбиты, по которой космический корабль совершает перелет, очевидно, равна полусумме радиусов орбит Земли и Марса

$$a_k = (a_M + a_3)/2$$

По третьему закону Кеплера  $a \sim T^{2/3}$ , где  $T$  – пери-

од обращения небесного тела вокруг Солнца,

$$T_k^{2/3} = (T_M^{2/3} + T_3^{2/3})/2 \text{ или}$$

$$T_k = (T_M^{2/3} + T_3^{2/3})^{3/2} / 2^{3/2}$$

Время перелета от Земли до Марса  $\tau$  равно половине периода обращения по орбите, следовательно,

$$\tau = (T_k^{2/3} + T_3^{2/3})^{3/2} / 2^{5/2}$$

Отсюда  $\tau = (365,25^{2/3} + 687^{2/3})^{3/2} / 2^{5/2} \approx 259$  сут.

Для вычисления времени, в течение которого космонавтам придется ожидать на Марсе момента отправления в обратный путь, заметим, что в момент прилета Земля опережает Марс на угол  $\phi = \omega_3 \tau - \pi = 2\pi\tau/T_3 - \pi$ , где  $\omega_3 = 2\pi/T_3$  – угловая скорость движения Земли по орбите вокруг Солнца.

В момент отправления в обратный путь Земля, очевидно, должна отставать от Марса на такой же угол  $\phi$ , что соответствует опережению на угол  $2\pi k - \phi$ , где  $k$  – целое число. Для вычисления мини-

мального времени надо найти такое минимальное  $k$ , при котором  $(2\pi k - \phi) > \phi$ . Из численных данных видно, что в нашем случае  $k = 1$ . Время, за которое опережение Земли увеличится с  $\phi$  до  $2\pi - \phi$  равно:  $T_{\text{ожид}} = (2\pi - 2\phi)/(\omega_3 - \omega_M)$ , где  $(\omega_3 - \omega_M)$  – относительная угловая скорость движения Земли и Марса.

$$\omega_3 - \omega_M = 2\pi/T_3 - 2\pi/T_M$$

$$T_{\text{ожид}} = (1 - \phi/\pi) / (1/T_3 - 1/T_M) =$$

$$= (2 - 2\tau/T_3) / (1/T_3 - 1/T_M)$$

$$T_{\text{ожид}} = (2 - 2 \times$$

$$\times 259/365,25) / (1/365,25 - 1/687) \approx 454 \text{ сут.}$$

6. Что значит “свободно путешествовать по Солнечной системе”? Разумно считать, что с помощью такого паруса, точнее с помощью силы солнечного давления на него, можно было бы существенно изменять орбиту космического корабля-яхты. Для этого нужно, чтобы световое давление было сопоставимо с гравитационным притяжением. В качестве исходного условия примем  $F_{\text{грав}} \approx F_{\text{давл}}$ . По закону всемирного тяготения  $F_{\text{грав}} = GM_{\odot} m/R^2$ . Силу давления найдем, исходя из того, что энергия фотона  $E = mc^2$ , а его импульс  $p = mc$ , т.е. для каждого фотона  $p = E/c$ . Сила давления есть  $\Delta P/\Delta t$  – изменение импульса системы парус – корабль за счет всех фотонов, падающих в единицу времени на парус, –  $\Sigma(\Delta p/\Delta t)$ . Будем считать, что парус практически зеркальный, фотоны отражаются строго назад. В этом случае изменение импульса каждого из них есть  $2p = 2E_0/c$ . Таким об-



$$\text{разом } F_{\text{давл}} = \Delta p / \Delta t = \\ = (2\Delta E / \Delta t) / c.$$

Учитывая, что энергия фотонов, падающих в единицу времени на парус, находящийся на расстоянии  $R$  от Солнца  $\Delta E / \Delta t = A(R_3/R)^2 S$ , получим  $F_{\text{давл}} = 2AS(R_3/R)^2/c$ . Приравнявая эту силу к гравитационной, полу-

чаем

$$GM_{\odot}m/R^2 = \\ = 2AS(R_3/R)^2/c \\ S = (GM_{\odot}/R_3^2)(mc/2A)$$

Для Земли  $GM_{\odot} = 4\pi^2/R_3^2/T^2$ , где  $T$  – период обращения Земли вокруг Солнца. Тогда

$$S = (4\pi^2 R_3 / T^2)(mc/2A)$$

$$S = (4\pi^2 1,5 \times \\ \times 10^{11} / 10^{15})(1000 \times 3 \times \\ \times 10^8 / 2800) \approx 6 \times 10^6 \text{ м}^2 = \\ = 6 \text{ км}^2$$

Как видим, не так уж и много.

## Информация

### Пыль разрушаемых комет на Земле

Солнечная система – довольно пыльное место Галактики. На своем пути вокруг Солнца Земля постоянно пробивается через облака мельчайших частиц. Космическая пыль возникает при столкновениях астероидов и комет, при рассеивании кометной субстанции. Происходит это во внутренних областях Солнечной системы. Только небольшая часть пыли может прибывать из более удаленных районов пространства.

Некоторые частицы оседают на поверхность планеты. Их находили в полярных лавучих льдинах, на морском дне. Но можно ли определить точно, от какого именно небесного тела они прибыли к нам?

Сотрудник Национального института метрологии США Скотт Мессенджер изучил образцы пыли, уловленной высотным самолетом-лабораторией У-2. Дело это

не простое – за 30–40 часов полета на высоте около 20 км ловушки, установленные под крыльями, захватывают несколько сотен частиц диаметром от 5 до 50 мкм.

Их космическое происхождение подтверждается необычным соотношением различных изотопов водорода, кислорода, азота, а также присутствием атомов благородных газов, в первую очередь гелия, внесенных солнечным ветром – потоком заряженных частиц, испускаемых Солнцем. По содержанию изотопов гелия можно определить, сколько времени провела частица в космосе после отделения от своего родительского тела и попадания под поток солнечного ветра.

На конференции по наукам о Луне и планетах, состоявшейся в марте 1998 г. в Хьюстоне, С. Мессенджер доложил о неожиданном результате, полученном при исследовании пыли, захваченной самолетом при полетах в июне–июле 1991 г. Гелия в них оказалось очень мало, а соотношения редкого изотопа гелия-3 к обычному гелию-4 было невероятно высоким. Это указывает, что частицы провели в космосе не более 10 лет. Обычное время жизни пылинки между Землей и Солнцем – 10000 лет.

Чтобы такие “молодые” пылинки могли попасть на Землю, они должны были образоваться внутри орбиты Земли и вскоре пересечь ее, удаляясь от Солнца, под действием светового давления солнечных лучей. Список небесных тел, пересекающих орбиту Земли, невелик. Астероиды исключаются, они не смогли бы дать так много пыли. Остаются кометы, их известно 17. Из них только 4 обладают орбитами, на которых скорости вторжения в атмосферу Земли не привели бы к полному сгоранию пылинки. В конце концов, самым подходящим кандидатом на роль родительского тела уловленных пылинок была признана комета Швассмана-Вахмана-3, незадолго до этого проходившая по “удобной” траектории во внутренней области Солнечной системы.

Планируется провести отловы космической пыли, порождаемой тремя другими кометами, в разное время пересекающими орбиту Земли. Но особые надежды специалисты возлагают на космический аппарат “Stardust” (“Звездная пыль”), который в 2006 г. должен доставить на Землю образцы пыли и газов от кометы Вильд-2.

Nature, 1998, 392, 754

## Некоторые аспекты астрономического образования

А.К. МУРТАЗОВ, А.Н. ШАРАПКОВ

Рязанский государственный педагогический университет им. С.А. Есенина

Ю.Н. ВОРОБЬЕВ

Средняя школа № 38 г. Рязани

---

Бесконечный ряд свершающихся вокруг нас несуразностей пополнился еще одной: как уже известно нашим читателям (Земля и Вселенная, 1998, № 6), из учебного плана общеобразовательной школы исключена астрономия. Абсурдность и вредность этого очевидны (хотя, к сожалению, не всем...). Последствия вполне предсказуемы. Главное из них – новый всплеск астрономической безграмотности (на сей раз это касается молодежи, которую школа готовит к активной деятельности в XXI в.). Астрономическая общественность наверняка приложит все усилия, чтобы повернуть вспять безжалостное колесо бюрократиче-

ской машины, под колеса которой попала школьная астрономия. Но машина эта чрезвычайно инертна, а время не ждет.

В настоящее время можно надеяться на относительный успех в двух направлениях. Первое – дополнительное образование, в которое должна быть внедрена научно обоснованная система астрономического образования учащихся, начиная с начальной школы. Второе – астрономия как “предмет по выбору”, т.е. систематический курс для выпускников, изъявивших желание изучать в школе науку о Вселенной.

Следует отметить, что в новом базисном плане существует не-

кая, почти визуальная, возможность реализовать оба указанных направления, но так как она в явном виде не выделена, то многие руководители школ и учителя астрономии ее могут просто не заметить.

Проблемам, относящимся к обоим направлениям, наш журнал уделял немало внимания на протяжении всего времени своего существования (см. соответствующий “Указатель статей по теме “Астрономическое образование”, 1998, № 3).

Ниже публикуется статья, затрагивающая некоторые психологические и педагогические аспекты астрономии как одного из элементов дополнительного образования.

Кружковая работа и научные общества учащихся (НОУ) относятся к вспомогательным или дополнительным формам организации целостного педагогического процесса. В общую структуру последнего они включены наряду с методами и средствами обучения и воспитания. И кружковая работа, и научные общества учащихся предназначены для удовлетворения многосторонних интересов и потребностей детей в соответствии с их склонностями. **Эти формы работы при их правильной организации и проведении несут в себе мощный потенциал формирования общей мотивации учения и развития умения учиться.**

Наиболее благоприятным, как утверждают психологи, для этих форм внеклассной работы является старший школьный возраст. Именно в этом возрасте возникают потребность и возможность совершенствования своей учебной деятельности, что проявляется в стремлении к самообразованию, выходу за пределы школьной программы. Учебные действия перерастают в методы научного познания, а учебная деятельность смыкается с элементами исследовательской. Интерес к знаниям затрагивает закономерности учебного процесса и основы наук. Более того, при благоприятных обстоятельствах возможно рождение новых мотивов профессионального и жизненного самоопределения. Это достаточ-

но хорошо подтверждается результатами нашей работы с детьми – подавляющее большинство ребят после школы выбирают в качестве будущей профессии или непосредственно профессию астронома или деятельность, связанную с астрономией в области естественных наук.

Еще одним немаловажным аспектом в рамках выбранных нами форм работы с детьми в области астрономии является субкультура школьника, т.е. особая форма организации людей (чаще – молодежи) – автономное целостное образование внутри господствующей культуры, определяющее стиль жизни и мышление ее носителей, отличающееся своими обычаями, нормами, комплексами ценностей и даже институтами. Это – явление объективное, необходимое, неизбежное, занимающее свое специфическое место в процессе формирования личности, а потому несомненно заслуживающее пристального внимания. Мы считаем, что именно дополнительные формы обучения (такие, как кружки и НОУ) способны в достаточной степени оказать серьезное влияние на формирование субкультуры школьника, особенно с помощью такой науки, как астрономия. На сегодняшний день они могут рассматриваться, как альтернативы другим неформальным молодежным объединениям.

Таковы основные моменты, по которым наш

выбор остановился именно на этих организационных формах обучения астрономии. Их содержание структурировано нами согласно общедидактической концепции образования как элемента социального опыта человека:

- теоретические астрономические знания (факты, явления, принципы, законы);

- умение и навыки работы с астрономическими приборами, овладение основными методами исследований и т.д.;

- опыт творческой деятельности, выражающийся в проведении самостоятельных исследований;

- опыт эмоционально-ценностного отношения к продуктам своей деятельности, к миру, к человеку, к самому себе.

Нетрудно заметить, что содержание представленной формы астрономического образования, особенно ее четвертый компонент, выступают в качестве **психолого-педагогических** условий, которые представляют в распоряжение учащихся широкий спектр ценностей для их личностной ценностной ориентации. Десятилетний опыт работы авторов в рамках описываемой технологии позволяет сделать вывод о том, что именно такой подход может сформировать у детей целостную картину мира (Земля и Вселенная, 1994, № 3).

Астрономия и ее структура дают возможность выполнить поставленную задачу и реализовать подход, формирующий

*Участники летнего астрономического лагеря 1995 г. (с. Ижевское, Рязанской обл.) Павел Аверин (ныне студент МГУ, специальность "астрономия") и Наталья Фоломеева (ныне студентка Рязанской радиотехнической академии) за подготовкой 250-мм телескопа системы Кассегрена к наблюдениям*



целостную картину мира. Как глобальное средство познания мира и места человека в нем, астрономия на современном этапе играет одну из главных ролей в формировании единой ноосферы Земли и неразрывно связана с развитием культуры (Земля и Вселенная, 1994, № 5; 1997, № 1).

При изучении любой науки в сфере дополнительного образования часто возникают трудности, связанные с возрастом учащихся и их подготовкой по базовым дисциплинам (здесь имеются в виду предметы физико-математического цикла). Однако особенности астрономии позволяют избегать этих трудностей. Оказалось, что многие вопросы можно объяснить учащимся на уровне, соответствующем их развитию и подготовке. Это учитывалось нами при составлении учебных программ астрономической секции научного общества учащихся, астрономического и астрофизического кружков Областного Центра технического творчества учащихся.

Заключительный этап разработанной нами системы **дополнительного астрономического образования**, органически до-

полняющий учебные программы, – летние астрономические экспедиции и астрономические школы. Это одновременно и итог, и постановка новых наблюдательных и экспериментально-теоретических работ. Они проводятся с 1989 г. В них принимают участие ученики VII–XI классов и студенты (Земля и Вселенная, 1994, № 3). Их программы весьма насыщены – от теоретических занятий до астрономических наблюдений различных небесных объектов: звезд, Луны, планет, комет, астероидов и спутников планет, Млечного Пути и т.д. Здесь в наиболее полном объеме находит свое отражение и на практике реализуется один из важнейших принципов последней глобальной реформы – принцип гуманизации. Это свободный выбор детьми областей исследования, представляющий необходимое условие ценностного самоопределения личности ребенка, приводящее в дальнейшем к формированию в сознании целостной картины мира.

Результаты летних

экспедиционных работ используются при постановке различных исследовательских работ, публикуются в различных астрономических изданиях. Например, по результатам фотографических наблюдений малых планет подготовлены лабораторные работы для студентов-физиков Рязанского госпединститута, защищена дипломная работа, связанная с изучением свойств поверхностей малых планет.

Большинство участников внешкольных астрономических объединений после поступления в вузы связи с ними не теряют. Так, студент-дипломник Рязанской радиотехнической академии готовит к работе компьютерную систему регистрации фотоэлектрических наблюдений небесных тел, студенты Рязанского госпединститута и Рязанской радиотехнической академии каждый год выступают на студенческих научных конференциях.

Члены внешкольных астрономических объединений Рязани постоянно принимают участие в рос-

сийских, областных и городских олимпиадах по астрономии и космической физике, занимая в них призовые места. Во дворце творчества детей и юношества подготовлены стенды, отражающие работу юных астрономов Рязани.

В заключение можно отметить следующее: дополнительное образование позволяет реализо-

вать в преподавании астрономии ряд важнейших принципов современной образовательной реформы, принципов гуманизации и гуманитаризации, обсуждению которых журнал "Земля и Вселенная" уделяет много внимания с начала 80-х гг. Работа, осуществляемая в непосредственном диалоге учителя и ученика, приводит к саморегуля-

ции самостоятельной научной деятельности учащихся. Дополнительное астрономическое образование представляет в распоряжение детей достаточно широкий спектр ценностей для их личной жизненной ориентации, позволяет сформировать у детей целостную картину мира и осознать свое место в этом мире.

## Информация

### Ионный хвост Венеры

В 1979 г. американская АМС "Пионер-Венера-1", находясь на орбите искусственного спутника Венеры, обнаружила в 70 тыс. км от поверхности планеты вытянутое в пространстве скопление высокотемпературных ионов. Длинный плазменный хвост образовался в результате бомбардировки верхней атмосферы Венеры солнечным ветром.

Оказалось, что поток заряженных частиц простирается от Венеры в 600 раз дальше, чем было за-

фиксировано при его открытии. Это подтверждается исследованиями, проведенными недавно ИСЗ "SOHO" (Земля и Вселенная, 1997, № 2). Находясь в 45 млн. км от Венеры, спутник зарегистрировал три неожиданных всплеска концентрации ионов кислорода и углерода. Вероятно, "SOHO" пересек три разные плазменные струи, образующие хвост Венеры, но не исключено, что это был один и тот же волнообразный ионный поток. Возможно, плазменный хвост образован скоплением множества отдельных волокон, подобных существующим у некоторых комет с несколькими ионизированными хвостами. Этот факт может подтвердить теоретические разработки, объясняющие сравнительно малую толщину данного образования. Согласно существующим представлениям, уз-

кий плазменный поток должен быть нестабилен и быстро рассеиваться. Странная природа хвоста состоит в сохранении свойств на огромных расстояниях, измеряемых десятками миллионов км от источника излучения.

Земля и Юпитер надежно укрыты от проникновения солнечного ветра своими магнитными полями. У Венеры же магнитное поле отсутствует, поэтому солнечный ветер за время существования Венеры "выбил" из верхних слоев атмосферы значительное количество ионов. Длительный процесс плазменного взаимодействия между Солнцем и Венерой сыграл важнейшую роль в образовании атмосферы планеты.

Geophysical Research Letters, 1998, 24, 1163

## Информация

### Рекорд фотографирования ИСЗ

Астроном-любитель Г. Гарральд (Австралия) с помощью

скромного 25-см телескопа сумел сфотографировать американский космический аппарат NEAR на расстоянии 33,65 млн от Земли. Это – мировой рекорд дальности фотографирования искусственного небесного объекта. Гарральду повезло: в момент съемки панели

солнечных батарей отражали солнечные лучи непосредственно к Земле.

New Scientist, 1998, 158, 5

## Происхождение комет: новый взгляд на старую проблему

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

*“Астрономия – это существо о четырех ногах, которое спереди опирается на здравые и ложные идеи, а сзади – на здравые и ложные наблюдения”.*

*(Н. Колдер, “Комета надвигается”)*

В истории проблемы происхождения комет за кажущимся хаосом рождений и гибели, борьбы и “антагонистического сосуществования” взаимноисключающих гипотез выявляется некая общая тенденция движения к конечному синтезу, за счет “векового” обогащения новыми идеями и результатами, а также выявления и отсеивания элементов “ложного знания” в нашей системе предста-

влений о кометах. Вкладом в постепенный, подчас противоречивый, но упорный прогресс в проблеме происхождения комет стали результаты Ньютона и Галлея, Эпинуса и В. Гершеля, Бесселя и Скиапарелли. В XX в. особенно важную роль в нем сыграли Эпик и Всехсвятский, Орлов и Фесенков, космогонисты школы О.Ю. Шмидта (сам Отто Юльевич, Гуревич и Лебединский, Левин и

Сафронов; поразительно идейно богатый Радзиевский...); Оорт и Уиппл, Штейнс и Казимирчак-Поллонская, Беляев и Кресак. Излагаемая ниже попытка обобщить результаты этого процесса и дать некий синтез идей названных и других выдающихся исследователей комет предпринята автором статьи совместно с И.Л. Генкиным и В.М. Чепуровой.

### ИЗ ИСТОРИИ ВОПРОСА

Более чем двухтысячелетняя история проблемы происхождения и природы комет может быть сжато обрисована (не изложена!) в трех известных выражениях: “Ищите – и обрящете!” (из Библии); “Если дол-

го мучиться, что-нибудь получится!”; “Вы смотрите, какая интересная штука получается!”<...> Природа и происхождение комет – одна из старейших и наиболее интригующих загадок астрономии. Две тысячи лет в науке господствовало представление Ари-

стотеля о том, что кометы представляют собой чисто атмосферное явление типа радуги, молнии, болидов и других “огненных метеоров”... Лишь Тихо Браге наблюдениями кометы 1577 г. опроверг это, доказав, что она принадлежит “надлунному” миру.

Одним из важнейших открытий за всю историю астрономии стало обнаружение Галлеем *периодичности* (движения по эллипсу) знаменитой кометы, названной затем его именем. Но подавляющее большинство комет демонстрировали *параболические* орбиты. Чуть ли не единственным исключением в середине XVIII в. оказалась комета Лекселя, возмущением от Юпитера “выбитая” было на орбиту с периодом всего около 7 лет. Но уже на втором обороте тем же Юпитером она была вышвырнута (на сотни лет) из планетной зоны Солнечной системы. Поэтому мнение о прошлом, для Солнечной системы, характере комет продолжало преобладать. Между тем, в начале 20-х гг. XIX в. И. Энке доказал *короткопериодичность* (период  $P = 3,3$  года, до сих пор наименьший известный) несколько раз до того открывавшейся кометы (комета Энке). Наряду с имевшимися “прецедентами эллиптичности” (кометы Галлея, Лекселя и “подозрения” на некоторые другие) это давало основу для утверждения (в соответствии еще с мнением Ньютона) об *эллиптичности* орбит комет. Ведь в наблюдаемой части орбиты, вблизи Солнца, дуга очень вытянутого эллипса почти не отличается от дуги параболы!

На этой базе и была выдвинута одна из первых классических гипотез о происхождении комет. Ж.-Л. Лагранж в 1812 г. предположил рождение комет при вулканических

*извержениях* (выбросах) с планет-гигантов (эруптивная гипотеза). Почти тогда же (1806, 1813) П.С. Лаплас, опираясь на достоверные данные (!) о *параболическом* характере орбит все же подавляющего большинства комет, высказал математически конкретную гипотезу о приходе комет в Солнечную систему из *межзвездного* пространства... Авторитет Лапласа на десятилетия закрепил представления о “несолнечной” природе комет.

Однако в начале 70-х гг. XIX в. серьезные критические соображения в адрес гипотезы Лапласа высказал Дж. Скиапарелли. Оказалось, Лаплас не учел, что чуждые Солнечной системе (подобно звездам) кометные тела (ядра) *обязаны* иметь относительно Солнца “звездные” же скорости ( $\approx 20$  км/с), а эксцентриситеты  $e \gg 1$ .

Между тем, *все* гиперболические кометы, известные тогда (и открытые позже), имеют вдали от него (“на бесконечности”) скорости относительно Солнца, измеряемые лишь десятками долями км/с и  $1 < e < 1,006$ . Исходя из этого, Скиапарелли заключил, что кометы составляют с Солнцем совокупность объектов *общего* происхождения.

Оба типа гипотез о происхождении комет (“в Солнечной системе”, “вне ее”) содержат крупные слабости и пробелы. Если попытаться выделить основную источник трудностей в объяснении генезиса комет, то приходится

согласиться с ведущим специалистом по происхождению и динамике комет – В.В. Радзиевским: наибольшую трудность представляет разделение их на *два подкласса*, разительно различающиеся пространственно и динамически: коротко- и долгопериодические. Мне более физическим кажется разделение их на *периодические* и *апериодические* – “околопараболические”. Последние включают и формально периодические, но с афелиями столь далекими от Солнца, что из-за звездных и иных возмущений такой эллипс может резко меняться на каждом кеплеровском витке, либо даже превращается в параболу или “слабую гиперболу” с *e* чуть больше 1.

За полтора века после Лапласа и Лагранжа добавилось с дюжину гипотез, но происхождение комет оставалось загадкой. В преддверии середины XX в., ознаменованной бурным всплеском космогонии, ситуацию резюмировал американский астроном Ф. Ватсон: “Пожалуй, мы должны честно сказать, что не знаем, где, когда и как образовались кометы”.

Новую эру в *кометной* космогонии открыло рождение в начале 40-х гг. шмидтовской концепции *планетной* космогонии. Именно в ней впервые появилась логически убедительная и физико-химически конкретная картина возникающего и эволюционирующего протопланетного диска. (Теперь такие диски стали наблюдательным фак-



Фотография кометы Хейла-Боппа, полученная 10 апреля 1997 г. любителем астрономии К.А. Дедоборцем из Днепропетровска. Объектив Юпитер 37А. Фотопленка Фуджиколор-800. Экспозиция 90 сек.

том у ряда молодых звезд.)

Л.Э. Гуревич и А.И. Лебединский нашли, что в *газо-пылевом* диске в силу неупругости столкновений пылинок пыль должна оседать к его плоскости. Непрозрачность ближней к Солнцу зоны диска ведет к *экранированию* дальней зоны от солнечного излучения, а это – к резкому *охлаждению* материи в данной области. Поэтому в этой зоне неизбежно *намерзание* на пыль и фактически полное *вымораживание* летучих соединений и газов ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$  и т.д.). Отсюда – деление планет на две группы по массе и химсоставу. (Позже осознали, что водород и гелий вошли в состав планет-гигантов “по другому пути”: гравитационной аккрецией ранее всех достигшими критической для этого массы Юпитером и Сатурном В.С. Сафронов.)

Еще одна важная идея Гуревича и Лебединского

(блестяще развитая впоследствии В.С. Сафроновым) – при оседании пыли рост плотности пылевого субдиска ведет к его *гравитационной неустойчивости* и распаду на огромное число небольших, быстро уплотняющихся пылевых сгустков. Космогонически быстрое превращение их в компактные **планетезимали** – в основном, видимо, километрового диапазона размеров – и превратило пылевой диск в планетезимальный. Из планетезималей и формировались планеты (с приведенным выше уточнением в отношении Юпитера и Сатурна).

В “теплой” зоне вблизи Солнца планетезимали, естественно, не содержали летучих соединений – это были, так сказать, “протоастероиды”. В *холодной* зоне планетезимали представляли собой, по составу и размерам, по существу, кометные тела (!).

Так *планетная* космо-

гония выявила, что формирование потенциальных комет – *кометных тел* было одним из *этапов* формирования планет Солнечной системы. К началу 50-х гг. решение проблемы происхождения комет стало реальным.

СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ В ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОМЕТ

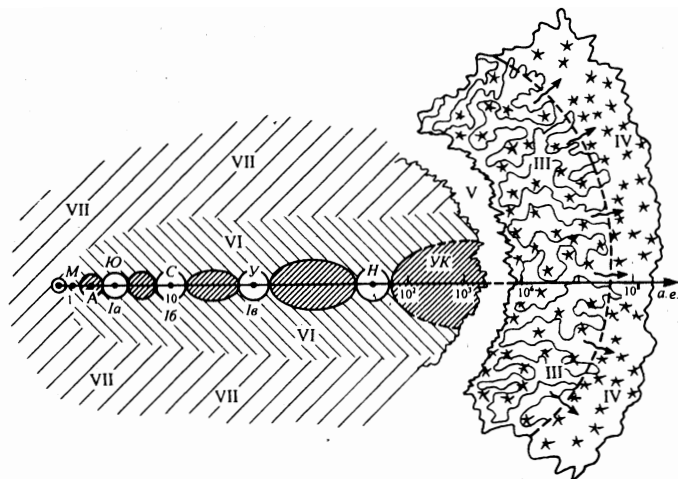
И тем не менее, в конце XX столетия, уже после подведения итогов “эксперимента века” (полета АМС “Вега” к ядру кометы Галлея), шеф всей советской кометной программы акад. Р.З. Сагдеев вынужден был признать: “Вопрос о происхождении комет до сих пор не решен” (“Природа”, 1989, № 1). Еще *не хватает информации*: “...для этого прежде всего нужно доставить кометное вещество на Землю” (там же). В этой формулировке довольно откровенно звучит признание фиаско всех существующих теоретических подходов к проблеме, – поскольку все надежды возлагаются на “доставку кометного вещества на Землю”...

Однако еще до полета “Веги” можно было подозревать, что дело не в недостатке информации о кометах, а скорее, в ее “избытке”...

Но остановимся на том,



Планетно-галактический реликтовый резервуар кометных тел Солнечной системы (схема, разрез перпендикулярно плоскости эклиптики, правая сторона) ☉ Солнце, М – Марс, Ю – Юпитер, С – Сатурн, У – Уран, Н – Нептун, А – пояс астероидов (реликтовый; каменно-металлические планетезималы "горячей" зоны протопланетного диска), УК – пояс Уиппла-Койпера (тоже реликтовый; с неизвестной пока внешней границей). Ia, б, в, г – "пустые" туннели сильных возмущений у орбит планет-гигантов (с радиусами ~1 а.е.); IIa, б, в – три пояса кометных тел; вместе с УК – стабильная часть кометного резервуара. Источник периодических комет (при столкновениях кометных тел, выводящих их на неустойчивые орбиты); III – диффузно расширяющийся от Солнца в звездном фоне и гравитационном поле Галактики сферический рой кометных тел, выброшенных из зоны планет-гигантов при формировании последних возмущениями от них. Источник околопараболических комет (при статистически неизбежных возвратах части его кометных тел к Солнцу). Сеть извилистых тонких линий – условно, хаотические броуновские траектории кометных тел в



рое); IV – звездный фон за пределами солнечного роя кометных тел. Весь диск Галактики – область галактического кометного роя Эпика (перекрывание кометных роев "соседних" звезд); V – зона, где предполагается существование "кометного облака Оорта" и введенного для его "подпитки" изнутри "сейфа Хиллса", несуществующих в природе согласно "новому взгляду на старую проблему"; VI – зона неустойчивости орбит кометных

тел – выходцев из стабильной внутренней области (УК + II) реликтового резервуара и продуктов их разрушения (кометные тела, периодические кометы, метеорные потоки и частицы, пыль кометного происхождения); VII – аналогичная зона кометных тел – выходцев из диффузионного роя и продуктов их разрушения (околопараболические кометы с большими наклонами орбит и т.д.)

как и почему кометная космогония попала в тупик трудностей и психологических барьеров.

Космогонисты школы О.Ю. Шмидта – Б.Ю. Левин, В.С. Сафронов – на исходе 40-х гг. выявили, что в процессе роста планет-гигантов гравитационные возмущения от них усиливаются настолько, что становится неизбежным массовый выброс планетезималей (кометных тел) за пределы Солнечной системы. (Эта идея была быстро подхвачена и изобретателем известного "кометного облака Оорта" – самим Я.

Оортом. Если в 1950 г. он исходил из гипотезы о взрыве "планеты Ольберса" как источнике астероидов и комет, то уже в 1951 г. стал "выбрасывать" кометные тела из Солнечной системы на создание "своего" Облака по методу космогонистов-шмидтовцев.)

Но космогонисты, пытаясь обосновать "закон планетных расстояний", как мы полагаем, перегнули палку и заключили о практически полном выбросе "лишних" планетезималей зоны планет-гигантов (кометных тел) из Солнечной системы.

ИСТОКИ ОСНОВНЫХ ТРУДНОСТЕЙ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ

Сначала вспомним суждения двух авторитетных исследователей, так сказать, из "смежных областей науки".

Во-первых, очень похоже, что в кометной космогонии мы имеем один из тех случаев, о которых сказал когда-то Шерлок Холмс: "...искусство логически мыслить должно быть использовано для тщательного анализа и отбора фактов, а не для поисков новых". Не следует особо верить сетова-

ниям на “нехватку данных”. Надо сначала хорошенько обдумать те, что есть... Конкретизирует Холмса еще один авторитетный мыслитель, намекая на типичную ситуацию: чем больше мы имеем информации, тем вероятнее, что в массиве ее далеко не все на 100% достоверно.. “Бойся незнания, но еще больше – ложного знания!” – предостерегал не только кометных космогонистов мудрый Будда.

Следуя этим наставлениям, мы постарались непредубежденно проанализировать проблему. И вышли, кажется, на те элементы “ложного знания”, кои и завели в тупик проблему происхождения комет.

#### 1) “ЛОЖНОЕ ЗНАНИЕ № 1” И ПРОИСХОЖДЕНИЕ АПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ

В планетной космогонии выявилась неизбежность гравитационного выброса (диссипации) возмущениями от растущих планет-гигантов большого количества кометных тел (планетезималей холодной зоны) “навсегда в Галактику”. По В.С. Сафронову, небольшая доля их (1-2%) “застряли”, благодаря звездным возмущениям, “на полдороге к звездам” и образовали Облако Оорта. По Оорту, ныне в нем около 200 млрд кометных тел, и это лишь часть начального населения Облака. Следовательно, “в Галактику” ушло не менее  $10^{13}$  кометных тел, а то и много больше. Общепринятое, но “ложное знание” как раз и

состоит в само собой разумеющемся – “навсегда в Галактику”!

*Навсегда ли?* Известно, что диссипанты уходят, естественно, с положительной, но *малой* полной энергией,  $h \approx 0$ . Известно, что скорость наблюдаемых гиперболических комет-диссипантов вдали от Солнца, в среднем, есть  $V_{\infty} \approx 0,6$  км/с, то есть действительно *невелика*.

Поэтому движение кометного тела в звездном (с вкраплениями гигантских молекулярных облаков) галактическом фоне является *легко возмущаемым*. Скорость  $V$  кометного тела может эффективно изменяться как по величине, так и по направлению, вплоть до неоднократного изменения даже знака  $h$ . При  $h < 0$  кометное тело, независимо от его расстояния от Солнца, формально оказывается на эллиптической орбите. Совокупность таких кометных тел является своеобразным аналогом Облака Оорта. Их ансамбль отличается от него “только” положением и формой: не сферический слой вокруг Солнца, в 100-150 тыс. а.е. от него, а распространяющееся на десятки парсеков облако кометных тел в звездном фоне, в галактической окрестности Солнца.

Движение отдельного кометного тела в возмущающем галактическом фоне имеет характер *броуновского блуждания*, а всего ансамбля их – *диффузии* роя кометных тел от источника – Солнечной системы – сквозь фон. В стро-

гой модели средний радиус  $r$  диффузионного облака со временем  $t$  растет замедленно, по формуле, полученной еще Эйнштейном и Смолуховским (1905):  $r \sim \sqrt{t}$ . Согласно *теореме Поля* из теории броуновского движения, вероятность *возвращения* частицы к источнику (кометного тела – к Солнцу!) – *конечна*. В трехмерном случае, асимптотически (при  $t \rightarrow \infty$ ) она, по У. МакКри и Ф.Дж. Уипплу,  $\approx 0,35$ . Можно думать, что по порядку величины это справедливо и для реального солнечного диффузионного роя кометных тел.

Существует еще один фактор (даже более действенный?) замедления роста роя. В.В. Радзиевский (1954) получил строгое решение задачи трех тел в ньютоно-гуковском случае распределения масс (два сферических тела внутри однородного гравитирующего сферического или в плоскости сфероидального тела). Наличие “гуковского тела” приводит к возникновению между ньютоновскими телами эффективной силы притяжения, пропорциональной расстоянию между ними. (Коэффициент пропорциональности определяется плотностью гуковского тела.) Поле Гука отражает объект к источнику.

Приложим этот результат к ситуации “Солнце и кометное тело – диссипант в Галактике”. Зная местную галактическую плотность, найдем, что при скорости  $\approx 1$  км/с кометное тело может удалиться от Солнца, по порядку вели-

чины, *не далее* 10-20 пк. (Формально ограничение более жестко, но оно смягчено непренебрежимой дискретностью звездного фона вблизи Солнца и длительной диффузией объектов "сквозь" гуковский барьер.)

Оба эффекта – статистический Эйнштейна и динамический Радзиевского – действуют в одну сторону, ограничивая (точнее, замедляя) рост роя. Строгая статистико-термодинамическая теория такой системы (эволюция роя малых тел в солнечном + иррегулярном + гуковском поле) пока не существует, но принципиальная возможность построения ее была обоснована мною с В.Н. Семеновым лет 10 назад. По грубой оценке, современный эффективный радиус диффузионного роя кометных тел – реликтовых диссипантов из Солнечной системы не превосходит 20-30 пк < 100 св. лет. При свободном, с постоянной скоростью, движении реликтовые диссипанты ушли бы от Солнца на 3 кпк.

Итак, в *строгой* теории *статистически неизбежно* (эффект Пойа) и *динамически обязательно* (эффект Радзиевского) возвращение части кометных тел-диссипантов в область выброса в зоне планет-гигантов и еще ближе к Солнцу. *Это и есть аperiodические кометы.*

С этой точки зрения Облако Оорта логически – шаг в *правильном* направлении, но физически – *фиктивный конст-*

*рукт*, "возникающий" в теории лишь потому, что на его счет относят все аperiodические кометы, на самом деле приходящие к Солнцу из всего протяженного диффузионного роя реликтовых кометных тел-диссипантов.

Этот рой сходен с *межзвездным кометным облаком Лапласа*. Еще ближе он к "*рою Скиапарелли*", *генетически* связанному с Солнечной системой.

Итак, *устранив ошибочное* мнение об "очевидной необратимости" диссипационного выброса кометных тел из формировавшейся Солнечной системы "в Галактику", мы приходим к любопытному и неожиданному объяснению феномена *aperiodических* ("околопараболических") комет.

2) "ЛОЖНОЕ ЗНАНИЕ № 2" В ОСНОВАХ КОМЕТНОЙ КОСМОГОНИИ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОМЕТ

После установления шмидтовской школой неизбежности массивированного выброса кометных тел из Солнечной системы "в Галактику", этот вывод был "усилен" до утверждения о "*практически полном выбросе*" планетезималей (кометных тел) из зоны планет-гигантов (не аккрецированных ими). Это и есть *второй основной элемент "ложного знания"* в проблеме происхождения комет.

Кстати, представление о "полном выбросе" кометных тел из зон между планетами-гиганта-

ми, так и *не получившее* сколько-нибудь серьезного обоснования, противоречило пониманию *необходимости* каким-то образом все же иметь их там... Наиболее строгое, по существу, исчерпывающее доказательство этого было дано Е.И. Казимирчак-Полонской еще в конце 70-х гг. Она *показала*, что короткопериодические кометы появляются, несомненно, из *поясов между планетами-гигантами*. Е.И. *предположила*, что кометные тела "накачиваются" в эти пояса из Облака Оорта возмущениями, – сначала звездными, в афелиях, а затем от самих планет-гигантов, в перигелиях ("ступенчатая диффузия").

В отношении каждого отдельного объекта это вполне мыслимо. Однако физическая статистика и термодинамика полностью исключают из области наблюдаемого подобные обращения движения для ансамбля частиц. (Иначе выходит, что гравитационные возмущения сначала, в планетной космогонии, дочиста выметают кометные тела из поясов между планетами-гигантами, в Облако Оорта (а чаще – дальше). А затем, в космогонии кометной, они же "накачивают" кометные тела обратно, в те же пояса...)

Существование поясов кометных тел между орбитами планет-гигантов ("других астероидных поясов") допускали известные специалисты по малым телам Солнеч-

ной системы (например, Дж. Армеллини и Б.Ю. Левин, Д.Я. Мартынов и А. Дельсемм, А.Н. Симоненко и Х. Фернандес, К.И. Чурюмов и братья Стругацкие...). Л. Кресак в конце 70-х гг. получил теоретическое доказательство возможности зон устойчивости движения малых тел между орбитами планет-гигантов, за их зоной, да и в других поясах Солнечной системы.

Кстати, пояс астероидов, несомненно, объект реликтовый по своей природе. В течение всей жизни Солнечной системы он *существует* (!) рядом, казалось бы в "опасной" близости от гиганта из гигантов – Юпитера. Ведь граница пояса астероидов находится на расстоянии немногим более 1 а.е. от его орбиты. Далее, высокая стабильность пояса астероидов подтверждается и тем, что в зависимости от расстояния  $r$  от Солнца разные зоны его содержат астероиды с систематически изменяющимся с  $r$  химико-минералогическим составом. Т.е. астероиды не только имеют возможность просуществовать рождения Солнечной системы и до нашего времени в пределах всего пояса, но даже, почти несомненно, многие из них не покидали куда более узкие зоны этого пояса вблизи орбиты своего рождения.

Далее, "занептунный" пояс малых тел Уиппла-Койпера почти полвека казался чисто гипотети-

ческой конструкцией. (Возможность формирования там крупных "планетезималей" лишь недавно показана В.С. Сафроновым.) Но с открытием в 90-х гг. уже свыше 70 тел (пока наиболее крупных, от 100 до 500 км) он превратился в столь же достоверную реальность, как и пояс астероидов. Именно он может быть источником (путем столкновений кометных тел) *долгопериодических* комет.

Возобладание в начале 50-х гг. представления о полном выбросе "не использованных" кометных тел из зоны планет-гигантов создало колоссальные трудности в проблеме происхождения короткопериодических комет. Это надолго продлило существование как катастрофических (типа эруптивной), так и "захватно-диффузионных", тоже уязвимых гипотез.

Между тем, достаточно было устранить из основ кометной космогонии "ложное знание" о "полном выбросе", как основные трудности объяснения периодических комет рассеялись подобно дыму... И обрисовалась совсем другая, простая и естественная картина происхождения их.

Все чудовищные трудности "захватных", "эруптивных" и аналогичных гипотез отпадают вместе с самими этими гипотезами. Вместе с тем выявляются их рациональные зерна, например, концепции Облака Оорта (см.

выше). У ряда гипотез, объяснявших *короткопериодические* кометы, можно отметить правильную *исходную* идею "рождения" этих комет "здесь и сейчас" – в Солнечной системе, в ее планетной зоне (в области планет-гигантов), – и ныне, а не невесть где и когда в Галактике...

В прекрасно разработанной "теории диффузии" (ван Верком, школа К.А. Штейнса, Е.И. Казимирчак-Полонская и др.) создан превосходный аппарат, видимо, применимый и в нашей картине эволюции галактического "диффузионного роя" кометных тел-диссипантов из Солнечной системы.

Вспомним и гипотезу С.В. Орлова: короткопериодические кометы он "делал" ударами крупных "метеоритов" по астероидам. Увы, в них почти нет летучих, *необходимость* чего в кометах создавали Ньютон и Галлей, Эпинус и Лаплас, Бессель и Всехсвятский, Уиппл и Левин... Но в этой гипотезе достаточно было вместо известного астероидного пояса представить "другие астероидные пояса" (см. выше), как мы сразу пришли бы... почти к разбиваемым здесь представлениям! Однако в те времена о "других поясах" еще не очень задумывались... А "...в наше время уже почти никто не сомневается в существовании нескольких колец астероидов или "резервуаров кометных ядер"», – констатировал В.В. Радзиевский, цитируя мою с

соавторами работу еще 1990 г.

Заметим, что и собственная гипотеза Радзиевского о происхождении долгопериодических комет *именно там, где потом обнаружили пояс Уиппла-Койпера, в этом аспекте вполне справедлива, с нашей точки зрения.*

#### НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ НОВОЙ ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ КОМЕТ

1) Почему мы не видим "чужие" (с эксцентриситетом  $e \geq 1$ ) кометы?

Ввиду больших, сравнительно с межзвездными расстояниями, размеров диффузионных роев, видимо, всюду в рое количество "чужих" кометных тел может быть *много больше*, чем своих. Почему мы не видим их?

Ответ прост. Поскольку чужие кометные тела вместе с их звездами имеют относительно Солнца скорости  $V$  в десятки ( $\approx 20$ ) км/с, а свои, судя по энергии  $h$  входящих гиперболических комет,  $v \approx 0,1$  км/с, то чужие почти не испытывают гравитационной фокусировки к Солнцу. Свои же в полной мере подвержены ей. Это может значительно увеличить их относительную концентрацию *вблизи* Солнца, в зоне проявления самого кометного феномена. Согласно В.В. Радзиевскому и М.М. Дагаеву (1969), рост концентрации  $\nu$  ансамбля гиперболических объектов (со скоростью  $V$  "на бесконечности"), на расстоянии  $R$  от Солнца

дается выражением

$$\nu(R, V) = (1 + 2GM/RV^2)^{1/2}$$

где  $G$  – постоянная тяготения,  $M$  – масса Солнца. Для "чужих" комет  $v \approx 1$ , для "своих" в "кометной зоне" (от  $R_\infty$  до  $\approx 5$  а.е. от Солнца)  $v = 100-200$ .

Для значений  $V < 0,1$  км/с  $\nu$  будет больше, а при  $V \rightarrow 0$  вообще  $\nu \rightarrow \infty$ . Так что с учетом "параболических" (а тем более эллиптических, но почти параболических) объектов своего роя относительная концентрация "своих" может оказаться даже *много* больше нижней (100-200) грани ее. Поэтому, вероятно, мы и не видели пока комет чужих роев.

2) *Наблюдаемы ли объекты в поясах между планетами-гигантами?*

Поскольку все наблюдаемые кометы являются в конечном счете выходцами из *нашего* же планетезимального диска, то по размерам  $d$  их ядер можно судить о величине кометных тел в *реликтовых поясах*. Согласно новейшей оценке К.И. Чурюмова (1996),  $d = 1-3$  км.

Далее, отражательная способность (альbedo,  $A$ ) кометного тела в реликтовом поясе, видимо, близка к альbedo комет (хотя у последних темная пылевая "кора" неизбежно частично разрушена). Примем альbedo кометного тела в поясе равным  $A$  у кометы Галлея ( $\approx 0,04$ ). Тогда у кометного тела в середине пояса Юпитер-Сатурн (в оппозиции) найдем блеск 23-24<sup>m</sup>. Такое

тело вполне *наблюдаемо!* Дело за желающими сделать открытие...

Видимо, объекты этого пояса уже зафиксированы в наблюдениях, проводившихся с другими целями. Так бывало в астрономии всегда, от непонятого Галилеем факта наблюдения им Нептуна (!) до десятилетиями принимавшихся за переменные звезды квазаров.

3) Почему парадоксально малы скорости "возвращенцев" в Солнечную систему из диффузионного роя реликтовых кометных тел?

Хорошо известно, что дисперсия скоростей гиперболических комет, *входящих* в Солнечную систему, примерно в 6 раз меньше, чем у *уходящих*. Это очень странно. Ведь "в Галактике" от звездных и других возмущений разброс скоростей диссипантов (да и сами эти скорости) должен бы в среднем увеличиваться?!

Объяснение этого парадокса – в механизме формирования диффузионного роя кометных тел как источника аperiодических комет. Чем меньше полная энергия диссипанта, тем легче его "сбить с пути" гравитационными возмущениями от звезд, гигантских молекулярных облаков и т.д. Значит, тем быстрее на пути от Солнца диссипант "забудет" как величину, так и направление скорости  $v$  его выброса. И обратно! Т.е. *ближе* к Солнцу перейдут на хаотические броуновские траектории диссипанты с

меньшей энергией, скоростью, дисперсией скоростей. А именно у них выше возможность вернуться к Солнцу (в виде "почти параболической" кометы). "Энергичные" диссипанты уйдут дальше, и вернуться к Солнцу им труднее.

Независимо от этого, по эффекту Радзиевского, квазигуковская сила "отражает" диссипант "из Галактики" обратно к Солнцу опять-таки тем с меньшего расстояния, чем меньше его энергия. Значит, частота возвратов к Солнцу у объектов с меньшей  $h$  будет больше. Это тоже ведет к понижению наблюдаемой энергии и дисперсии скоростей у возвращающихся диссипантов в сравнении с уходящими из Солнечной системы.

4) Чем обусловлены открытые спутником ИРАС две симметричные эклиптические полосы инфракрасного излучения пыли?

Столкновения тел в поясе астероидов и реликтовых поясах между планетами-гигантами (и далее, в поясе Уиппла-Койпера) порождают пылевой диск в планетной зоне Солнечной системы. Вдоль орбит планет-гигантов он пронизан практически пустыми тороидальными "туннелями сильных возмущений" с радиусом сечения порядка 1 а.е. (судя по радиусу "зоны избегания" орбит астероидов близ Юпитера). Со спутника ИРАС наблюдалась, из-за падения температуры пыли с расстоянием от Солнца, только внутренняя часть пылевого

диска, в основном не далее зоны Юпитера. Но здесь прилежащая к эклиптической зоне пыли "выедена" туннелем неустойчивости этой планеты. То есть наблюдаемая оказалась в этой области в основном пыль "над" и "под" этим "туннелем". Отсюда две параллельные эклиптические полосы излучения пыли, открытые ИРАС (в  $8-9^\circ$  от эклиптики), вызвавшие массу недоумений. А эклиптическая полоса излучения обусловлена пылью, расположенной ближе Юпитера (пояс астероидов).

ИТОГИ. ОСНОВНЫЕ ИДЕИ НОВОЙ ГИПОТЕЗЫ О ПРОИСХОЖДЕНИИ КОМЕТ

Итак, имеющейся информации о кометах, видимо, уже достаточно для решения (начерно) вопроса о происхождении комет. Решающие предпосылки для этого дала еще полвека назад шмидтовская планетная космогония. Массированный выброс объектов из зоны роста планет-гигантов гравитационными возмущениями от них "в Галактику", при очень малой энергии диссипантов, привел к формированию в галактической окрестности Солнца медленно растущего диффузионного роя реликтовых кометных тел. Радиус этого роя существенно больше среднего межзвездного расстояния, но явно  $< 100$  св. лет. Рой этот является источником аperiодических комет. Он весьма сходен с межзвездным кометным облаком Лап-

ласа, а особенно – со связанным с Солнечной системой генетически кометным "роем Скиапарелли".

Оставшиеся в планетной зоне (в поясах между планетами-гигантами и в поясе Уиппла-Койпера) реликтовые планетезимали (кометные тела) – это другая, динамически стабильная подсистема реликтового резервуара кометных тел Солнечной системы. Из нее являются периодические кометы. Обычно это инициируется соударением кометных тел в реликтовом поясе, что в той или иной мере разрушает выросшую за историю данного тела тугоплавкую и теплоизолирующую "кору", "омолаживая" объект и анимируя его как потенциальную комету. Соударение также может привести к возмущению орбиты кометного тела, обусловив сначала пересечение новой орбитой одной из зон сильных возмущений ("торов неустойчивости") около орбит планет-гигантов). После этого кометное тело оказывается (необратимо) на "хаотической" орбите с очевидными вариантами его возможной дальнейшей динамической и физической эволюции (в частности, с возможностью кометных фаз, при попадании перигелия  $q$  в "кометную" зону близ Солнца).

В заключение хочу отметить, что соавторы развернутой в статье идеи И.Л. Генкин и В.М. Чепурова, разумеется, не не-

сут никакой ответственности за неоптимальность формы, неизбежный субъективизм и воз-

можные неудачи и огрехи моего изложения наших общих результатов и за некоторые авторские

экскурсы за пределы совместно полученных выводов.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Школьный астрономический календарь

Вышел в свет "Школьный астрономический календарь на 1998–1999 учебный год." Это – 49-е издание. Составитель М.Ю. Шевченко. Издательский дом "Дрофа". Тираж – 20000 экз.

Первое, что обращает внимание читателя, – красочно выполненная обложка, великолепный коллаж на астрономические темы. Но и содержание книги не отстает по качеству.

Календарь состоит из 4-х разделов: "Календарь наблюдателя", "Справочник наблюдателя", "Памятные даты" и "Приложения".

"Календарь наблюдателя" разделен на части по месяцам (сентябрь 1998 – август 1999). В каждой дано краткое описание звездного неба, сопровождаемое рисунком созвездий в полночь на дату середины месяца. Указаны наиболее интересные объекты: двойные и переменные звезды, яркие звездные скопления, туманности и галактики, расположение которых особенно благоприятно для наблюдений в текущем месяце, а также информация о видимости Луны и планет. Далее перечислены в хронологическом порядке астрономические явления текущего месяца. Помимо стандартных для наших астрономических календарей сведений (конфигурации Луны и планет, фазы Луны и т.п.), в списке есть даже даты максимальных либраций Луны с соответствующими рисунками.



В "Справочнике наблюдателя" помещена подробная информация о светилах и небесных явлениях, расположенная по тематическому признаку. Раздел начинается с Луны, затем идут сведения о планетах. Перечислены события видимого движения планет, приведены карты звездного неба с указанием траекторий планет, даются таблицы эфемерид, условий видимости. Для внешних планет указаны моменты их восходов и заходов (для широты 56°). Есть также таблица гелиоцентрических координат планет. Следовало бы также поместить таблицу эфемерид Солнца с моментами его восходов и заходов.

Приведены списки двойных и переменных звезд, доступных для наблюдений в небольшой телескоп. Для некоторых переменных дана более подробная информация: даты максимумов блеска и карты-схемы окрестностей. Такие же карты приведены для значительного числа звездных скоплений, рассеянных и шаровых, галактических туманностей и ярких галактик. Для этих объектов приво-

дятся репродукции, удивительно четкие и выразительные, несмотря на небольшой формат. Заканчивается раздел информацией о затмениях. К сожалению, полоса видимости полного солнечного затмения 11 августа 1999 г. пройдет вне территории России. Все же на Северном Кавказе фаза затмения превысит 0,85, в Москве – 0,6. Эта информация тоже взята из "Школьного астрономического календаря", где приведены обстоятельства затмения для многих городов России.

В разделе "Памятные даты" рассказано о наиболее важных и интересных юбилейных событиях в истории астрономии текущего учебного года. Таких оказалось 60 (из них 19 юбилеев известных астрономов). Вот самые значительные: 70 лет закону Хаббла, 250 лет со дня рождения Пьера Симона Лапласа, 40 лет "Луне-1", 30 лет первой высадке человека на Луну.

В "Приложениях" читатель найдет подвижную карту звездного неба с описанием, словарь астрономических терминов, встречающихся в тексте календаря, список рекомендованной для чтения литературы. Очень интересны и необычны помещенные в издании задачи первой Открытой российской заочной школьной астрономической олимпиады, решение которых требует, в первую очередь, сообразительности и воображения.

"Школьный астрономический календарь" на протяжении всего учебного года будет хорошим помощником в подготовке и проведении астрономических наблюдений не только для школьников 7-11 классов, как это указано на титульной странице, но и для взрослых любителей астрономии.

## НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: март – апрель 1999 г.

### ЯВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ СОЛНЦЕ – ЗЕМЛЯ

Весеннее равноденствие      Март 21,  
1<sup>ч</sup>45.8<sup>м</sup>

### ПЕРИГЕЙ И АПОГЕЙ ЛУНЫ И РАССТОЯНИЯ ДО ЛУНЫ

апогей	перигей	апогей	перигей
Март 8, 5,2 <sup>ч</sup> 404751 км	Март 20, 0,2 <sup>ч</sup> 363267 км	Апрель 4, 22,9 <sup>ч</sup> 405594 км	Апрель 17, 5,4 <sup>ч</sup> 358894 км

### ФАЗЫ ЛУНЫ

полно- луние	после- дня четверть	новолу- ние	первая четверть
Март 2, 6 <sup>ч</sup> 58 <sup>м</sup> Март 31, 22 <sup>ч</sup> 49 <sup>м</sup> Апрель 30, 14 <sup>ч</sup> 55 <sup>м</sup>	Март 10, 8 <sup>ч</sup> 40 <sup>м</sup> Апрель 9, 2 <sup>ч</sup> 51 <sup>м</sup>	Март 17, 18 <sup>ч</sup> 48 <sup>м</sup> Апрель 16, 4 <sup>ч</sup> 22 <sup>м</sup>	Март 24, 10 <sup>ч</sup> 18 <sup>м</sup> Апрель 22, 19 <sup>ч</sup> 02 <sup>м</sup>

### ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНЕТАХ

Меркурий:	наибольшая восточная элонгация (18°) Март 3, 12.9 <sup>ч</sup> стояние Март 9, 21.4 <sup>ч</sup> нижнее соединение Март 19, 19.2 <sup>ч</sup> стояние Апрель 1, 5.7 <sup>ч</sup> наибольшая западная элонгация (28°) Апрель 16, 15.9 <sup>ч</sup>
Мартс:	стояние Март 18, 9.7 <sup>ч</sup> противостояние Апрель 24, 17.6 <sup>ч</sup>
Юпитер:	соединение Апрель 1, 6.2 <sup>ч</sup>
Сатурн:	соединение Апрель 27, 11.1 <sup>ч</sup>
Соединения планет:	Март 20, 21.4 <sup>ч</sup> Венера 0,1°N с Юпитером

### СОЕДИНЕНИЯ ПЛАНЕТ С ЛУНОЙ

Март	7, 2.4 <sup>ч</sup>	Мартс 3°S.	Март 13, 22.8 <sup>ч</sup>	Нептун 1°S.	Март 14, 19.7 <sup>ч</sup>	Уран 1°S.
Март	20, 1.4 <sup>ч</sup>	Венера 1°N.	Март 20, 2.9 <sup>ч</sup>	Сатурн 3°N.	Апрель 3, 8.1 <sup>ч</sup>	Мартс 3°S.
Апрель	10, 8.8 <sup>ч</sup>	Нептун 1°S.	Апрель 11, 7.1 <sup>ч</sup>	Уран 1°S.	Апрель 14, 4.1 <sup>ч</sup>	Меркурий 1°N.
Апрель	18, 20.7 <sup>ч</sup>	Венера 7°N.	Апрель 19, 20.9 <sup>ч</sup>	Мартс 4°S.		



## ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск
<b>МЕРКУРИЙ</b>					
Март	5	0 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 43.7 <sup>s</sup>	+2°36'43"	7.6"	-0.1 <sup>m</sup>
	15	0 03 44.5	+4 18 05	10.2	-
	25	23 34 50.1	-0 05 47	11.1	-
Апрель	4	23 27 04.1	-3 40 28	9.8	1.2
	14	23 49 24.8	-3 16 38	8.2	0.5
	24	0 30 29.6	+0 17 44	6.9	0.1
<b>ВЕНЕРА</b>					
Март	5	0 51 16.4	4 50 12	12.0	-4.0
	15	1 36 05.4	9 52 18	12.5	-4.0
	25	2 21 46.4	14 32 10	13.0	-4.0
Апрель	4	3 08 42.9	18 37 36	13.7	-4.0
	14	3 57 04.4	21 57 08	14.5	-4.0
	24	4 46 37.6	24 20 41	15.4	-4.1
<b>МАРС</b>					
Март	5	14 37 37.3	-13 05 08	10.8	-0.3
	15	14 41 28.0	-13 24 33	11.9	-0.5
	25	14 40 40.1	-13 25 30	13.1	-0.8
Апрель	4	14 34 51.1	-13 07 22	14.3	-1.1
	14	14 24 16.7	-12 30 59	15.4	-1.4
	24	14 10 20.0	-11 41 08	16.0	-1.7
<b>ЮПИТЕР</b>					
Март	5	0 18 24.5	0 47 36	33.6	-2.1
	15	0 27 06.7	1 44 25	33.3	-2.1
	25	0 35 57.6	2 41 36	33.2	-2.1
Апрель	4	0 44 52.4	3 38 31	33.1	-2.1
	14	0 53 47.4	4 34 40	33.2	-2.0
	24	1 02 38.2	5 29 28	33.4	-2.1
<b>САТУРН</b>					
Март	5	1 56 22.1	9 28 28	16.8	0.3
	15	2 00 21.2	9 52 03	16.6	0.3
	25	2 04 40.4	10 16 49	16.4	0.3
Апрель	4	2 09 15.0	10 42 17	16.3	0.2
	14	2 14 00.8	11 08 00	16.3	0.2
	24	2 18 53.8	11 33 35	16.2	0.1
<b>УРАН</b>					
Март	5	21 08 39.4	-17 05 14	3.3	5.9
	15	21 10 41.0	-16 56 34	3.4	5.9
	25	21 12 31.2	-16 48 41	3.4	5.9
Апрель	4	21 14 07.7	-16 41 49	3.4	5.9
	14	21 15 28.7	-16 36 05	3.4	5.8
	24	21 16 32.4	-16 31 39	3.4	5.8

### УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

**МЕРКУРИЙ:** можно видеть после захода Солнца в первой половине марта. Созвездие Рыб.

**ВЕНЕРА:** хорошая вечерняя видимость, продолжительность ее появления увеличивается. Созвездия Рыб, Овна, Тельца.

**МАРС:** хорошая видимость, в начале марта со второй половины ночи, а в конце апреля виден всю ночь. Созвездия Весов и Девы.

**ЮПИТЕР:** конец вечерней видимости в первой половине марта. Созвездие Рыб.

**САТУРН:** вечерняя видимость, постепенно сокращается. Прекращается со второй половины апреля. Созвездие Льва.

**УРАН и НЕПТУН:** короткая утренняя видимость. Созвездие Козерога.

## НЕПТУН

Март	5	20 22 15.6	-19 07 37	2.2	8.0
	15	20 23 26.9	-19 03 39	2.2	8.0
	25	20 24 28.0	-19 00 12	2.2	8.0
Апрель	4	20 25 17.8	-18 57 22	2.2	7.9
	14	20 25 55.3	-18 55 14	2.2	7.9
	24	20 26 19.6	-18 53 51	2.3	7.9

### Восход Солнца и планет с утренней видимостью на широте 56°

Дата	Солнце	Марс	Уран	Нептун
Март 5	6 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup>	23 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	6 02	5 31
15	6 17	22 31	5 24	4 52
25	5 50	21 52	4 45	4 14
Апрель 4	5 24	21 04	4 07	3 35
14	4 58	20 11	3 28	2 56
24	4 34	19 06	2 49	2 17

### Заход Солнца и планет с вечерней видимостью на широте 56°

Дата	Солнце	Меркурий	Венера	Юпитер	Сатурн
Март 5	17 42	19 35	20 38	19 36	22 06
15	18 02	18 59	21 15	19 11	21 33
25	18 23	17 24	21 52	18 46	21 01
Апрель 4	18 43	-	22 30	18 21	20 28
14	19 04	-	23 06	-	19 57
24	19 24	-	23 38	-	19 25

*Примечание:* В таблицах указано местное время. Чтобы определить время захода (восхода) по Вашим часам, прибавьте к моменту, указанному в таблице, разницу между временем Вашего часового пояса и всемирным временем UT и вычтите долготу пункта наблюдений.

## МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	даты видимости	$\alpha$ радиант	$\delta$	созвездие	V км/с	Часовое число
Боотиды	март	14 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup>	10°	Волопас		5
Виргиниды	март 12–22	12 48	12	Дева	30	4
Виргиниды-I	март 26 – апр. 7	12 56	-7	Дева	30	10
$\alpha$ -Виргиниды	апрель	14 00	-10	Дева	29	7
Геркулиды-I	апрель 9–23	18 12	17	Геркулес	60	5
Вульпекулиды	апрель 14–23	21 08	30	Лисичка	60	5
Аквилиды	апрель 19–23	19 00	6	Водолей		5
Сагиттиды-I	апрель 19–23	20 48	22	Стрела	35	6
Лириды	апрель 18–24	18 00	34	Лира	56	20

В.А. ЮРЕВИЧ

## Информация

### Рост концентрации "парниковых" газов

Более пяти лет японское метеорологическое агентство совместно с авиакомпанией "JAL" и Министерством транспорта Япо-

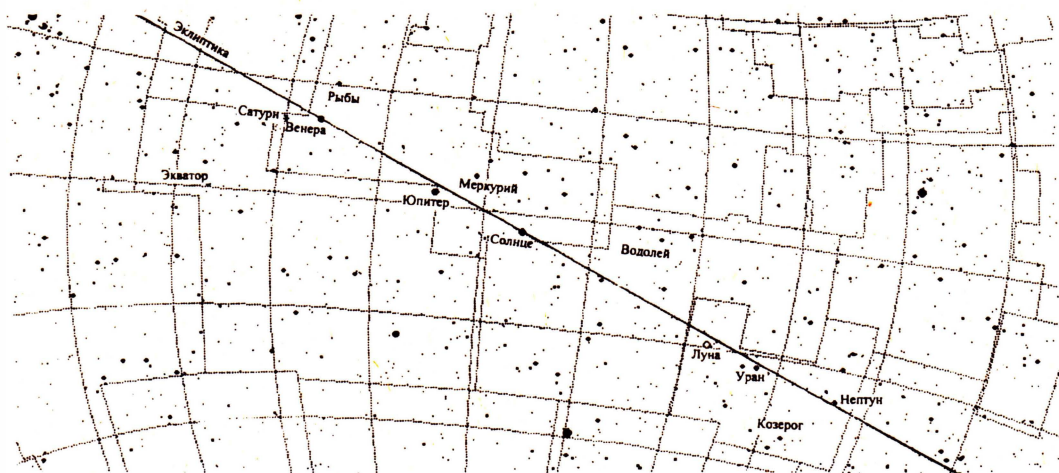
нии вели наблюдения за химическим составом атмосферы над Тихим океаном. В лабораториях Института метеорологических исследований Японии регулярно исследуются пробы воздуха, которые берутся во время рейсов пассажирских самолетов из Японии в Австралию на высотах 10-13 км.

В основном измеряется концентрация парниковых газов – CO<sub>2</sub> (углекислота) и CH<sub>4</sub> (метан).

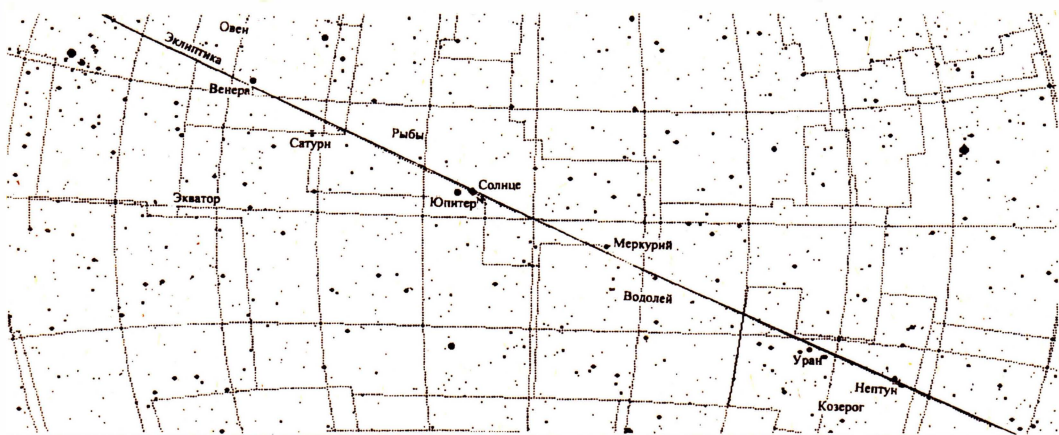
Их содержание в верхней тропосфере почти не отличалось от приземного – 354-362 частиц на 1 млн. В Северном полушарии концентрации более высокие, чем в Южном. Однако они от года к году повсеместно возрастали примерно на 1,4 частиц на 1 млн.

Максимальные и минимальные показатели наблюдались в Северном полушарии весной и осенью.

World Climate New, 1998, 13



Солнце, Луна и планеты Сатурн, Венера, Юпитер, Меркурий, Уран и Нептун на эклиптике 15 марта 1999 г.



Солнце и планеты Венера, Сатурн, Юпитер, Меркурий, Уран и Нептун на эклиптике 30 марта 1999 г.

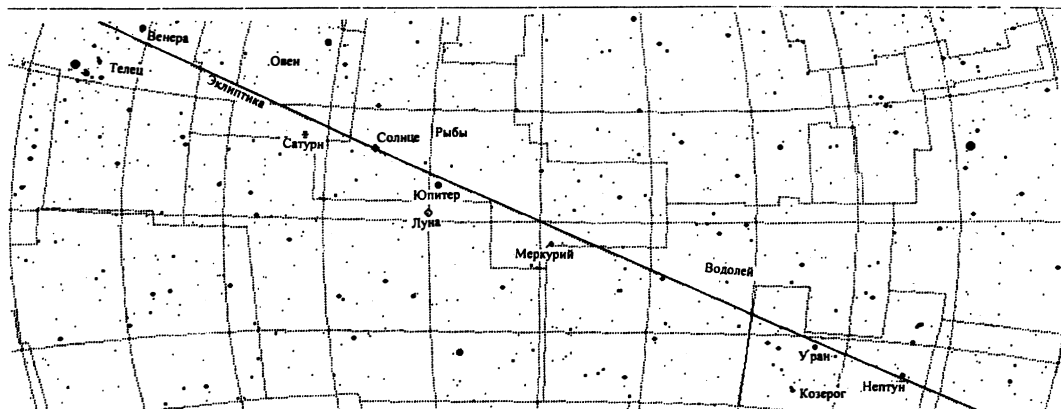
## Информация

### Две недели работы Очень Большого Телескопа

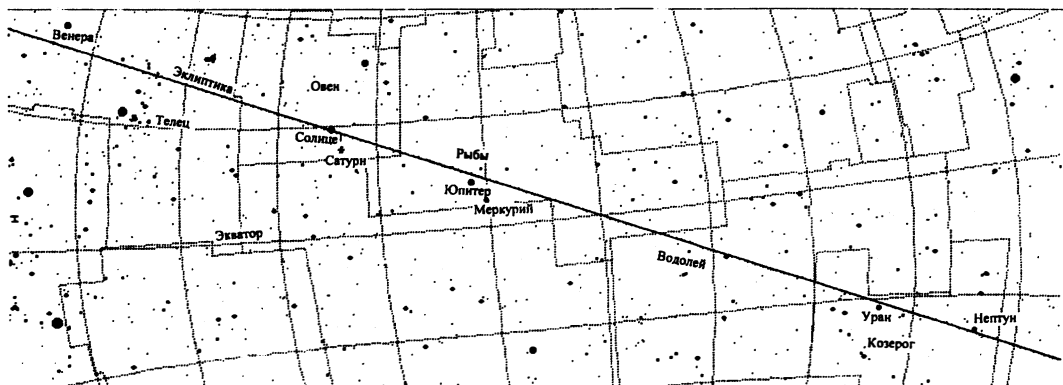
В ходе пуско-наладочных работ на первом 8,2-метровом зеркале

Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории проведен двухнедельный сеанс интенсивных астрономических наблюдений. Для этого было убрано плоское вращающееся зеркало, направлявшее свет в фокус Несмита, и в кассегрендовском фокусе установлена испытательная камера, уже работавшая для "Первого света" Телескопа.

В течение двух недель пригодными для наблюдений могли оказаться 154 часа. Из них 95 часов (62%) пошли непосредственно на наблюдения (включая калибровку), 15 часов потрачено на небольшие технические проблемы, 44 часа были потеряны по метеоусловиям (облака или ветер более 15 м/с).



*Солнце, Луна и планеты Венера, Сатурн, Юпитер, Меркурий, Уран и Нептун на эклиптике 15 апреля 1999 г.*



*Солнце и планеты Венера, Сатурн, Юпитер, Меркурий, Уран и Нептун на эклиптике 30 апреля 1999 г.*

В целом погода на Паранале в этот период была хуже, чем средняя за прошлые годы в те же даты (с 17 августа по 1 сентября). Тем не менее качество изображений оказалось очень хорошим благодаря "активной стабилизации поля": вторичное бериллиевое зеркало способно двигаться (10–70 раз в секунду), компенсируя дрожание звезд.

В сеансе получены изображения многих небесных объектов. Сравнение снимков, полученных на ОБТ и космическом телескопе им. Хаббла, показало, что оба прибора способны запечатлеть одинаково слабые объекты. КТХ имеет лучшее угловое разрешение, зато зеркало ОБТ собирает свет с поверхности, в 11 раз большей, чем КТХ. Это позволяет получать

комбинированные снимки суммированием изображений, полученных на ОБТ, и с помощью инфракрасной камеры КТХ (см. снимок на обложке этого номера журнала).

ESO Press Release 13/98  
15 September 1998

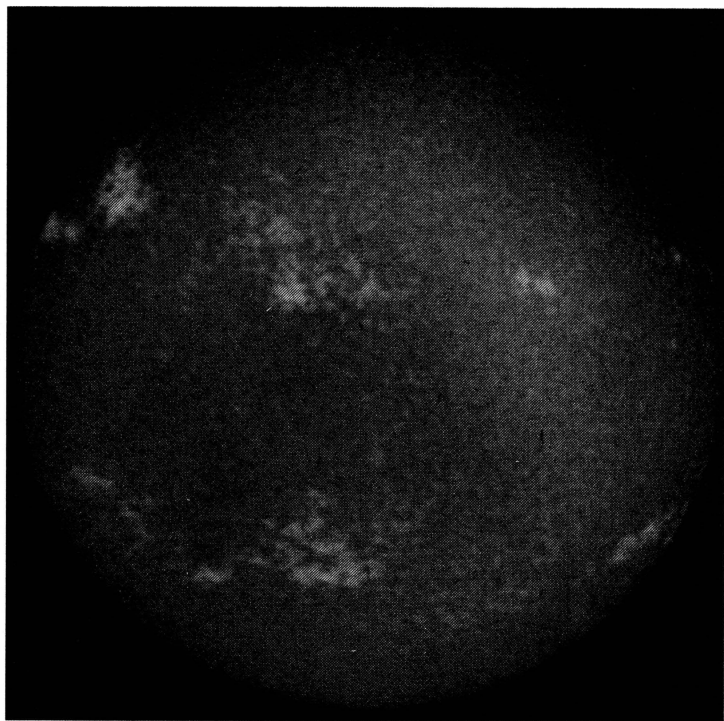
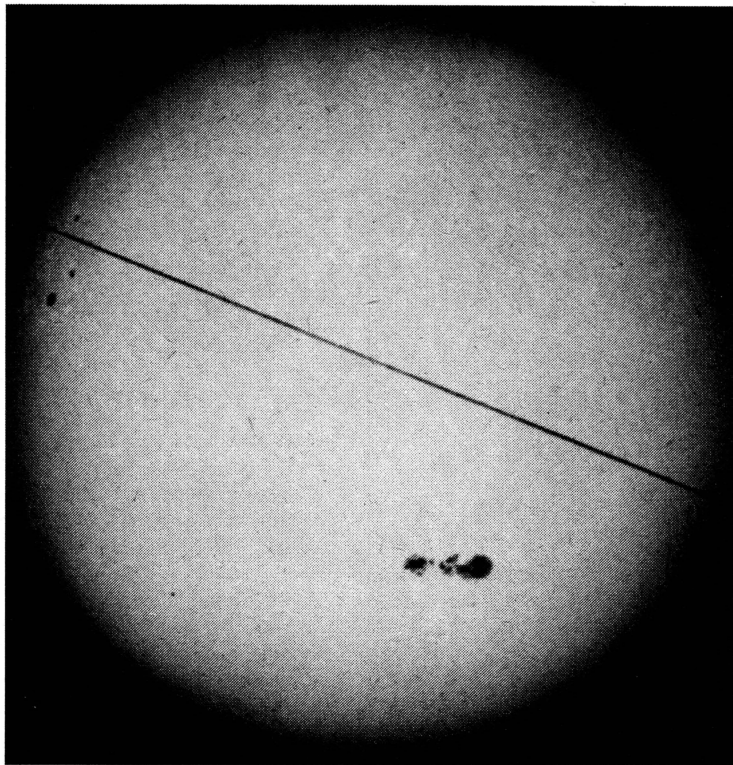
**Солнце  
в августе—сентябре 1998 г.**

*Фотосфера Солнца 5 сентября 1998 г. Комплекс активных областей расположен на северо-востоке диска (слева вверху)*

В начале августа активность Солнца была сравнительно низкой: 4–5 небольших групп пятен. Однако это было “затишье перед бурей”. К концу первой декады в южном полушарии сформировалась большая группа пятен. Несколько позже в северном полушарии из-за восточного лимба вышли крупные пятна, доминировавшие на диске в середине августа.

19 августа на северо-восточном участке лимба появилась еще одна группа пятен, в которой к востоку от небольшого головного пятна развилось мощное многоядерное пятно со сложной полутенью. Вспышечная активность в этой группе спровоцировала мощную магнитную бурю, продолжавшуюся более двух суток. Вообще, уровень магнитных возмущений в августе оказался достаточно высоким: четыре магнитные бури, из которых две, 6 и 26 августа, квалифицируются как большие.

В конце августа развилась еще одна динамичная группа пятен в северном полушарии, а еще одна развитая группа вышла из-за лимба в южном полушарии. Помимо них в начале сентября в северном полушарии наблюдался конгломерат из небольших активных областей, расположенных на одной дол-



*Солнце в линии ионизованного кальция. Слева вверху виден яркий флоккул. Здесь активная зона, давшая магнитную бурю 26 августа*

*Снимки Е.М. Голубевой, Байкальская астрофизическая обсерватория ИСФЗ СО РАН*

годе. Здесь сформировался комплекс активности – долгоживущее крупномасштабное образование, объединяющее несколько активных областей. Во время его прохождения по диску число групп достигло семи, а число Вольфа W приблизилось к 120.

Упомянутая ранее северная

группа пятен вновь вышла на видимую поверхность Солнца в 20-х числах сентября и тоже образовала комплекс активности вместе с другими небольшими группами, располагавшимися поблизости. Здесь произошла вспышка 23 сентября, вызвавшая на Земле мощнейшую магнитную бурю с резким началом.

Итак, рассматриваемый период оказался весьма активным. Кривая среднемесячных чисел Вольфа продолжает расти: в августе – 85, в сентябре превысила 95.

*С.А. ЯЗЕВ,  
кандидат физико-математических наук*

## Информация

### Красные планетезимали Солнечной системы

Существование семейства транснептуновых объектов, возникших на ранней стадии образования Солнечной системы, было предсказано К. Эджвортом в 1949 г. и Дж. Койпером в 1951 г. Первый объект этого пояса, названного по имени Койпера, обнаружили только через 40 лет – в 1992 г. Сейчас известно более 50 объектов. Все они – довольно крупные тела, диаметром 200–500 км, некоторые проявляют признаки кометной активности.

До сих пор астрономы ограничивались их фиксацией, определением координат и вычислением орбит. Выяснилось, что почти 40% из них, как и Плутон, имеют орбиты в резонансе 3 : 2 с орбитой Нептуна, т.е. их период обращения примерно равен периоду Плутона – около 240 лет. Для таких предложено название “плутино”.

Детальные астрофизические исследования объектов пояса Койпера – задача, доступная лишь крупным телескопам. Фотомет-

рия и колориметрия их, а также позиционные измерения, были проведены Ю.Н. Гнединым, К.Л. Масленниковым и О.П. Быковым в июле 1996 г. с помощью Большого Азимутального телескопа (БТА) Специальной астрофизической обсерватории (САО) РАН в Зеленчуке. Сообщение о работе сделано на IV съезде АстрО в ноябре 1997 г.

Наблюдалась объект 1993 SC, 1993 SB, 1993 RO. Приемником излучения была ПЗС-матрица, наблюдения проведены в синем, желто-зеленом, красном и ближнем инфракрасном диапазоне. Звездные величины в красном цвете составили соответственно 22,3<sup>m</sup>, 23,1<sup>m</sup> и 23,9<sup>m</sup>. Два первых объекта оказались существенно ярче в красном свете, чем в синем (там 23,9<sup>m</sup> и 25,6<sup>m</sup>). Снимки третьего, самого слабого объекта, получены только в желто-зеленом и красном свете, здесь их звездные величины совпали.

По счастливой случайности в одну из ночей наблюдений объекта 1993 SC в поле зрения попал слабый ( $\approx 20^m$ ) астероид Главного пояса, расположенного между орбитами Марса и Юпитера. Сравнение его цвета с цветом планетезималей пояса Койпера также подтвердило покраснение цвета последних.

Объект 1993 SC ранее был изучен с помощью 10-метрового теле-

скопа им. Кека (Гавайи, США). Сделан вывод, что на его поверхности находятся замерзшие углеводороды (Земля и Вселенная, 1998, № 2, с. 96).

Предполагается, что два последних спутника Урана – бывшие объекты пояса Койпера, захваченные когда-то Ураном. У них тоже избыток красного цвета.

Шесть объектов пояса Койпера изучены астрономами университета им. Вандербиля (США) под руководством Д. Вайнтрауба. Два из них, № 5145 Фолус и 1995 GO, оказались наиболее красными из всех астероидов Солнечной системы, для которых проведена колориметрия.

В июне 1997 г. результаты были доложены на конференции Американского астрономического общества. Д. Вайнтрауб не ограничился констатацией факта, но предложил объяснение, согласно которому данные небесные тела покрыты слоем органического вещества, насыщенного углеродом и азотом. Поскольку эти тела оставались почти без изменений со времен образования Солнечной системы, можно предполагать, что органические вещества существовали уже в протопланетном облаке.

Труды IV съезда АстрО. М.: 1998. с. 300–305.  
New Scientist, 1997, 154, 2068, 17.

## **Звездный дом на Воробьевых горах**

(к 35-летию отдела астрономии и космонавтики  
Московского городского Дворца творчества  
детей и юношества)

Б.Г. ПШЕНИЧНЕР

Отдел астрономии и космонавтики при Московском городском Дворце пионеров и школьников (так он назывался до начала 90-х гг.) был основан одновременно с открытием самого Дворца в 1962 г. Отдел 35 лет назад – это четыре штатных сотрудника, астрономический кабинет с несколькими кружками, обсерватория и планетарий. Отдел сегодня – 10 лабораторий и кабинетов, осна-

щенных специальным оборудованием и техническими средствами обучения, в которых работает несколько десятков сотрудников и занимается более 600 молодых людей в возрасте от 6 до 18 лет. Имеется загородная обсерватория с жилым домом для наблюдателей и телескопом “Цейсс-600”. На базе отдела создан физико-математический факультет лицея “Воробьевы горы”.

### ПЕРВЫЕ ГОДЫ

Отдел создавался при методической и материальной помощи Московского планетария, от которого получил аппарат Планетарий и пятидюймовый цейссовский телескоп. Его сотрудники консультировали проектирование и строительство планетария и обсерватории Дворца. С самого начала отдел сотрудничает и с ГАИШ, откуда были получены некоторые астрономические приборы и пособия.

Первыми сотрудниками отдела стали выпускники кружков Московского планетария Р.Л. Хотинков и Г.Т. Залюбовина. 1 сентября 1962 г. из Московского планетария сюда перешел и автор, который с тех пор заведует от-

делом астрономии и космонавтики. Тогда же кружками стали руководить молодые сотрудники ГАИШ К.В. Куимов и А.В. Засов, ныне известные астрономы, до сих пор сотрудничающие с нами.

Значительную роль в становлении астрономии во Дворце играли ребята. С первых дней существовал совет самоуправления – “Астросовет”. Ребята выпускали газету “Скорпион”, в которой отражались все стороны жизни коллектива. Важную функцию выполняли общественные директора обсерватории.

Становление “малой” космонавтики происходило сложнее. Обычно клубы юных космонавтов были лишь несколько видоизмененными клубами юных

лётчиков. Мы же хотели создать клуб будущих исследователей космоса. С этим связано и название объединения – **Клуб космонавтики**, а не Клуб юных космонавтов. Создателем и руководителем Клуба стал С.П. Яценко. Среди первых преподавателей были Т.Л. Волковицкая – руководитель Отдела космонавтики Политехнического музея, Р.П. Ширшов – сотрудник Института прикладной геофизики, Л.С. Хачатурьянц – сотрудник Института авиационной и космической медицины, энтузиасты ракетомоделизма Артем Задикян и Игорь Морозов. Большую поддержку Клубу оказывал его почетный президент космонавт-3 А.Г. Николаев. Он приезжал во Дворец, встречался с ребятами в Звездном городке. Его подпись стояла на свидетельствах об окончании Клуба.

Уже в первые годы старшие школьники могли заниматься в специализированных секциях: **физики космоса, космической биологии и медицины, ракетно-конструкторской, приборостроения**, а также в **отряде юных лётчиков**.

Ребята из секции физики космоса познакомились с физикой атмосферы Земли и планет, с космическими методами их исследования. Вместе с юными астрономами члены клуба оставались на ночные наблюдения, выезжали в экспедиции.

В первый же год под руководством Л.С. Хачатурьянца и В.А. Зыковой удалось начать исследовательскую работу по **психофизиологии**. Это были, в основном, серии фоновых биологических и медико-психологических экспериментов, в которых в качестве испытуемых участвовали члены клуба. Проводились исследования и с подопытными животными – крысами и мышами. Позднее, в 1987 г., во Дворце был проведен конкурс на лучший проект бортового космического эксперимента. Три проекта, предложенные и подготовленные кружковцами Дворца, были отобраны жюри и реализованы на борту биоспутника-8. Это – большой успех воспитанников Дворца, об этом были публикации в отечественной и мировой печати.

В 1965 г. была создана первая в стране **лаборатория астрофизики** для школьников. Она выросла из секции физики космоса Клуба космонавтики. Основными направлениями исследований стали инфракрасная планетная астрономия, физика атмосферы, изучение широких атмосферных ливней космических лучей. Оборудование по тому времени было современное: отечественный и цейссовский монохроматоры, спектрограф ИСП-51, микрофотометр.

Интересной была серия работ по моделированию и исследованию фотометрических свойств поверхности Луны. Ребята покрывали различными материалами части лунных глобусов, а затем с помощью самодельного фотометра, изготовленного на базе старого школьного телескопа, определяли их отражательные свойства. Эти же свойства самой Луны изучали в обсерватории. Работой руководил один из первых выпускников отдела В.А. Ромейко. Цикл экспериментов по моделированию ударных и вулканических кратеров выполнили учащиеся лаборатории под руководством другого выпускника отдела – В.И. Коваля. Лаборатория астрофизики действует и сегодня. Ею руководит А.А. Коханов – выпускник кружка Московского планетария.

В 1970 г. из астрофизической лаборатории выделилось новое подразделение отдела – **лаборатория физики космоса**. Ее возглавил воспитанник отдела Д.Н. Ситников. Большинство педагогов этой лаборатории были научными сотрудниками НИИЯФ, ГАИШ, ИКИ. Здесь старшеклассники изучали методы и средства космических исследований, занимались экспериментальной радиофизикой, вели обработку информации, поступающей со спутников, регистрировали космические лучи с помощью самодельного приемника.

Развитие **Клуба космонавтики** Дворца и его материальной базы связано с деятельностью одного из первых выпускников – А.С. Лурье. В 1968-76 гг. он руководил Клубом космонавтики. Благодаря его энтузиазму основана лаборатория летных тренажеров. Члены



Клуба не только познакомились с основами ракетно-космической техники, методами и результатами космических исследований, но и разрабатывали собственные проекты, а также участвовали в различных конкурсах. Так, в кружке космонавтики под руководством сотрудики НПО "Энергия" Г.А. Сизенцева был разработан фантастически смелый проект "Фара". Его реализация позволила бы отправиться в межзвездное путешествие на... Солнечной системе. Требуется лишь соорудить экран-отражатель космических масштабов, в фокусе которого находилось бы само Солнце. Поток солнечных лучей, отрабываемых экраном, создает реактивную силу, достаточную для изменения орбиты Солнца. Цель проекта – переселение человечества к другой звезде, когда станет иссякать стабильный поток солнечной энергии. Изложенный членом Клуба космонавтики Оксаной Давыденковой проект получил высокую оценку ученых на чтениях им. К.Э. Циолковского в Калуге.

В 1989 г. создана специальная **лаборатория космической техники**. Первым руководителем новой лаборатории стал выпускник отдела и МАИ Г.В. Семенов. Ребята изучают все основные направления космонавтики: космодинамику и небесную механику, космическое проектирование, инженерное творчество, прикладную космонавтику. Есть группы и для начинающих: "Видеокосмос", "Космонавтика с компьютером", "Лего-конструирование". Все преподаватели – высококвалифицированные специалисты с опытом работы в космической науке и промышленности. Лаборатория оснащена подлинными элементами ракет и космических аппаратов: двигателями, конструкционными материалами, креслами космонавтов, баллонами, образцами теплоизоляции, приборами управления, иллюминаторами и т.п. Некоторые из них побывали в космосе. На занятиях используются обучающие и демонстрационные компьютерные программы. С помощью станции "Лиана" ведется прием информации непосредственно с борта российских и американских искусственных спутников Земли. Старшеклассники из этой

лаборатории участвуют в различных конкурсах и конференциях; победители конкурсов могут поступить без экзаменов в МАИ и МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Последней по времени организации, но отнюдь не по значению, стала **лаборатория информационных технологий**. Ее создавал воспитанник отдела В.Н. Петраков. Лаборатория оснащена современной компьютерной техникой и программным обеспечением. Основные компьютеры отдела объединены в сеть, имеют выход в сеть Дворца и международную сеть Интернет.

Со временем обновлялось и совершенствовалось оборудование **планетария** Дворца. Если в первые годы здесь использовался аппарат "УП-4", который проецировал изображение звезд без оптических объективов, то впоследствии его сначала удалось заменить трофейным аппаратом "Малый Цейсс", а затем – более совершенным цейссовским аппаратом ZKP-2.

В 1986-87 учебном году оснащение планетария было дополнено аудиовизуальным комплексом "Космовизор", с помощью которого посетители могут совершать воображаемые космические путешествия. Аппаратуру комплекса по техническому заданию отдела разработали и изготовили в НИИ космического приборостроения. Все этапы полета отображаются на большом мониторе с помощью компьютерной графики.

Сегодня, как и в прежние годы, планетарий незаменим для занятий кружков, учебных лекций по программе средней школы и для пропаганды научных знаний.

#### ЗАГОРОДНАЯ БАЗА

Большую роль в развитии отдела сыграло создание загородной базы, где сегодня проводятся основные наблюдения исследовательского характера.

Наблюдательная база организована под Звенигородом, в одном из живописнейших уголков Московской области. Здесь в конце 50-х годов Астрономический совет Академии наук, ныне Институт астрономии РАН (ИНАСАН) основал Станцию наблюдения ИСЗ. С начала 60-х годов отдел астрономии Дворца

*Телескоп-рефлектор "Цейсс-600" МГДТДиУ. Установлен в Звенигороде. На заднем плане – башня 40-см астрографа Звенигородской обсерватории*

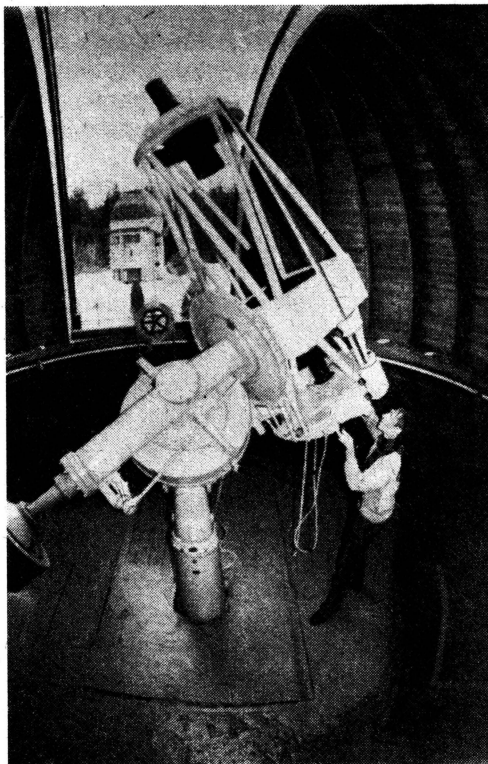
стал проводить здесь летние лагеря-экспедиции. У нас установились прекрасные отношения с Астросоветом. По договору с ним Дворца передана одна из астрономических башен, в которой установлен телескоп "Цейсс-600". Здесь есть также отличный 25-сантиметровый американский телескоп, который подарен нам при содействии дирекции ИНАСАН. Мощность телескопов на порядок возрастает при оснащении их ПЗС-матрицей – подарком ученых из Лаборатории реактивного движения NASA (США, Пасадена).

На краю леса, сопредельного с базой Астросовета, построен дом для наблюдателей. В его сооружение существенный вклад внесли учащиеся и сотрудники отдела астрономии Дворца. Они разметили территорию, провели ее планировку, вырыли траншеи под коммуникации, соорудили фундамент.

Работая на загородной базе, педагоги и ребята получают квалифицированные консультации и могут пользоваться инструментами Института астрономии. Вместе с тем, и ученые используют телескоп Дворца для наблюдений по собственным программам. База особенно интенсивно используется в дни школьных каникул. За летнее время здесь успевают посменно наблюдать до 150 человек. Ребята не только работают, но и прекрасно отдыхают: ходят в походы,купаются в реке и обязательно посещают уникальный памятник истории и архитектуры – Саввино-Сторожевский монастырь в Звенигороде.

ИССЛЕДОВАНИЯ, ЭКСПЕДИЦИИ.  
НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ

Первой областью наблюдений в отделе стала **метеорная астрономия**. Еще до начала самого первого учебного года кружковцы Дворца вели групповые наблюдения метеорных потоков методом многократного счета под руководством Р.Л. Хотинка.



Летом 1963 г. была организована метеорная экспедиция в Крым, где методическую и организационную помощь москвичам оказывали члены Симферопольского общества юных любителей астрономии. Результаты наблюдений обработаны и опубликованы в Бюллетене Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО).

В 70-е годы наблюдения проходили, в основном, под Звенигородом. Изучение метеоров получило неожиданное и плодотворное продолжение. А.В. Иванов и его кружковцы обнаружили видимые невооруженным глазом вспышки света в атмосфере, вызванные вторичными космическими лучами. Первоначально их считали стационарными метеорами. Специалисты не сразу признали новое объяснение наблюдаемого явления. Для проверки были организованы специальные наблюдения с участием Научно-исследовательского института ядерной физики (НИИЯФ МГУ). Инструментальные наблюдения провели сотрудники НИИЯФ, а визуальные –



сами кружковцы. К радости ребят были получены совпадающие результаты. Работа коллектива юных исследователей была высоко оценена. Методика и результаты наблюдений, продолжавшихся несколько лет, описаны и опубликованы (Земля и Вселенная, 1987, № 4). Соавторами статьи А.В. Иванова стали его ученики.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРЕБРИСТЫХ ОБЛАКОВ

Чтобы разрешить загадки этих самых высоких светящихся облаков, желательнее вести патрульные наблюдения каждую ночь в периоды их появления. Цель наблюдений – регистрация моментов появления и исчезновения облаков, фиксация их яркости в баллах, определение морфологической формы облачных полей. Особый интерес представляют регулярно выполняемые фото- и видеосъемки серебристых облаков.

Появление и развитие этой тематики связано с именем Н.И. Гришина, который на протяжении десятилетий возглавлял Отдел серебристых облаков Центрального совета ВАГО. С открытием Дворца пионеров и школьников на Ленинских горах деятельность исследователей серебристых облаков в значительной степени стала базироваться в

*Серебристые облака. Фото В.А. Ромейко*

отделе астрономии и космонавтики. Первые загородные наблюдения этого явления кружковцами отдела проводились летом 1963 г. в подмосковном лагере Дворца. Н.И. Гришин почти 20 лет сотрудничал с отделом. Он увлек кружковца 60-х годов Виталия Ромейко. Благодаря энтузиазму Н.И. Гришина и В.А. Ромейко вот уже 35 лет подряд школьники и студенты разворачивают в Подмосковье палаточный лагерь наблюдателей серебристых облаков. Помимо того, наши исследователи наблюдают серебристые облака в Архангельской области и Восточной Сибири – в районе Тунгусской катастрофы.

Много лет ведется исследование прозрачности и других свойств сумеречного сегмента небосвода. В числе приборов – самодельная многоканальная фотометрическая установка.

Благодаря накопленному опыту и собранному за десятилетия материалу наблюдений, отдел астрономии и космонавтики Дворца стал центром по изучению серебристых облаков среди юношеских коллективов России и СНГ. Результаты и анализ этих наблюдений неоднократно докладывались на конфе-

ренциях и публиковались в научных изданиях. В 1997 г. учащийся А.С. Яценко создал компьютерную программу для хранения и первичной обработки накопленного массива визуальных наблюдений серебристых облаков.

К настоящему времени база данных содержит информацию о наблюдениях серебристых облаков во Дворце за 35 лет в трех пунктах:

место наблюдений	Москва	Тунгуска	Архангельская область
время (годы)	1962-97	1977-97	1983-93
кол-во ночей наблюдений	1132	334	209
кол-во часов наблюдений	4742,5	1275,5	991
число наблюдений СО	358	102	101
кол-во часов	732,3	240,4	249

Ряды наблюдений и накопленные материалы по продолжительности, объему и качеству не имеют аналогов в мировой практике.

#### ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

В 1966 г. трое кружковцев отдела впервые приняли участие в Комплексной самодеятельной экспедиции (КСЭ). Такие экспедиции уже несколько десятилетий организует группа ученых и студентов Сибири и Урала совместно с ВАГО. Участие кружковцев и выпускников отдела астрономии Дворца в исследовании Тунгусской проблемы стало традиционным. Руководит этой темой и пропагандирует ее В.А. Ромейко. Начиная со школьных времен, он более полутора десятков раз побывал на месте Тунгусской катастрофы.

Юные исследователи изучают радиационную обстановку в эпицентре взрыва и в прилегающих районах, отбирают пробы почвы и грунта, собирают исторические и этнографические материалы, относящиеся к Тунгусской загадке, ведут, к сожалению без успеха,

поиск тектитов, фрагментов метеорита и метеоритных кратеров. По рекомендации специалиста в области метеоритики И.Т. Зоткина в программу включены работы, связанные с изучением энергии ударных волн. Для этого члены экспедиции измеряли динамические нагрузки, способные вызвать слом или вывал деревьев разной величины. Значительное место в последние годы отводится изучению экологической обстановки в районе Тунгусского заповедника.

Недавно программа дополчилась двумя новыми темами. Одну из них выдвинул и обосновал педагог отдела, бывший член Клуба космонавтики Дворца Д.Н. Петров. В связи с тем, что время неумолимо уничтожает следы Тунгусской катастрофы, он предложил отобрать в различных районах Тунгусского заповедника для длительного хранения в специально изготовленных капсулах моховые, торфяные и древесные пробы. В будущем, когда появятся новые идеи, методы и средства исследования, капсулы можно будет разгерметизировать.

Другое направление исследований подсказала природа. Члены экспедиции обнаружили, что в некоторых местах от 15% до 60% деревьев, переживших катастрофу, имеют механические повреждения в виде каверн и трещин, что, по предварительной оценке, существенно выше окружающего фона. Такие повреждения фиксируются на фото и видео. Их существование предсказывалось ранее некоторыми исследователями, как следствие электростатических процессов, вызванных полетом и взрывом Тунгусского метеорита. Собранные материалы обрабатываются с помощью ученых.

#### СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ

Изучение солнечно-земных связей началось в 1962 г., а наибольшее развитие получило с 1976 г., когда решили провести длительный цикл исследований, совпадающий по времени с очередным циклом солнечной активности. Совместно с учеными разработана и осуществляется комплексная учеб-

## но-исследовательская программа “Геос”.

Кружковцы зарисовывали и фотографировали пятна и факелы, определяли их координаты и занимаемую площадь, строили карты и определяли числа Вольфа. В подмосковном г. Железнодорожном под руководством выпускника отдела М.П. Татарникова в кружке “Вега” вели спектральные исследования Солнца. В лаборатории физики космоса с помощью самодельного телескопа регистрировали вариации вторичных космических лучей, интенсивность которых зависит от солнечной активности, а по материалам, получаемым из НИИЯФ МГУ, шла обработка данных со спутника “Прогноз”. Радисты по характеру и дальности радиоприема следили за изменением свойств ионосферы. В лаборатории астрофизики участники программы изучали состояние мезосферы по данным наблюдений серебристых облаков. Кружковцы регистрировали метеоданные, снимали показания автоматической метеостанции, установленной на крыше Дворца. Юные физиологи параллельно исследовали изменения состояния человеческого организма в условиях меняющегося уровня солнечной активности.

Научное руководство осуществлял Совет кураторов. В него входили ученые и преподаватели. К программе проявили интерес и приняли в ней участие несколько иногородних коллективов юных астрономов. Ежегодно проводились итоговые научно-практические конференции участников программы “Геос”. В настоящее время на смену “Геосу” пришли другие комплексные программы, но основная тематика тех исследований в работе отдела присутствует и сегодня. Одной из “наследниц” стала целевая программа “Полярный круг”.

Программа “Полярный круг” реализуется с 1994 г. Суть ее в том, чтобы по характеру распространения радиоволн выяснить, как солнечная активность влияет на состояние ионосферы. Стержнем программы стали экспедиции в Заполярье в дни летних каникул. Здесь в условиях полярного дня круглосуточно наблюдают за активностью не-

заходящего Солнца и полученные результаты сопоставляют с характером распространения радиоволн. Обычно наша экспедиция работает в районе поселка Индига Ненецкого национального округа (север Тиманского кряжа), либо в районе Салехарда – в Ямало-Ненецком автономном округе.

Группа наблюдателей под руководством Н.Н. Николаева с помощью небольшого телескопа определяет индекс солнечной активности. Другая часть экспедиции под руководством педагога И.Е. Кузнецова исследует характер распространения радиоволн. Для этих наблюдений ребята заранее рассчитали и изготовили остронаправленную высокочувствительную антенну к портативной радиостанции; ежесуточно в определенное время ребята прослушивали эфир и фиксировали по специальной методике слышимость дальних радиостанций. Помимо этого юные исследователи следят за состоянием погоды. Все эти данные должны помочь выявлению солнечно-земных связей.

Наш рассказ будет не полным, если не упомянуть об экспедициях по наблюдению полных солнечных затмений. Начиная с затмения от 22 сентября 1968 г., когда наши педагоги и кружковцы выехали в поселок Сары-Шаган в Северном Казахстане, и до выезда в Забайкалье на затмение 9 марта 1997 г., мы не пропустили ни одного подобного астрономического явления, видимого с территории нашей страны. Примечательно, что многие участники этих экспедиций со временем стали профессиональными астрономами.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД

Переменных звезд так много, а астрономов, занимающихся их исследованием, – так мало, что специалисты всегда бывают рады помощи любителей астрономии. В начале 60-х годов сорудники ГАИШ Ю.Н. Ефремов, М.В. Попов и П.Н. Холопов привлекли кружковцев Дворца к обработке огромного массива “стеклянной библиотеки” для поиска переменных звезд. Эта кропотливая и монотонная работа оказалась по нраву далеко не всем. И все же всегда

находилось хотя бы несколько человек, готовых к ее выполнению. Результаты, полученные ребятами, неоднократно публиковались в бюллетене "Переменные звезды". Последние несколько лет исследованием переменных звезд с детьми занимается сотрудник ГАИШ С.Ю. Шугаров. Его статьи в соавторстве с кружковцами отдела астрономии публиковались и в зарубежных научных изданиях.

## ОТДЕЛ СЕГОДНЯ

В отделе астрономии и космонавтики занимаются кружковцы в возрасте 6–18 лет. Занятия строятся в три этапа.

**Первый этап** – для самых маленьких. Для них в отделе разработана **целевая программа "Тайны Вселенной"**. В ней участвуют дети 6-11 лет, а также их родители. Малыши имеют собственный уютный кабинет, его украшение – огромный глобус звездного неба – подарок выпускников отдела.

Большая часть занятий проходит в игровой форме. Младшие школьники участвуют в викторинах, тематических играх, воображаемых космических путешествиях под куполом планетария, в конкурсах фантастических проектов. Ребята лепят и рисуют под музыку, смотрят слайды и видеофильмы о космосе, строят из конструкторов межпланетные станции, играют в настольные игры. Они также делают простейшие астрономические приборы: подвижные карты звездного неба, угломерные инструменты, изучают созвездия, приобретают навыки ориентирования по звездам и Солнцу, наблюдают в телескоп. Вместе с малышами участвовать в программе имеют возможность их папы и мамы, бабушки и дедушки. Каждый год участники программы устраивают веселые праздники в честь Дня весеннего равноденствия, на которых состязаются в эрудиции, творчестве и смекалке.

В летнее время малыши посменно (на 10-12 дней) выезжают на Звенигородскую базу отдела. Здесь, на природе, они на практике закрепляют представления о Мире, полученные в стенах Дворца.

На **втором этапе** учащиеся среднего возраста занимаются в кружках юных астрономов, космонавтов и летчиков. Здесь есть возможность наблюдать в телескоп, заниматься в планетарии, знакомиться с компьютером. Ребята выполняют практические работы в лабораториях отдела, мастерят свой телескоп, собирают первые электронные схемы. Для них организуются общие клубные дни, встречи с учеными, писателями и космонавтами, экскурсии на обсерватории, в космические НИИ и на предприятия, выезды на загородную базу отдела. Есть в отделе и комплексные кружки, где ребята среднего возраста изучают, например, авиационную технику, "летают" на тренажерах и параллельно занимаются астрономией.

На **третьем этапе** старшекласники ведут работу в специализированных группах, создаваемых в профильных лабораториях или в рамках целевых программ. При желании они могут заниматься параллельно у двух педагогов, участвовать в нескольких целевых программах. Разнообразие занятий зависит и от широты интересов педагогов. Например, в группе практической астрофизики у В.А. Ромейко ребята изучают методы астрофизики, наблюдают серебристые облака, участвуют в исследовании Тунгусского метеорита, фотографируют кометы и обучаются началам художественной фотографии. Раз в месяц на занятиях этого педагога дети слушают классическую музыку, записи авторских песен. По воскресеньям кружок выезжает на природу. В результате интересы ребят уточняются и углубляются, что многим из них помогает определить будущую профессию. Около 60% кружковцев-старшекласников после школы выбирают профессии, связанные с профилем Отдела или близкими областями науки и техники.

## ЦЕЛЕВЫЕ ПРОГРАММЫ ПРОГРАММА "АСТРОКЛАСС"

В 1993 г. на базе отдела астрономии и космонавтики для восьмикласников был открыт первый специализированный астрокласс и создан физико-математический факультет лицея "Воробье-



вы горы". Так началась реализация целевой программы **"Астрокласс"**, которая объединяет гуманитарное лицейское, углубленное физико-математическое и дополнительное космическое образование. Руководит программой С.С. Бирюкова.

Лицейсты проводят во Дворце почти целый день. Во второй половине дня они осваивают курсы "История науки и культуры", "Человек и Вселенная", "Основы космонавтики", "Экспериментальная астрономия", "Экспериментальная математика".

В начале лета лицейсты проходят практику на загородной обсерватории отдела. Традицией стало участие лицейстов в экспедициях и дальних походах. Когда возможно, поездки сочетаются со стажировкой на профессиональных обсерваториях.

Все 17 выпускников первого лицейского выпуска, состоявшегося в 1996 г.,

*Сцены из жизни отдела астрономии и космонавтики МГДТД и Ю. Наблюдение частного солнечного затмения на астроплощадке Дворца*

приняты в вузы. Из них 11 поступили в МГУ.

ПРОГРАММА "КОСМОС И ЧЕЛОВЕК"

Целевая программа "Космос и человек" объединяет разновозрастный коллектив старшеклассников, их родителей, а также молодежь более старшего возраста. Участники программы стремятся приобщиться к Космосу через философию и искусство, науку и поэзию, через знания древних народов о Вселенной. Они знакомятся с мифами и легендами, с религиозными текстами, представляющими взгляды древних людей на Космосе и место человека в нем. В рамках программы устраиваются клубные дни, на которых кроме ребят высту-



В клубе космонавтики. Занятие проводит С.П. Яценко

#### ПРОГРАММА "КОСМИЧЕСКИЙ ПАТРУЛЬ"

пают ученые, философы, поэты, композиторы, писатели-фантасты. Такие мероприятия сопровождаются демонстрацией видеофильмов, слайд-программ, художественными выступлениями учащихся и гостей. Уделяется внимание знакомству с трудами русских философов-космистов К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского, Н.К. Рериха. В дни летних каникул группа участников программы выезжает в научно-художественные экспедиции по Рериховским местам в район горного Алтая.

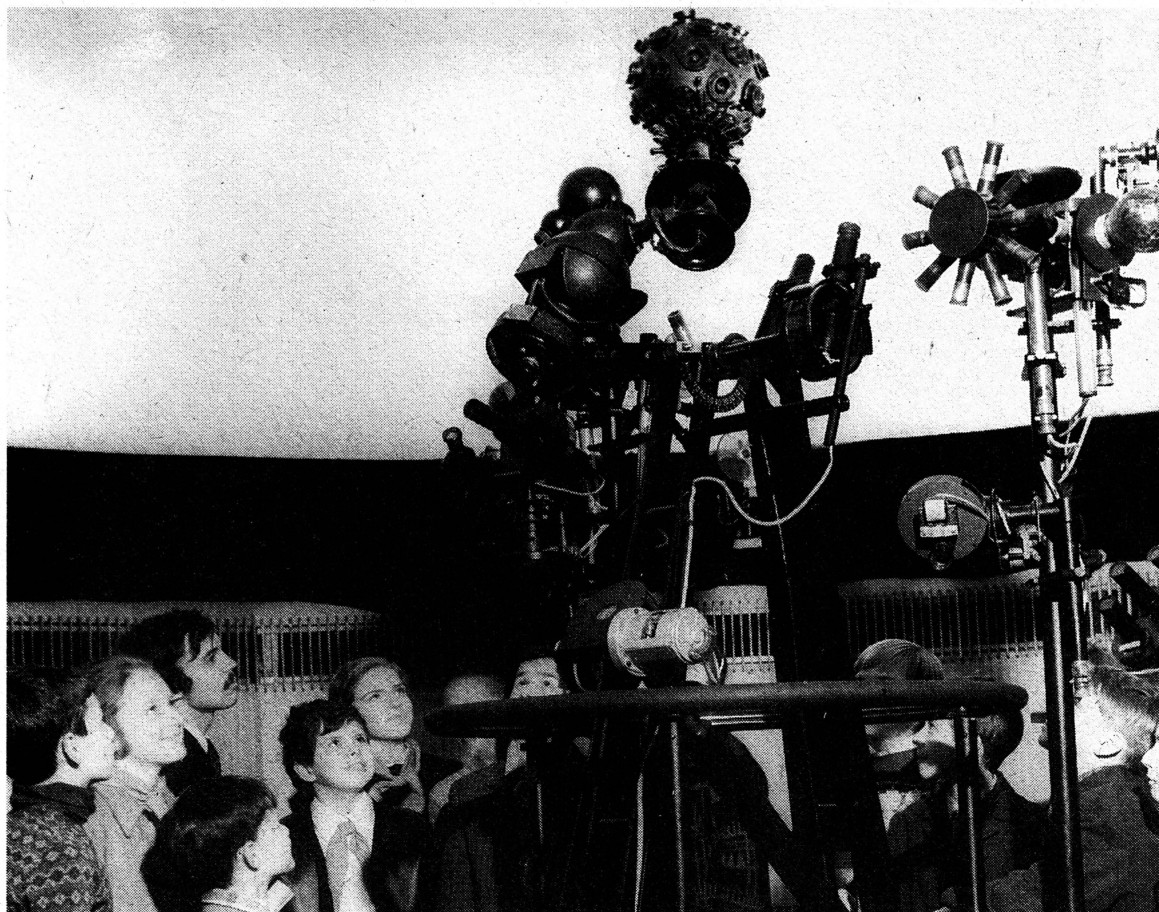
В программе участвуют члены клуба "Космос и человек", кружка "Космос и фантастика", коллектив Космического театра, участники семинара по проблеме внеземных цивилизаций. Программу разработала и возглавляет выпускница отдела И.А. Феодулова.

Этой образовательной и исследовательской программой, посвященной проблемам космической безопасности нашей цивилизации, руководят доктор физико-математических наук заведующая отделом Института астрономии РАН Л.В. Рыхлова и летчик-космонавт Г.М. Гречко.

Участники программы знакомятся с факторами космической угрозы, узнают, какие из них могут представить наибольшую опасность, какова вероятность катастроф космического происхождения, какую опасность порождает деятельность самих людей, получают представление о возможности прогнозирования космических катастроф и о способах защиты.

Главное в программе "Космический патруль" – то, что она позволяет каждому участнику вносить посильный вклад в





*В планетарии Дворца*

решение глобальных проблем, осознанных человечеством на рубеже тысячелетий. Практические задачи "Космического патруля" – создание молодежной службы патрульных наблюдений неба и разработка проектов активного воздействия на космические объекты, представляющие потенциальную опасность.

Перечислим все основные разделы программы:

1. Патрульные наблюдения с целью обнаружения вспыхивающих звезд;
2. Наблюдение комет и астероидов;
3. Наблюдение искусственных спутников Земли (ИСЗ);
4. Наблюдение метеорных потоков и болидов;
5. Наблюдение за состоянием солнечной активности и его влиянием на земные процессы;

6. Наблюдение за состоянием атмосферы;

7. Обследование мест падений космических тел на Землю, поиск метеоритов;

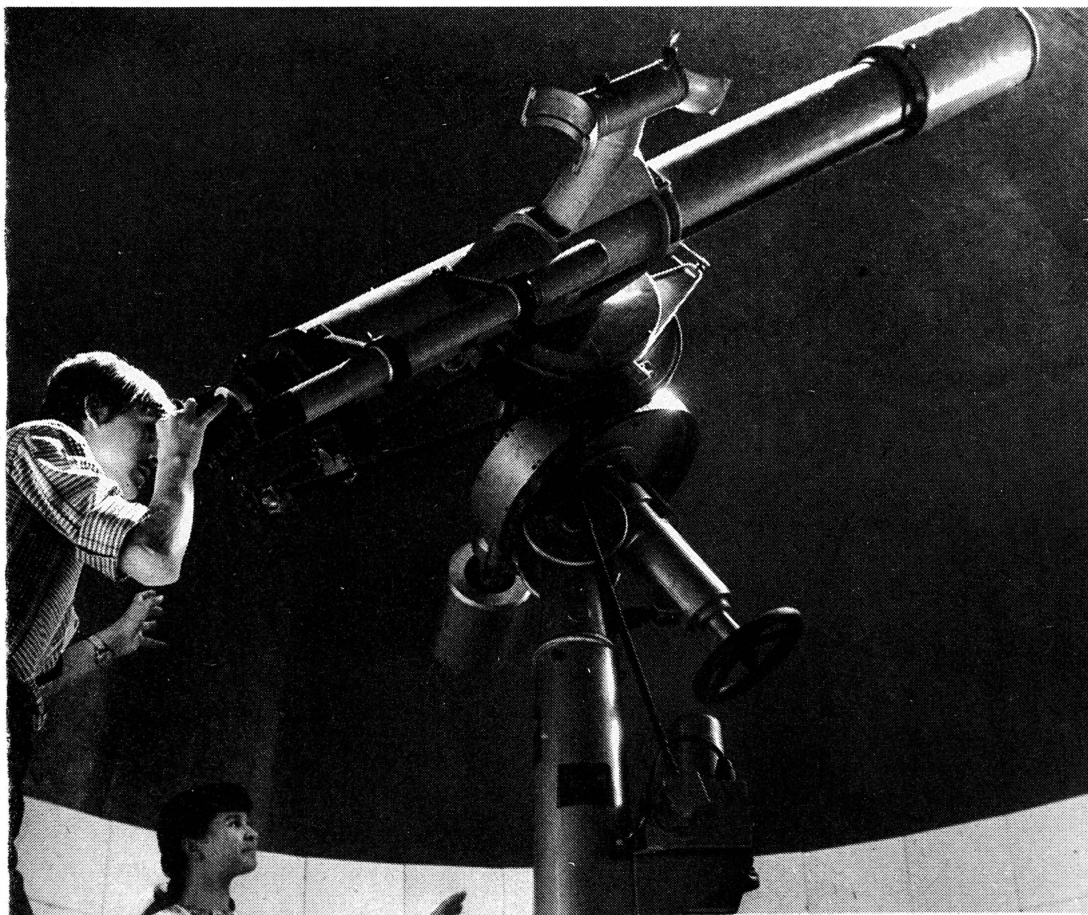
8. Разработка проектов:

– сбора и использования "космического мусора"

– активного воздействия на потенциально опасные космические объекты.

Участники программы ведут поиск и систематизацию необходимой информации в компьютерных сетях и периодической печати; участвуют в семинарах и конференциях по тематике программы "Космический патруль".

Много внимания уделяется распространению космических и экологических знаний, информированию о программе по сети Интернет, телевидению, радио и в печати. С этой же целью в отделе организуются выставки, лек-



ции в планетарии Дворца, тематические вечера и клубные дни, проводятся массовые демонстрационные наблюдения в обсерватории.

Уже несколько лет проходит открытый конкурс творческих работ по программе "Космический патруль". На конкурс принимаются результаты наблюдений, рефераты, проекты, приборы, макеты, модели, рисунки. По его итогам ежегодно проводятся научно-практические конференции "Космический патруль", приуроченные к Дню космонавтики.

#### ТРАДИЦИОННЫЙ ПРАЗДНИК

День весеннего равноденствия — один из самых любимых праздников юных астрономов. Его начали отмечать несколько десятилетий назад. Этот праздник был и остается средством самовыражения педагогов и ребят. Причем не только в области астрономии и

*Подготовка к наблюдениям в обсерватории отдела*

космонавтики, но и в разных видах искусства.

По-новому праздник прошел в 1997 г. Он продолжался с вечера до утра. Открытие и вступительная часть праздника прошли в планетарии Дворца. Собравшиеся услышали рассказ руководителя клуба "Космос и человек" об истоках этого события, о традициях встречи весны на Руси. Это была литературно-музыкальная композиция, сопровождаемая слайдами и эффектами планетария.

Кружковцы лаборатории астрофизики наблюдали и показывали желающим комету Хейла-Боппа в обсерватории и на открытой площадке. В планетарии проходили познавательные игры и соревнования; члены клуба "Космос

и человек” вели философско-психологические дискуссии за чашкой чая, перемежая их пением под гитару; в астрономическом кабинете для желающих была устроена дискотека; в лаборатории информационных технологий “отводили душу” любители компьютерных игр; в лаборатории космонавтики была своя оживленная программа игр и общения.

Под утро все вновь собрались в планетарии. Здесь спели несколько лирических песен космического содержания, а затем все получили на память

цветной снимок кометы и специальное свидетельство участника праздника. Под утро все направились на Воробьевы горы. На смотровой площадке встретили рассвет и восход Солнца, отметив это хороводом, запуском огромного красного шара и множества обычных разноцветных воздушных шаров. Полюбовавшись блеском первых солнечных лучей на шпилье высотного здания Московского университета, ребята и педагоги разъехались по домам.

Впечатления от подобных праздников надолго остаются в памяти.

## Информация

### Форс – техническое чудо

Продолжаются работы по вводу в строй первого 8,2-метрового зеркала Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории. 15 сентября 1998 г. начались испытания прибора ФОРС-1 (фокальный редуцированный спектрограф) из комплекта научных инструментов, принимающих свет, собираемый зеркалом.

Форс-1, как и его будущий двойник Форс-2, построен с использованием самых совершенных технологий. Он легко монтируется в Кассегреновском фокусе ОБТ. Несмотря на свои размеры (3 × 1,5 м при весе 2,3 т) он кажется маленьким на фоне гигантского зеркала площадью 53 м<sup>2</sup>. Благодаря большой поверхности зеркала телескопа и его отличному качеству Форс способен исследовать самые слабые и удаленные объекты Вселенной. Комплекс инструментов ОБТ вскоре позволит европейским астрономам заглянуть дальше нынешнего наблюдательного горизонта.

Форс-1 создавался консорциумом трех немецких институтов. Государственная Гейдельбергская обсерватория несет ответственность за руководство проектом, проектирование оптических систем (построения изображений, спектроскопической и поляризационной), создание компьютерных программ для анализа изображений. Специальный симулятор телескопа был построен в мастерских Гейдельберга для тестирования большей части функций Форса прежде его отправки на Параналь.

Университетская обсерватория в Геттингене провела проектирование, постройку и установку всей механики Форса.

Университет Мюнхена был ответствен за организационное управление проектом, разработку и установку электроники и электромеханики, сборку и проверку готового прибора, разработку программ для постоянного компьютерного контроля прибора и его частей в действии.

За эту работу ученые трех организаций получают гарантированное наблюдательное время на ОБТ. Их исследовательские программы включают наблюдения малых тел Солнечной системы, звезд на последних стадиях эволюции и облаков газа, выброшенных ими, галактик и квазаров на очень больших расстояниях.

Окончательные испытания Форса должны выявить его действительные возможности, проверить правильность работы программ при управлении им из контрольного помещения Паранала и продемонстрировать выполнение научных задач именно так, как было запланировано. В самом начале испытаний уже получены астрономические изображения превосходного качества. Среди первых объектов, запечатленных Форсом, спиральные галактики NGC 1288 и NGC 1232 (см. обложку этого номера журнала).

В течение последующих трех недель был получен ряд снимков галактических туманностей, галактик и их скоплений, гравитационных арок и т.д. Получены первые спектроскопические изображения с помощью мультиобъектного спектрографа МОС, способного регистрировать спектры нескольких небесных объектов одновременно. Среди них – спектр звезды 17<sup>m</sup> спектрального класса Ве, принадлежащей рассеянному скоплению NGC 330 в Малом Магеллановом Облаке, содержащему необычно большое число звезд редкого типа Ве.

ESO Press Release 14/98  
23 September 1998  
ESO Press Photos 38a–e/98  
7 October 1998

## Перспективные космические проекты на выставке в Берлине

С 18 по 24 мая 1998 г. на территории берлинского аэропорта Шенефельд проводилась очередная международная аэрокосмическая выставка-ярмарка ILA-98 (Internationale Luft- und Raumfahrt Ausstellung). На ней было представлено 825 экспонатов из 32 стран мира. Показателем возросшей популярности выставки стало увеличение на 42% числа фирм-участников и расширение на треть выставочной площади по сравнению с предыдущей (Земля и Вселенная, 1997, № 1). На ILA-98 был продемонстрирован весь обширный спектр новой и перспективной продукции и услуг в области авиации и космонавтики.

Наряду с ведущими фирмами Европы, Северной Америки и Азии впервые в работе выставки приняли участие Аргентина, Австралия, Малайзия, Тайвань и Узбекистан. Своим размахом она превосходила все аналогичные выставки в мире. На стендах и открытых площадках демонстрирова-

лись 278 летательных аппаратов всех существующих классов и категорий. Проведено 50 конгрессов и пресс-конференций по вопросам развития авиационной и ракетно-космической техники. Например, 19 мая прошел интересный форум по строительству на околоземной орбите Международной космической станции (МКС). На нем обсуждались многие проблемы создания самого крупного пилотируемого сооружения в космосе. На конференции выступили специалисты NASA и ESA, а также был показан кинофильм. Выставку посетила большая делегация российских, немецких и американских космонавтов.

В одном из павильонов развернулась объединенная экспозиция фирм-производителей Российского космического агентства. По сравнению с ILA-96 российский стенд по своим размерам был более скромным, тем не менее, освещал многие космические программы.

Открывал экспозицию новый проект ГКНПЦ им. М.В. Хруничева – макеты ракет-носителей семейства **“Ангара”**. Основным элементом ракет служит универсальный ракетный модуль с жидкостным двигателем (ЖРД) **РД-191М** (топливо – керосин и жидкий кислород, тяга у Земли до 196 тс), разработанный в НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко. Один такой модуль входит в состав первой ступени двух РН легкого класса **“Ангара-1/2”** со стартовой массой 135–170 т. В качестве второй ступени, в зависимости от выполняемых задач и типа носителя, применяются разгонные блоки **“Бриз-М”** или **“И”**. Ракеты-носители **“Ангара-1/2”** имеют возможность запускать КА на низкие орбиты массой от 2 до 3,4 т.

Конфигурация РН среднего класса **“Ангара-5”** со стартовой массой 700 т сформирована добавлением четырех универсальных модулей (боковые блоки) к первой сту-



пени "Ангара-1/2". На третьей ступень будет установлен разгонный блок для формирования рабочей орбиты КА. Ракета-носитель "Ангара-5" обладает мощностью, позволяющей доставлять на низкие орбиты грузы массой до 21 т, а на геостационарную орбиту – 3,2 т.

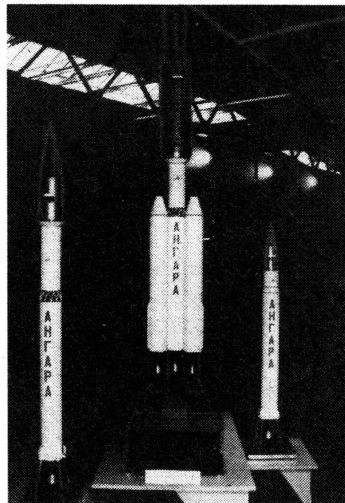
Планы предусматривают создание РН тяжелого класса "Ангара-4" со стартовой массой 766 т. Она состоит из четырех универсальных модулей в качестве первой ступени и центрального блока второй ступени с водородно-кислородным двигателем РД-0120, развивающим тягу в вакууме 200 тс. ЖРД создан в КБ химавтоматики (г. Воронеж). "Ангара-4" обладает способностью запускать на низкие околоземные орбиты КА массой 30–31 т.

Старты всех типов ра-

кет семейства "Ангара" будут производиться с космодрома Плесецк (может быть и с Байконура) после модернизации стартовых комплексов РН "Зенит". В период 2001–2005 гг. намечены летные испытания ракет-носителей типа "Ангара". Существуют и отдаленные планы строительства специальных площадок для запусков РН "Ангара" на космодроме Свободный (Земля и Вселенная, 1998, № 4).

На третьей ступени ракет-носителей "Ангара" предложено использовать новый ракетный модуль "КВРБ" (кислородно-водородный разгонный блок), разработываемый в Космическом центре им. М.В. Хруничева. Он предназначен для перевода космических аппаратов на рабочие орбиты и найдет применение на

*Выставка ICA-98 на аэродроме Шенефельд*



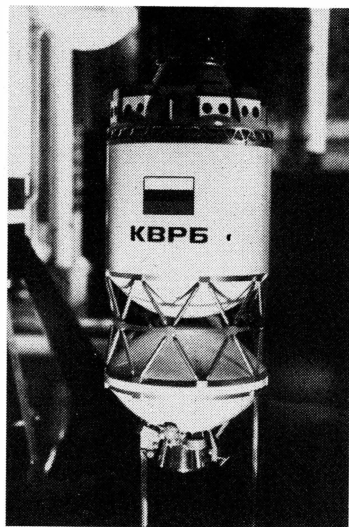
*Макеты российских ракет-носителей семейства "Ангара"*

РН "Протон-М" и европейской "Ariane-5". "КВРБ" массой 22,4 т (масса топлива до 19 т), может выполнять длительный полет на околоземной орбите (до 7,5 ч) и пять раз включать маршевый двигатель **КВД-1М** тягой 7,5 тс. Ракетный блок способен доставлять на геостационарную орбиту ИСЗ массой до 5,2 т (на низкие орбиты – до 30 т). Использование "КВРБ" заметно увеличивает энергетические возможности ракетносителей. Первое испытание в космосе этого разгонного блока планируется на 2003 г.

На российском стенде видное место занимали и конверсионные разработки – проекты модернизации боевых ракет стратегического назначения в космические для коммерческих запусков. Это РН "Рикша", "Рокот", "Волна", "Штиль" и "Стрела", а также различные по мощности ЖРД, которые будут установлены на новые носители. Здесь же размещались перспективные проекты спутников связи "Экспресс-К1 и К2", разрабатываемые НПО прикладной механики (г. Красноярск) в кооперации с французскими фирмами "Aerospatiale" и "Alcatel espace" – лидерами в производстве и экспорте такого рода продукции. "Экспресс-К1" будет собираться на основе новой европейской кос-

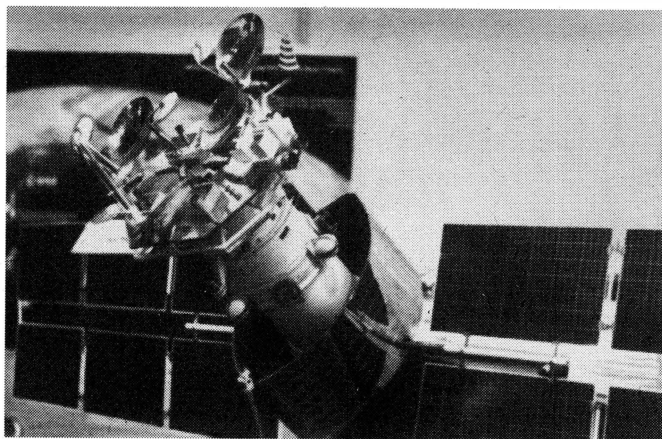
мической платформы "Spacebus-3000", а второй КА – на вновь проектируемой НПО конструкции "Экспресс-2000". На каждом из двух ИСЗ предполагается установить по 52 ствольных ретранслятора, способных обслужить потребителей на территории Европы, Азии и Африки. Спутники будут размещены на геостационарной орбите в точках 40° и 53° в.д. ИСЗ связи нового поколения массой 3,5 и 2,6 т рассчитаны на функционирование в течение 15 лет, а их запуски намечены на середину 1999 и 2000 гг. (вероятен ввод и третьего КА в 2002 г.).

Перед павильоном отечественной продукции демонстрировался первый элемент МКС – модуль "Заря" (функционально-грузовой блок) российского сегмента, стартующий по новому графику 20 ноября 1998 г. Сборку станции предполагается завершить в 2004 г., а экипажи на ней будут работать затем еще в течение 10 лет. Одним из крупных обитаемых моду-

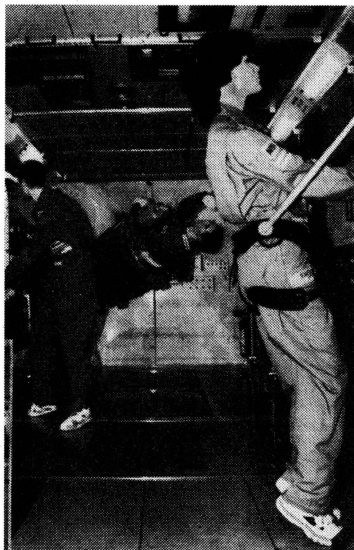


Маневрирующий ракетный блок "КВРБ" для ракет-носителей "Протон-М" и "Ангара"

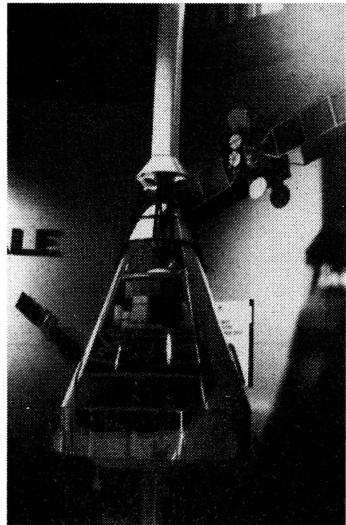
лей, завершающих строительство МКС, будет единственный элемент сегмента ESA – "Колумбус" ("COF" – Columbus orbital facility), стартующий в феврале 2003 г. В космической лаборатории "Колумбус", диаметром 4,5 м и стартовой массой 12,4 т, европейские астронавты должны выполнить большой комп-



"Экспресс-К1" (Россия-Франция) – спутник связи четвертого поколения



*Внутренний вид макета европейского модуля "Колумбус"*



*Один из возможных вариантов пилотируемого корабля (проект ESA). Баллистический тип корабля с кабиной экипажа для шести астронавтов и системой аварийного спасения (установлена над кабиной)*

лекс технологических, медицинских и биотехнологических экспериментов.

Посетители выставки проходили в павильон "Космос" через полномасштабный макет орбитального модуля "Колумбус". Это было одним из самых притягательных мест, и неизменно у "Колумбуса" выстраивались длинные очереди. В павильоне "Космос" кроме "Колумбуса" демонстрировались и другие проекты ESA.

После ознакомления с модулем "Колумбус" в павильоне посетителей ожидал сюрприз – движущаяся под потолком модель МКС (в масштабе 1 : 10). Имитировалось наблюдение отдельных элементов станции с помощью телекамер немецкого специализированного микроспутника "Инспектор", парящего близ МКС. Каждый посетитель мог рассмотреть пилотируемый комплекс со стороны. Аналогичную работу на орбите будет выполнять ИСЗ "Инспектор". Пройдя вглубь павильона, можно было "попасть" на поверхность Марса или кометы. Здесь показывались диорамы мест посадок: американского зонда "Марс Патфайндер" на поверхности Марса (1997 г.), европейских посадочных станций – "Гюйгенс" на спутнике Сатурна Титане (его сброс с американской АМС "Кассини" намечен на 2004 г.) и "Розетта" на комете Виртанена (отделяемый блок должен совершить посадку в 2011 г.).

Большое место в экспозиции Европейского космического агентства

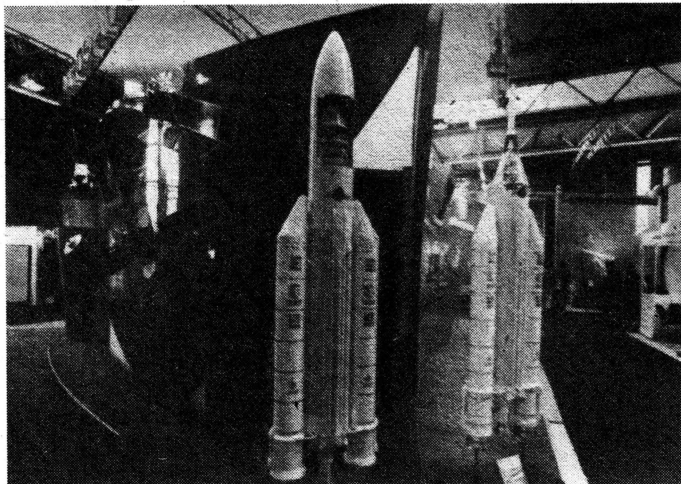
уделено планам использования новой тяжелой РН "Ariane-5". Кроме спутников связи и других КА, она предназначена для запуска автоматических транспортных кораблей "ATV" (Autonomous transfer vehicle). "ATV" будут доставлять на МКС грузы массой до 9 т (топливо, оборудование, запасы пищи и воды), начиная с 2003 г. С помощью РН "Ariane-5" предполагают с 2004 г. осуществлять запуски европейских пилотируемых космических кораблей двух типов – баллистического (в его кабине могут разместиться шесть астронавтов) и крылатого, подобного американскому "Спейс Шаттлу". На ступень французской двигателестроительной фирмы "SEP" был представлен новый кислородно-водородный ЖРД "Вулкан-2" (с тягой в вакууме 137 тс), предназначенный для установки на первую ступень РН "Ariane-5" / в 2003 г.

Вероятно, той же РН будут доставляться на геостационарную орбиту в 2002 и 2007 г. европейские метеоспутники "MSG" (Meteosat second generation) второго поколения. Рядом с этим проектом в экспозиции ESA демонстрировался и другой – "МЕТОР" (европейский полярный метеорологический наблюдатель), предусматривающий развертывание в 2003 г. системы полярных спутников с целью постоянной фотосъемки облачности, изучения атмосферы и озона.

Стенд с продукцией международного консорциума "Arianespace"

Особенно впечатлял своими характеристиками проект немецкой фирмы "Dornier SS", предусматривающий обеспечить космическое управление воздушным транспортом с более высокой точностью и надежностью, чем существующие аналогичные системы — американская "GPS" и российская "Глонасс". Европейская навигационная космическая система "ENSS" (GNSS-2, глобальная навигационная спутниковая система) должна состоять из 12

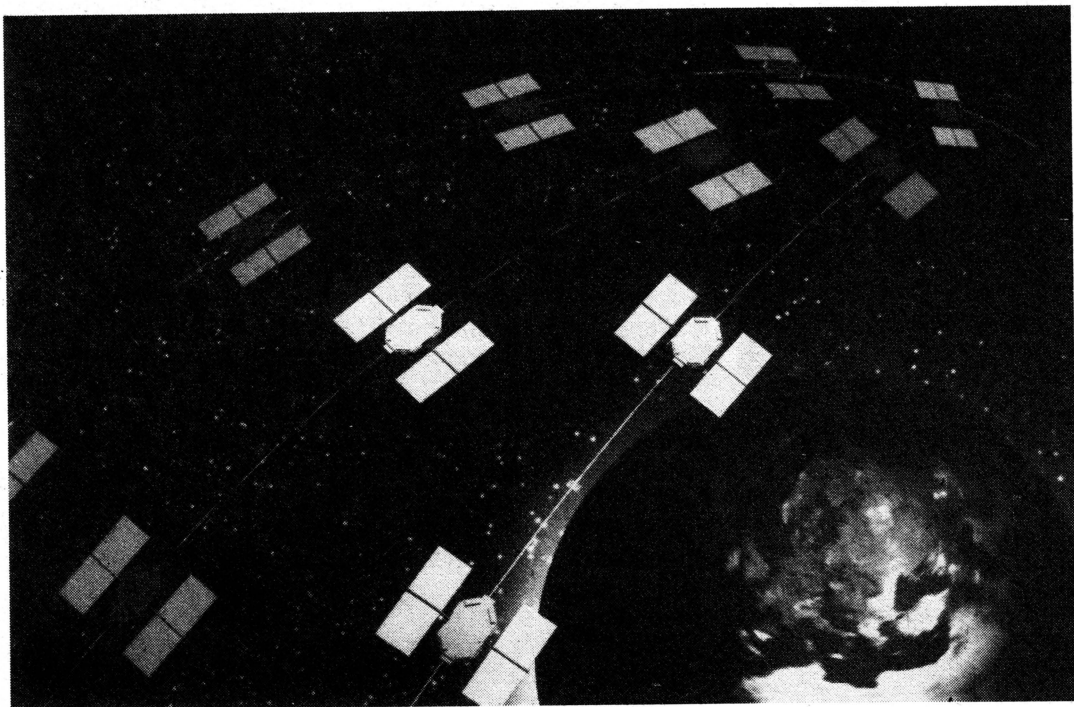
Схема перспективной навигационной спутниковой системы "ENSS" (рисунок ESA)



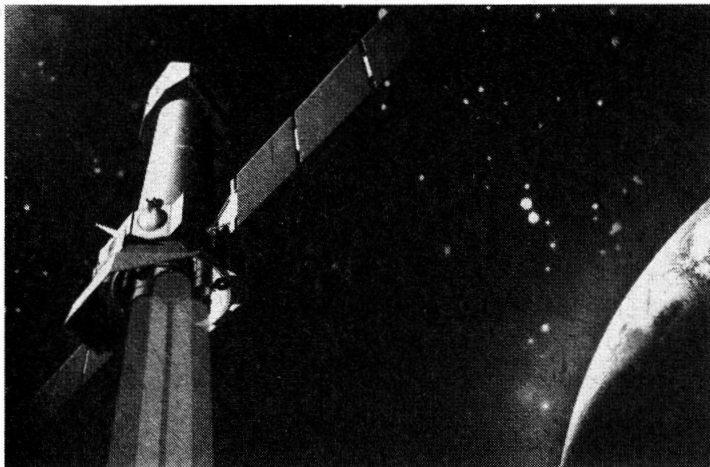
ИСЗ и ее рассчитывают ввести в действие в ближайшие 5–10 лет. Проектируемая точность определения местонахождения любого объекта составит около 7 м, по сравнению со 100 м ("GPS") и 30 м ("Глонасс").

В ряду научных проектов наибольший интерес

представляла рентгеновская обсерватория "XMM" (X-ray multi mirror, ESA), стартующая на РН "Ariane-5" в середине 1999 г. В проекте участвуют 46 компаний и ученые из 14 стран. Самый крупный европейский КА (длина 11 м и масса 4 т) снабжен тремя рентгеновски-







Европейская рентгеновская обсерватория "ХММ" (рисунок ESA)

ми телескопами косоугольного падения (площадь зеркал 120 м<sup>2</sup> и фокальная длина 7,5 м), имеющими спект-

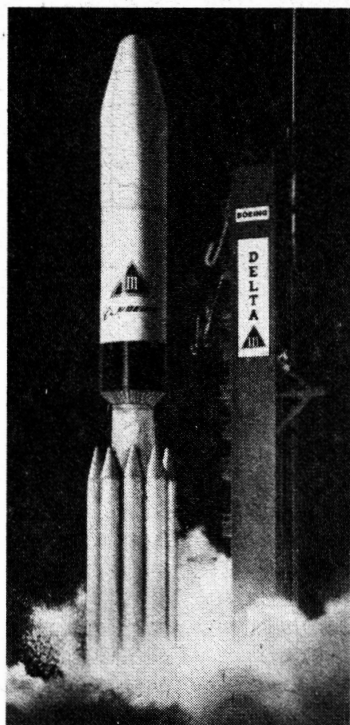
ральный диапазон от 0,35 до 2,5 кэВ. Ученые надеются, что за 10 лет работы "ХММ" сможет зарегистрировать около 30 тыс. рентгеновских источников с беспрецедентными доселе подробностями.

В одном из павильонов, где размещалась экспозиция NASA и американских космических фирм, привлекал внимание проект космического инфракрасного телескопа "SIRTF" (Space infrared telescope facility), рассчитанный на работу в течение 5 лет. Он позволит наблюдать сквозь межзвездную пыль рождение звезд, обнаруживать иные планетные системы и галактики "на краю" Вселенной. Запуск обсерватории запланирован на декабрь 2001 г. с мыса Канаверал РН "Delta-2".

Следующее поколение ракет-носителей семейства "Delta", используемых с 1960 г., разрабатывает известная фирма "Boeing". Новые РН предназначены для удовлетворения спроса на запуски КА ракетами

промежуточного класса, по своим характеристикам находящимися между тяжелыми и средними носителями. На стенде фирмы был представлен макет такого типа РН – двухступенчатая "Delta-3", позволяющая запускать ИСЗ массой до 8,3 т на низкие орбиты и до 3,8 т на геостационарную. Первый старт "Delta-3" намечен на июнь 1999 г. со спутником связи "Galaxy-10", а ее срок использования оценивается в 10–15 лет. Рекламировался и проект новой РН "Delta-4" с модульным построением ступеней, как на российской "Ангаре". Данный класс транспортных средств, позволяет запускать КА с диапазоном масс от 8 до 14 т. Перспективные носители типа "Delta-4" предполагают создавать в период 2001–2010 гг.

Для космических отраслей многих стран ILA-98 стала единственной международной выставкой в 1998 г., где они могли представить свои достижения. Но главное, чем привлекала специалистов и посетителей нынешняя экспозиция, – это обилие перспективных космических проектов, позволивших заглянуть в начало будущего века.



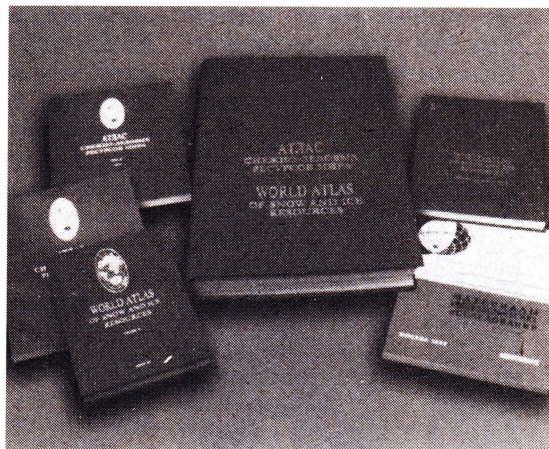
Макет американской ракеты-носителя нового поколения "Delta-3" (рисунок фирмы "Boeing")

С.А. ГЕРАСИУТИН

Фото автора

## Картографическая энциклопедия криосферы Земли<sup>1</sup>

Гляциологи России встречают рубеж тысячелетий выпуском фундаментального научного произведения – Атласа снежно-ледовых ресурсов мира. Это крупнейшее достижение мировой гляциологической науки: фолиант форматом 50 × 40 см – более 1000 карт почти на 400 страницах. Атлас сопровождают 5 томов книг, поясняющих содержание, методику создания и использование карт, обеспечивающих возможность работы для англоязычного читателя над Атласом.



### СОЗДАТЕЛИ АТЛАСА

Замечательное свойство картографического изображения состоит в том, что оно способно передать наибольший объем географической информации за кратчайшее время. Поэтому накопленные человечеством знания о Земле и планетах принято представлять в виде картографических атласов.

Ко 2-й половине XX в. накопился огромный материал наблюдений на ледниках, он был сведен в десятки томов каталогов ледников, содержащих информацию о каждом леднике – его по-

ложению, размерах и типе. Для полярных областей Земли новый поток гляциологических знаний воплотился в атласах Антарктики и Арктики. Однако мир снега и льда на всей планете оставался картографически неосвещенным. Эту задачу выполнили гляциологи нашей страны. Атлас – итог их многолетней, трудоемкой работы.

Отмечая сегодняшний успех, следует вспомнить академика **Г.А. Авсюка** (1905–1988), под руководством которого эта работа начиналась. Воспитанник Константиновского межевого института, он хорошо понимал значимость для гляциологии количественных методов: геодезического, фотограмметрического и картографического. Его научные идеи и прин-

<sup>1</sup> Атлас снежно-ледовых ресурсов мира / отв. ред. акад. В.М. Котляков. РАН. 1997. 392 с.



*Группа составителей Атласа снежно-ледовых ресурсов Мира. В центре – научный руководитель издания академик В.М. Котляков*

ципы, были приняты отечественными гляциологами. В период Международного геофизического года (1957-1958) Г.А. Авсюку удалось сплотить в единый эффективный работающий научный коллектив гляциологов страны, среди которых было много молодых ученых. Г.А. Авсюк был одним из самых активных членов редколлекции журнала “Земля и Вселенная” и много сделал для того, чтобы на страницах этого журнала выступали крупные ученые.

Эти традиции продолжает академик **В.М. Котляков** – директор Института географии РАН, президент Гляциологической ассоциации России и в 1987-1991 гг. – Международной комиссии снега и льда. Именно он выступил с инициативой создания Атласа и сумел привлечь к этой работе более 300 ученых из 40 организаций страны – академических институтов, высших учебных заведений, Гидрометеослужбы. Немало зарубежных институтов и организаций предоставили для него свои материалы. Атлас стал весомым вкладом России в Международную гидрологическую программу и в Международную геосферно-биосферную программу.

Работа над Атласом продолжалась четверть века; главная роль в его создании принадлежала Институту географии РАН.

#### ШЕСТЬ МАСШТАБНЫХ УРОВНЕЙ

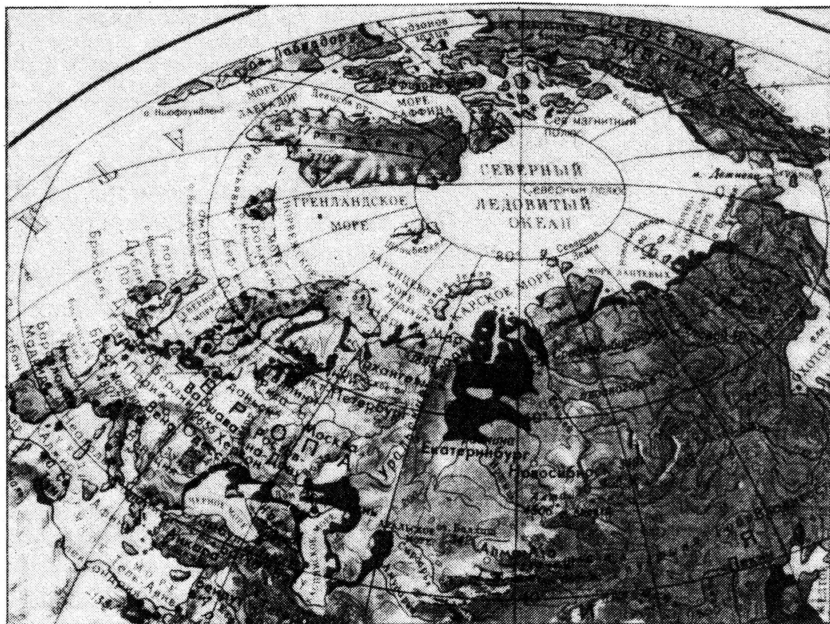
Атлас последовательно характеризует снежно-ледовые ресурсы на шести территориальных уровнях: мир, матери-

ки, природные регионы, горноледниковые области, ледниковые районы и отдельные ледники.

Карты охватывают **17 научных тем**, многогранно раскрывающих всю жизнь снега и льда на Земле, историю их исследования, гляциологическое районирование, условия существования снега и льда, режим и изменчивость снежно-ледовых явлений во всем их многообразии (снежный покров, его толщина и продолжительность залегания, снежные лавины и гляциальные сели, морские, озерные и речные льды, подземные льды и наледи). Особенно многопланово представлены ледники – их морфология, аккумуляция снега, таяние и движение льда, баланс массы и колебания ледников, их изменения во времени. В завершение приведены впервые подсчитанные **запасы всех видов снега и льда** для горноледниковых районов. А поскольку основной ресурс, обеспечиваемый ледниками, – вода, то характеристика всех горных стран и горноледниковых районов завершается картами талого ледникового стока, основного источника влаги для сельского хозяйства крупнейших районов таких стран, как Средняя Азия, Китай, Индия.

Дефицит пресной воды заставляет в поисках ее резервов не ограничиваться таянием горных ледников. В Атласе обращено внимание на возможность использования льда айсбергов, огромные поля которых откалываются от шельфовых ледников Антарктиды. Атлас показывает рациональные пути их транспортировки.

Научное значение этой, по сути, картографической гляциологической энциклопедии дополняется сугубо практическими аспектами, вынесенными в специальную прикладную часть. Там рассмотрены пути и возможности **рационального использования снежно-ледовых ресурсов** и борьбы с вредным влиянием снега и льда – стихийны-



ми снежно-ледовыми явлениями: градом, изморозью, гололедом, снегозаносами, снежными лавинами и селями.

#### ЗЕМЛЯ БЕЗ ЛЕДНИКОВ?

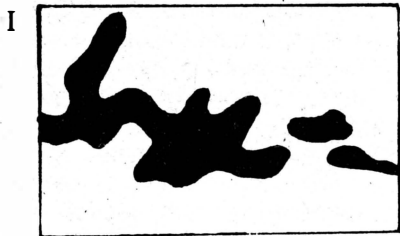
Снег и лед – динамичные явления. Они чутко реагируют на смену сезонов и испытывают многолетние и вековые колебания, связанные с изменениями климата и циклами солнечной активности. Атлас многопланово отражает эту динамику. В нем есть и ретроспектива – карты древнего оледенения, ледниковых щитов, покрывавших приполярные зоны Земли десятки тысяч лет назад, ледниковых языков, растекавшихся от них. В динамике представлено и современное горное оледенение. Карты режима ледников показывают современную динамическую картину и подразделяют их в зависимости от того, наступают или отступают ледники в последние десятилетия. На фоне повсеместной деградации оледенения Земли с конца прошлого века наблюдаются периоды их общей активизации и даже наступания отдельных ледяных потоков. Особо в издании отмечен феномен пульсирующих ледников, периодически значительно ускоряющих свое движение и порой вызывающих стихийные бедствия.

На фрагменте карты "Мир без ледников" показаны зоны затопления в Евразии в случае стаивания всех льдов на Земле. Под уровень океана уйдут острова и архипелаги, многие крупные города-порты

Взгляд в прошлое и динамическая картина настоящего дополнены прогнозом будущего. Поведение ледников в условиях ожидаемого потепления климата, влияние таяния ледниковых покровов на подъем уровня моря и жизнь прибрежных территорий волнует жителей Земли. Поэтому карта "Мир без ледников" привлечет внимание каждого – она показывает, что по расчетам, если растают все льды, уровень океана поднимется на 68 м (в этих расчетах учтено даже изостатическое поднятие материков, освобождающихся от ледового груза). В результате десятки столиц и крупнейших городов мира окажутся затопленными.

ФИЛИГРАННОЕ КРУЖЕВО ЛЕДНИКОВ – ВПЕРВЫЕ НА КАРТАХ

Атлас сделал огромный вклад в гляциологическую науку, открыл новые возможности ее дальнейшего развития. Но очень существен вклад атласа и в мировую картографию, в картографи-



ческое отображение оледенения. Впервые в истории российской и мировой картографии удалось отобразить на картах мелкого масштаба реальную картину распространения ледников в горах. До этого уникального издания горное оледенение изображалось, да и сейчас изображается, весьма схематически, достаточно взглянуть на карты старого Атласа мира или только что вышедшего нового географического атласа России.

Ко времени начала работы над Атласом только Канада и Норвегия издавали **мелкомасштабные карты ледников** в их реальных границах. Теперь они созданы для всех горных районов мира. Это потребовало большой и трудоемкой работы. Горные ледники – относительно не крупные объекты, отображающиеся в достаточной мере лишь на крупномасштабных картах – (1 : 25000–1 : 50000). Однако при создании топографических карт этих масштабов нередки досадные ошибки в изображении ледников, например, их покрытые моренным материалом концы обычно исключаются из общей площади, хотя они органично связаны с ледником. Поэтому топографические основы карт Атласа проверялись по аэрофотоснимкам или космическим снимкам. Чтобы правильно передать сложный рисунок контуров горных ледников при 20–100-кратном перепаде масштабов, потребовалось разработать **специальную**

*Ледники Центрального Кавказа на картах общегеографического Атласа мира, изданного Государственной картографической службой (1) и в Атласе снежных и ледовых ресурсов Мира (2). Детальность изображений увеличилась во много раз*

**методику картографической генерализации.** Она позволила сохранить характерные особенности рисунка ледников разных морфологических типов.

#### ЛЕДНИКИ С КОСМИЧЕСКОЙ ОРБИТЫ

Одна из характерных особенностей Атласа – использование в нем **космической информации.** Работа над ним началась 25 лет назад, когда только еще начал накапливаться фонд космических снимков. Специально для Атласа была реализована гляциологическая программа наблюдений и съемки ледников с борта орбитальной станции “Салют-6” (1980 г.). Космические экипажи проходили предполетную гляциологическую подготовку, тренируясь на Памире в выполнении аэровизуальных наблюдений, а затем с борта орбитальной станции вели наблюдение за пульсирующими ледниками гор Средней Азии. Впервые была выполнена съемка ледников Патагонии в Южной Америке, которая до этого не удавалась по условиям облачности. Эти снимки легли в основу характеристики оледенения Южной Америки.

Известно, что карта не терпит пустоты. В Атласе охарактеризованы и такие районы, где никогда не проводились экспедиционные гляциологические исследования, например, хребет Каракорум. По космическим снимкам удалось не только показать распределение и морфологические типы ледников в этом районе, но охарактеризовать даже их режим.

Разнообразные карты сменяют друг друга. Их множество. На одних ледники представлены выразительно и художественно – это топографические карты ледников, подобных Алевскому в Альпах, гляциогеографическая и другие тематические карты оледенения Эльбруса; на других – менее удачно. Но

хорошо известно, сколь выразительно, часто просто красиво изображение ледников на космических снимках. К сожалению, таких космических снимков в издании нет. А ведь они его украсили бы, обогатив представление об отдельных ледниках и ледниковых районах.

#### СОЗДАНА ТОЧКА ОТСЧЕТА

Широко известно изречение, что **карта есть альфа и омега географии**. Ею начинается и завершается исследование. А затем продолжается по созданной карте.

Фундаментальное научное значение Атласа состоит в том, что зафиксировано состояние снега и льда на Земле

на 60–70-е годы нашего века. Создана точка отсчета, и поколения ученых будущего, несомненно, будут обращаться к нему, изучая происходящие глобальные изменения.

Атлас снежно-ледовых ресурсов мира вписывается в концепцию университетской школы географической картографии, утверждающую познавательную роль карты как источника новых научных знаний. Он дает богатейший материал для дальнейших научных исследований.

*Ю.Ф. КНИЖНИКОВ,*

*доктор технических наук*

*Московский государственный университет*

*им. М.В. Ломоносова*

## Информация

### Луна помогает запуску спутников

Спутник связи “Азиасат-3”, построенный по заказу сингапурских компаний американской фирмой “Hughes Electronics”, в декабре 1997 г. не вышел на заданную геостационарную орбиту. Четвертая ступень российской ракеты-носителя “Протон” перевела его на вытянутую эллиптическую орбиту с перигеем 350 км. Кроме того, орбита имела наклонение 51° вместо необходимого – около 0° (экваториальная). Это привело к срыву программы полета. Страховая компания возместила убытки за потерю спутника. “Азиасат-3”, предназначенный для длительного

использования, имел на борту значительный запас топлива. В начале 1998 г. специалист по баллистике фирмы “Microcosm” в Лос-Анджелесе (шт. Калифорния) Р. Райднур предложил компании “Hughes” методику перевода ИСЗ на рабочую орбиту со сравнительно малым расходом топлива. “Hughes” воспользовалась этой идеей для дальнейших разработок метода “спасения” спутника при помощи лунного тяготения.

В апреле–мае 1998 г. двигательная установка “Азиасат-3” повысила орбиту полета космического аппарата. “Азиасат-3” изменил наклонение орбиты, постепенно приближаясь к Луне. Планомерные включения двигателей помогают спутнику перейти затем на геостационарную орбиту. Оставшееся на борту топливо не позволяет ИСЗ полностью выполнить свои задачи, но создает прецедент по использованию гравитацион-

ных маневров для выхода других КА на нужную орбиту.

В настоящее время баллистики изучают возможность, используя аналогичные методы, существенно уменьшить стоимость запусков космических аппаратов к Марсу. Установлено, что новая европейская ракета-носитель “Ариан-5” при запуске АМС к Марсу сможет взять дополнительное научное оборудование массой до 800 кг, которое останется на переходных околоземных орбитах. Европейское космическое агентство на этой операции может “заработать” около 1 млн. долларов. В сравнении со стоимостью АМС “Марс Патфайндер” (США) данный метод позволяет в 10 раз удешевить программу межпланетного полета и снизить расходы на изготовление космического аппарата до 25 млн. долларов.

*New Scientist, 1998, 158, 2134*

## Первая книга выдающегося двигателестроителя



В.П. Глушко, 1924 г.

Основоположник отечественного ракетного двигателестроения академик В.П. Глушко (1908–1989 гг.), внесший существенный вклад в развитие науки и техники, был яркой, незаурядной творческой личностью (Земля и Вселенная, 1998, № 5). В автобиографи-

ческом очерке “Рождение мечты и первые шаги” (“Путь в ракетной технике”, М., 1977 г.) он подробно описал начальный этап своей многогранной деятельности. В 20-е годы он увлекался научно-фантастическими романами, читал книги по астрономии, проводил астрономические наблюдения в обсерватории, переписывался с К.Э. Циолковским...

Жадно впитывая в себя все относящееся к космосу и межпланетным путешествиям, Валентин Глушко ощущал потребность поделиться своим энтузиазмом и приобретенными знаниями тех, кого пытливая мысль уносила за пределы земного тяготения. Он вспоминал: “С 1922 г. я вел активную работу по сбору материала для написания двух задуманных книг“. Первая имела название “История развития идеи межпланетных и межзвездных путешествий”, вторая – “Необходимость межпланетных сообщений”, рукопись которой была завершена в 1924 г. Вчерашний школьник, всей душой и помыслами стремящийся в таинственные просторы Вселенной, “задался целью убедить широкие читательские круги этим научно-популярным трудом не только в полезности, но и в неизбежной необходимости осуществления межпланетных полетов”. Ее издание поддержали председатель Российского общества любителей мироведения, почетный академик Н.А. Морозов и известный популяризатор науки Я.И. Перельман. Рукопись долго находилась в Госиздате, неоднократно дорабатывалась, изменилось и назва-

ние – “Проблема эксплуатации планет” (1929 г.). Однако книга так и не была издана. Только по прошествии почти 70 лет ее удалось опубликовать в 1998 г. небольшим тиражом в НПО Энергомаш им. академика В.П. Глушко – в организации, которую Валентин Петрович долгие годы возглавлял.

В книге 14 глав. Бросается в глаза глобальность рассматриваемых проблем, четкое определение “болевых точек”, акцент на необходимость будущего человечества в завоевании межпланетного пространства. Поражает широта кругозора юного автора, черпавшего и систематизировавшего сведения из многообразия естественных и гуманитарных наук.

Первая часть “О будущем Земли” начинается с главы “Конец света”, где идет речь об опасностях и катаклизмах, подстерегающих Землю из космоса. Многообразны причины возможной гибели всего живого. Тут и взрыв Солнца под действием чудовищных внутренних давлений и температуры, и столкновение планеты с каким-либо небесным телом – кометами и метеоритами, и изменение орбиты движения, и прохождение через облака космической пыли... Автор не просто перечисляет катастрофические явления. Он рассматривает их природу, приводит статистику появления новых звезд, хронологию наблюдения комет, дает описание случаев падения метеоритов.

Во второй главе затрагивается проблема солнечно-земных связей. Автор рисует впечатляющую картину эволюции материи и образования молодых звезд, их развитие и старение. Проследживается фатальная зависимость климатических условий на Земле от поведения Солнца (ведь даже временное падение температуры всего лишь на несколько градусов вызывало ледниковые периоды!).

В следующей главе “Борьба с иссыханием планеты” подробно анализируется влияние воды на климат Земли. Автор уверенно оперирует сведениями из различных наук – палеонтологии, минералогии, географии, геологии, химии. Делается неутешительный вывод: “...не далек тот момент, когда атмосфе-

В. П. ГЛУШКО

## ПРОБЛЕМА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАНЕТ

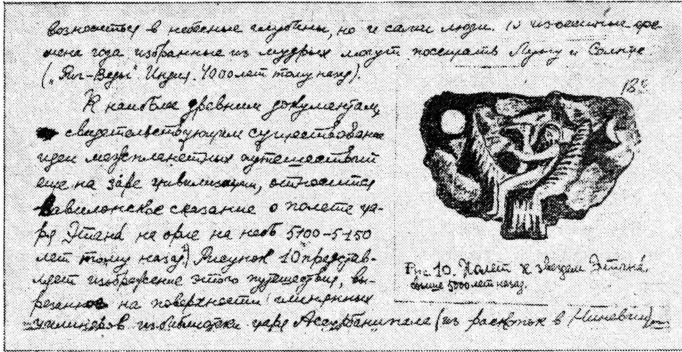
1929

ра на земном шаре сделается настолько бедной углекислотой, водяными парами и кислородом, а почва – водой, что жизнь сделается сначала затруднительной, затем невозможной”.

В четвертой главе “Сейсмические катаклизмы” рассматривается влияние геологических изменений на органическую жизнь планеты. Этой главе, впрочем как и всей книге, свойствен увлекательный стиль изложения с раскрытием сущности фундаментальных процессов. После исследования “возможного вредного влияния на человечество и его культуру космических и гео-физико-химических факторов” молодой автор перекладывается на другие опасные последствия, порожденные не природой, а самим человеком. При этом затрагиваются основы обществоведения и футурологии.

В главе “Проблема перенаселения” перечисляются факторы, способствующие быстрому увеличению численности землян (улучшение условий жизни и





Фрагмент рукописи с рисунком  
 Валентина Глушко для его кни-  
 ги (1929 г.)

труда, успехи медицины, генетики). Автор уверен, что не за горами время, когда человеческий век приравняется к сотням лет. Резюме этого эмоционально написанного раздела следующее: устранение всех факторов, мешающих естественному развитию человечества, неизбежно приведет к тому, что через несколько столетий "Земля не будет в состоянии прокормить и приютить всех своих сынов".

В седьмой главе В. Глушко выступает как экономист, прослеживая динамику расходования сырьевых и топливных ресурсов планеты. Прогноз и здесь пессимистичен: неминуем сырьевой и топливный голод, ибо "рука человека без всякого расчета истребляет те небольшие ограниченные запасы, которыми нас наградила природа". Однако указывается два фактора, позволяющих компенсировать потребляемые ресурсы, — использование солнечной энергии и завоевание внутриатомной энергии.

Глава "Пути прогресса" посвящена проблеме гибели современной цивилизации. Хорошее знание истории позволяет автору убедительно иллюстрировать теорию волнообразного развития человечества. К счастью, его мрачный прогноз об упадке современной ему цивилизации в случае возникновения новой мировой истребительной войны не подтвердился.

В следующей главе В. Глушко не оставляет без внимания и другие опасности, подстерегающие землян (разрыв земной коры под действием образующихся в недрах легких газов, наводнения, ураганы, эпидемии).

Постепенно читателя подготавливают к восприятию главной идеи книги, излагаемой во второй части "О будущем человечества", — необходимости завоевания межпланетного пространства. Вдохновленный классическими работами гениального К.Э. Циолковского, В. Глушко пытается строго, с привлечением статистических данных обосновывать необходимость освоения космического океана. По его мнению, переселение "стесненного человечества" с Земли на другие планеты позволит ему устроиться в несравненно лучших условиях, чем на Земле. Прорыв в космос обогатит людей новыми возможностями, расширит границы познания. Автор не исключал встречи с разумными существами, ушедшими дальше землян по пути прогресса. Текст пронизан убеждением, что можно многое позаимствовать у них, тем самым продвинуть цивилизацию к познанию мира и совершенству.

В 11-й главе обстоятельно рассматривается значение космических путешествий для науки, искусства и экономики. Интересны и оригинальны рассуждения В. Глушко на тему: "Искусство и новые миры". Призыв: "На помощь небо!" — это удовлетворение эстетических потребностей на века. Космос поможет возродиться угасающему человечеству и найти свежие идеи, послужит мощным импульсом для еще большего развития интеллекта.

В главе "Колонизация Солнечной системы" вначале дается обзор работ основоположников космонавтики — К.Э. Циолковского, Р. Годдарда и Г. Оберта, которые обосновали возможность осво-

ения Вселенной с помощью ракетно-космических средств. Не сомневаясь, что "...людям XX века предстоит прорубить окно во Вселенную и впервые ринуться в бездны космического океана", автор с прагматических позиций, оперируя математическими выкладками, рассматривает Солнечную систему как неисчерпаемый источник сырья и энергии. Приводятся расчеты, показывающие возможность эффективного накопления и концентрации солнечной энергии. В. Глушко как инженер оценивает перспективы использования невесомости и космического холода: строительство легких и протяженных в пространстве сооружений, получение сверхчистых веществ, сварка и литье.

Космос для В.П. Глушко не только рабочая мастерская, но и сфера обитания грядущих поколений человечества в созданных его коллективным разумом и трудом "заоблачных колониях". Он верил, что в космических городах будут созданы колоссальные научные и промышленные центры, делая жизнь каждого человека легкой и безмятежной. В общих чертах рассмотрены возможность обитания на других телах Солнечной системы в главе "Жизненные условия на небесных телах".

Последняя глава ("Межпланетные и межзвездные странствования") начинается с исторического обзора идеи космического полета. Он мечтает о полетах со скоростью света, считая это чрезвычайно сложной, но разрешимой проблемой. Недавний школьник, студент физико-математического факультета Петербургского университета с уверенностью заявляет: "Пройдут многие годы, и появится новый Колумб, который, первый прорубив окно во Вселенную, положит начало новой эпохи в развитии человеческой цивилизации — эпохи межпланетной".

Книга и сегодня производит яркое впечатление, она буквально пронизана одаренностью, на ней лежит отблеск незаурядного таланта. Дальнейшая жизнь академика В.П. Глушко наглядно и убедительно показала, что сочетание редкого трудолюбия, острой целенаправленности и сильной воли позволили ему засиять звездой первой величины в созвездии славных имен отечественных ученых и конструкторов.

*В.К. СТАРКОВ,  
кандидат технических наук  
НПО Энергомаш им. В.П. Глушко*

## Информация

### **Памятник радиотелескопу**

В 1931 г. Карл Янский, инженер лаборатории им. Белла, впервые в мире зафиксировал радиоволны, поступающие на Землю из космического пространства. Его

открытие стало началом радиоастрономии, хотя систематические наблюдения в этой отрасли астрономии начались лет на 15 позже. Сейчас невозможно представить себе развитие астрономии без того вклада, который привнесла в нее радиоастрономия.

Сотрудник той же лаборатории астрофизик Э. Тайсон потратил около 10 лет на розыски точного места, где находилась антенна К. Янского. В архиве одного давно скончавшегося сотрудника нашлись записные книжки Янского,

в которых место было названо. После этого проверили старые аэрофотоснимки, где оказались изображения необычной радиостанции.

В июне 1998 г. в пригороде г. Меррей-Хилла, штат Нью-Джерси, состоялось торжественное открытие монумента в память астрономического открытия. Памятник представляет уменьшенную до 4 м копию антенны Карла Янского.

*New Scientist, 1998, 158, 23*

## Июнь – сентябрь 1998 г.

За три месяца лета и сентябрь 1998 г. отдел сейсмического мониторинга Геофизической службы РАН зарегистрировал и обработал **299 землетрясений**, информация о которых своевременно передана в Министерство по чрезвычайным ситуациям РФ и в другие заинтересованные организации.

Большинство эпицентров располагалось в **основных сейсмически активных регионах** России и всего земного шара: на Дальнем Востоке (Курило-Камчатская зона, Сахалин) – 39 землетрясений, на Кавказе – 8, в Прибайкалье-Забайкалье и Восточной Сибири – 24, в Тихоокеанском сейсмическом поясе (Алеуты, Япония, Индонезия, Филиппины, Марианские острова) – 92; в Центральной Азии (Средняя Азия, Афганистан, Индия, Китай, Пакистан, Иран) – 82, в Средиземноморье – 19, в Центральной Америке и в Северо-Атлантике – 35.

Для России сейсмическая обстановка была относительно спокойной, хотя по-прежнему “трясло” Камчатку, Курилы, Сахалин, Кавказ и другие

районы, подверженные подземным толчкам. Самым сильным было землетрясение **на Камчатке** с  $M = 6,6$ , ощущавшееся силой 5 баллов в г. Петропавловске-Камчатском. Эпицентр его находился в море, поэтому жертв и разрушений не было. На Камчатке из 19 землетрясений с магнитудой более 3,5 ощущались три: одно силой 5 баллов, еще два – силой 2-3 балла.

На Курильских островах наблюдалось относительно затишье. Здесь из 16 землетрясений с  $M = 3,2-5,1$  ощущалось лишь одно (силой 2-3 балла) – в г. Курильске.

**Активизировался район г. Нефтегорска** на Сахалине. В поселке Сабо, расположенном в эпицентральной зоне разрушительного Нефтегорского землетрясения 1995 г. (Земля и Вселенная, 1995, № 5) с  $M = 7,5$  отмечены четыре толчка с магнитудой более 3,5, три из которых ощущались в 5-6 баллов.

**На Байкале** из девяти землетрясений с  $M = 3,1-4,5$  шесть – ощутимых. Максимальное из них произошло в поселке Лист-

вянка Иркутской области (3-4 балла).

“Редким” было землетрясение в **Горном Алтае**, обычно спокойном. Его магнитуда – всего 3,2, но силой 1-2 балла оно ощущалось в городах Новокузнецке, Прокопьевске, в поселках Ельцовка и Киселевск.

На востоке России, на границе ее с Монголией и Китаем зарегистрирован ряд землетрясений: одно с  $M = 4,4$  ощущалось силой 2-3 балла в поселке Олёкма в **Якутии**; два (с  $M = 3,9-4,1$  и силой до 5 баллов) – в поселке Кульдур Хабаровского края, два с  $M = 3,1-5,7$  – в городах Закаменск и Улан-Удэ – силой до 2-3 баллов.

Из пяти кавказских землетрясений с  $M = 1,6-4,2$  четыре сопровождались заметными сотрясениями почвы в Анапе, Новороссийске, Пятигорске (от 2-х до 3-4-х баллов).

Остальные землетрясения на территории России были слабые (с магнитудой около 2-3) и умеренной силы (с магнитудой 3-5). В целом в России зафиксировано 24 ощутимых землетрясения. Они не вызвали ка-

ких-либо разрушений и человеческих жертв.

Среди землетрясений мира наибольший макросейсмический эффект вызван землетрясением в **Новой Гвинее** 17 июля с  $M = 6,9$ . Оно сопровождалось гигантскими волнами – цунами, вызванными колебаниями морского дна. В Папуа (Новой Гвинее) **от цунами погибло 2182 человека**, около 900 находятся на лечении в госпиталях. Волны цунами обрушились на берег со скоростью 300 км в час и принесли разрушения на протяжении 45 км вдоль моря и 2 км вглубь побережья, полностью смыв 7 прибрежных деревень. (Здесь и в дальнейшем все сведения о проявлениях землетрясений на поверхности, разрушениях, жертвах и др. получены из ИТАР-ТАСС.) Эпицентр землетрясения располагался вдоль Зондского желоба в зоне субдукции (поддвига) двух тектонических плит – плиты Бисмарка и Соломоновой плиты. (Как известно, основная часть землетрясений происходит по краям плит, так как несогласованность в их движении при любом направлении заставляет каменную толщу растрескиваться, высвобождая сейсмическую энергию. В зонах субдукции возникает большинство цунами.)

Очередное сильное землетрясение с  $M = 7,1$  “сотрясло” **тихоокеанское побережье Эквадора** – там, где литосферная плита Наска отклоняется вниз и пододвигается под Южноамериканскую пли-

ту. Подземный толчок 4 августа привел к разрушениям и человеческим жертвам: 3 человека погибли и более 100 получили ранения. Особенно пострадали город Баия-де-Каракас и 10 населенных пунктов провинции Манаби.

По-прежнему сейсмически активными оставались Япония и Китай. В районе Тайваня 11 августа произошло землетрясение с  $M = 5,5$ , эпицентр которого находился на расстоянии 190 км к северо-востоку от города Илань, на 80 км ниже морского дна. Несмотря на столь значительное удаление от острова, подземные толчки, местами до 2-х баллов, ощущались на обширной территории в его северной, восточной и центральной частях. Сообщений о жертвах и разрушениях, а также о возможности возникновения цунами не поступало.

Землетрясение с  $M = 6,3$  зафиксировано 3 сентября в префектуре Ивате, которая находится примерно в 500 км к северу от Токио. Его эпицентр, к счастью, пришелся на малонаселенный горный курорт Сидзукуиси. Однако 23 жилых дома остались там без электричества: рухнули линии электропередачи. Примерно в десяти местах на автодорогах образовались трещины. На ближайшей ветке скоростной линии “Синкансэн” остановлено движение поездов.

Землетрясение с  $M = 4,9$  было отмечено 15 сентября на северо-востоке Японии. Его эпи-

центр находился на глубине около 10 км от земной поверхности прямо под городом Сендай, административным центром префектуры Мияги. Несмотря на небольшую магнитуду, удары подземной стихии заставили содрогнуться даже очень крупные строения. В районе землетрясения временно приостановили движение пассажирских поездов, ввели ограничения на скоростных автодорогах.

В Китае от “подземной бури” пострадал больше всего Южный Синьцзян. На этот регион пришлось 18 землетрясений из 25 с  $M > 4,0$ . Несколько из них были ощутимыми. Уезд Цзяши Синьцзян Уйгурского автономного района (население 280 тыс.) постоянно подвергается сейсмическим ударам. В 1997 г. за первые 6 месяцев этот район Синьцзяна пережил сразу семь сильных подземных толчков, магнитуда которых превышала 6. Тогда погибло и было ранено множество людей, разрушено несколько десятков тысяч домов и административных зданий. В 1998 г. несколько мощных подземных толчков с магнитудой около 6 произошли в апреле. Они привели к гибели 9 человек и ранениям еще 40. Обрушилось более 3 тыс. жилых домов и административных зданий. В июле там было еще два 5-6-балльных землетрясения. Жертв и особых разрушений не отмечено. 2 августа зафиксировано землетрясение с  $M = 6,0$ . 27 августа этого

года – столь же сильное (с  $M = 6,3$ ) землетрясение в западной части региона. Толчки ощущались в Кашгаре и Кызылсу – Киргизском автономном округе, в Алма-Ате и Бишкеке (до 3-4 баллов). В Цзяши повреждены старые здания. Три человека погибли, еще 6 жителей получили ранения.

В высокогорном Тибете 3 сентября зарегистрировано землетрясение с  $M = 6,1$ . Подземная стихия нанесла удар по двум тибетским уездам. Сообщений о жертвах и разрушениях не поступало.

Землетрясение с  $M = 6,1$  23 августа ощущалось на Филиппинах: на острове Лусон, в том числе и в столице страны – Маниле. Магнитуда под-

земного толчка составила 6,1. Однако каких-либо подтвержденных сведений о разрушениях и погибших пока нет. Последний раз сильное землетрясение было на Филиппинах в июле 1990 г. Тогда его удар пришелся по главному острову страны, погибло 1600 человек. На этот раз многие жители поддались панике, опасаясь повторения трагедии 8-летней давности.

Землетрясение с  $M = 5,4$  отмечено 9 сентября в Южной Италии на границе Калибри с Базилликатой. На несколько часов было остановлено движение на горных отрезках автомагистралей из опасения камнепадов. Эпицентр землетрясения находился в Эгейском мо-

ре у побережья Греции. Известно об одном погибшем и 6-и обратившихся за помощью в больницы. Служба гражданской обороны провинции Потенца сообщила об ущербе, нанесенном нескольким церквям и многим жилым домам в ряде городов и их окрестностях. Среди наиболее пострадавших называют средневековую церковь Сан-Никола ди Мира в Кастеллчо Инферьере.

Ощутимое землетрясение с  $M = 5,2$  произошло 29 сентября на Балканах. Сильные толчки ощущались в Белграде, сербском городе Валево и в Черногории.

*О.Е. СТАРОВОЙТ  
Л.С. ЧЕПУНАС*

## Информация

### Где дно чужих океанов

Несколько лет назад астрономы пришли к выводу, что на спутнике Юпитера Европе под слоем льда может находиться жидкая вода. Космический аппарат “Галилео” прислал на Землю изображения ее поверхности, на которых отчетливо различимы гигантские льдины и айсберги, вмержшие в лед, а также замерзшие трещины, разделяющие ледовые поля.

Группа сотрудников Колорадского университета в г. Боулдере оценила возраст поверхности Европы в пределах от 2 до 50 млн лет по количеству кратеров, образовавшихся при столкновении Евро-

пы с другими небесными телами, кометами и астероидами. По их расчетам 90% кратеров порождено кометами. Столь “молодой” возраст говорит в пользу существования жидкой воды под слоем льда.

Сотрудница Корнельского университета в Итаке (штат Нью-Йорк) Джулия Ратбун смогла оценить толщину ледяного покрова. На снимках, полученных “Галилео”, заметны разбросанные в беспорядке ледяные купола диаметром у основания в несколько км. Предполагается, что такие купола образуются, когда потоки более теплой воды поднимаются из глубин к ледяной корке, но не могут протаять ее насквозь, а лишь поднимают верхний уровень. Подсчеты показали: толщина ледяного покрова не превышает несколько десятков км, а ниже – глубокий океан жидкой воды.

Сотрудница Калифорнийского

университета Маргарет Кивелсон считает, что и на Каллисто может существовать аналогичная ситуация, хотя на ее поверхности это не отражается. По данным “Галилео”, этот спутник не может генерировать своего магнитного поля, а то, что все же наблюдается, есть “эхо” сильного магнитного поля Юпитера. Такое индуцированное поле может возникнуть, если у Каллисто имеется электропроводящий слой. Им может быть океан глубиной около 10 км. Проводимость электрического тока в нем должна быть такой же, как у морской воды на Земле. Согласно расчетам, на расстоянии около 200 км под поверхностью Каллисто температура и давление таковы, что там возможно наличие воды в жидком состоянии.

New Scientist, 1998, 157, 23  
New Scientist, 1998, 158, 24

## Через 10 лет после Спитака...

7 декабря 1988 г. мир облетело тревожное сообщение: в Армении произошло сильнейшее землетрясение, разрушившее три города и приведшее к многочисленным жертвам. Это было **одно из самых разрушительных землетрясений на Кавказе** за весь период инструментальных наблюдений.

Следует сказать, что Спитакское землетрясение нельзя считать случайным. Армения и в прошлом не раз была ареной сильных землетрясений с огромными разрушительными эффектами. Некоторые из них произошли в зоне подготовки Спитакского землетрясения и оценены в эпицентре на 7–8 и более баллов. Напомним о них.

Еще в **893 г.** была практически полностью разрушена древняя столица Армении – город Двин, располагавшийся в Арагатской долине к юго-востоку от Еревана. Уцелело лишь около сотни

домов, погибло более 150 тысяч человек. Землетрясение сопровождалось подземным грохотом, а холм Нораблур, расположенный напротив горы Арташат, как записано в летописи, “был вытеснен вверх”. По данным “Нового каталога сильных землетрясений на территории СССР”, его магнитуда оценивается как 5,3; сила в эпицентре – 8-9 баллов.

Разрушительное землетрясение в **1046 г.** разрушило и г. Ани, куда была перенесена столица Армении после катастро-

фы 893 г. Новая столица располагалась на Карском плоскогорье, в долине р. Ахурян. Подземная стихия практически уничтожила город; развалины храмов и дворцов сохранились до сих пор. Магнитуда землетрясения составила 5,5; сила в эпицентре – 8 баллов.

Сильнейшее **Ленинканское землетрясение 1926 г.** произошло вблизи г. Ленинкана с магнитудой 5,2 и силой в эпицентре 7-8 баллов. Три толчка следовали друг за другом в пределах 1 часа и сопровождались значительными



*После Спитакского землетрясения 1988 г. Город Спитак разрушен на 90%.*

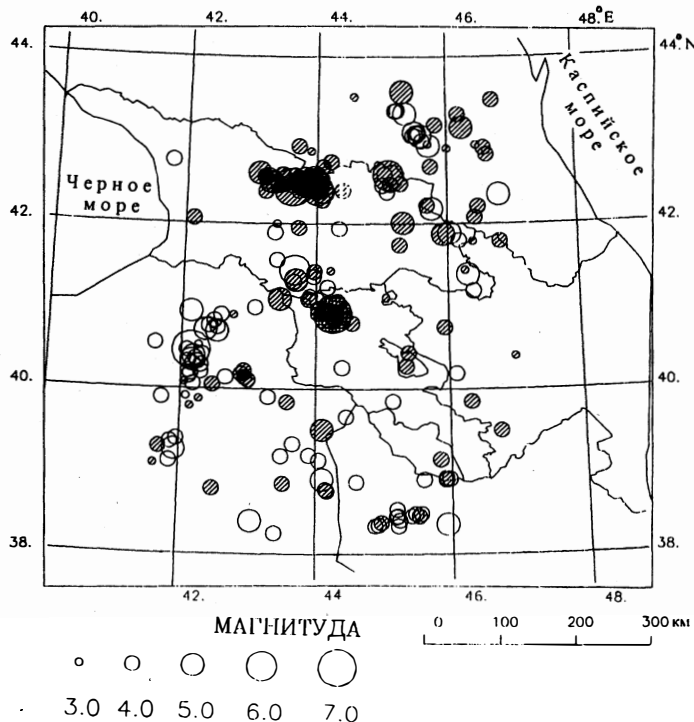
*Фото из архива Геофизической службы РАН*

*Пространственное распределение эпицентров землетрясений на Кавказе в 1979–1998 гг. (с магнитудами от 3,5 и более), произошедших до Спитакского землетрясения (полые кружки) и после (заштрихованные)*

разрушительными последствиями. Более 15 тыс. человек остались без крова. Таким образом, землетрясения, подобные Спитакскому, для населения этого района Армении не были неожиданностью.

В эпицентре Спитакского землетрясения 7 декабря 1988 г. сила подземных толчков оценена в 8-9 баллов (магнитуда 6,7). Толчки сопровождались образованием четко выраженных разрывов земной поверхности, многочисленных оползней и обвалов в горных районах. Общая протяженность зоны дислокаций составила около 35 км.

Сотрясение почвы почувствовала вся Армения. Эпицентр пришелся на город Спитак; он был разрушен на 90%, ближайšie к нему города Ленинакан и Кировакан – более чем на 40% и 20%, соответственно. По официальным данным погибло более 25 тыс. человек. В г. Ереване землетрясение ощущалось силой 5-6 баллов, в г. Горисе – 5 баллов. Практически весь Кавказский регион испытал воздействие этого события: в Боржоме и Табацкури отмечены толчки силой 6-7 баллов, в Тбилиси – 5-6 баллов; в Махачкале – 4 балла, в Грозном – 3-4; в Азербайджане (поселки Шеки и Шемаха) – 3 балла.

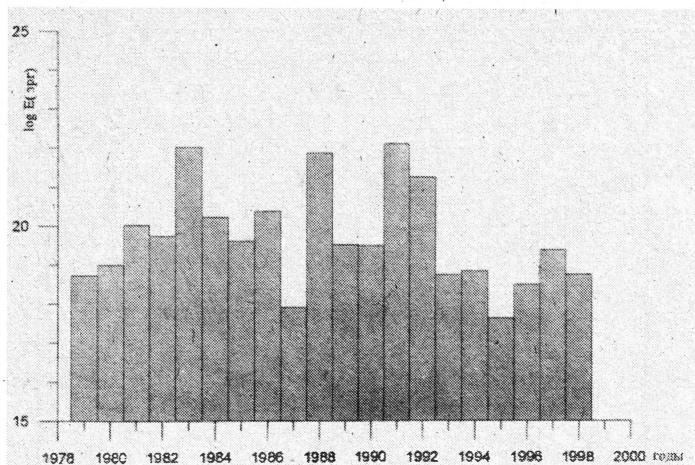


Интересно проанализировать, какова сейсмическая обстановка в этом регионе в настоящее время, спустя 10 лет после Спитакской катастрофы, и сравнить ее с той, что была за 10 лет до него. Используем однородный материал за 20-летний период наблюдений – с 1979 г. по май 1998 г. (“Сейсмологический бюллетень Геофизической службы РАН”). Выберем территорию площадью около 350 тыс. км<sup>2</sup>, ограниченную координатами 38,2-43,6° с.ш. и 41,6-47,0° в.д. (с центром в Спитаке) и охватывающую бывший Советский Кавказ и прилегающие районы Турции и Ирана. Эта территория, по мнению ряда сейсмологов, соответствует зоне подготовки Спитакского землетрясения.

Характер изменения сейсмического процесса во времени выявлен за 20 лет. Для каждого землетрясения с учетом магнитуды рассчитывалось значение выделявшейся энергии в эргах, и проводилось суммирование энергий для всех землетрясений, произошедших в течение года.

За 20 лет зафиксировано **шесть сильнейших землетрясений**, магнитуда которых  $M > 6,0$ . К ним приязаны четыре зоны эпицентров в различных частях изучаемой территории.

Первая из них сформировалась вокруг **Эрзерумского землетрясения**, которое произошло с магнитудой 6,8 вблизи турецкой границы на юго-западе анализируемой области 30 октября 1983 г. Землетрясение сопровождалось



*Высвобождение сейсмической энергии на Кавказе в период с 1979 г. по 1998 г. Величина выделившейся энергии  $E$  (в эргах) подсчитана для каждого землетрясения с учетом его магнитуды (проведено суммирование за год)*

многочисленными афтершоками в течение длительного времени (до десяти-одиннадцати месяцев), однако среди них не было ни одного с магнитудой больше 6,0.

Вторая – эпицентральная зона Спитакского землетрясения с магнитудой 6,7 – характеризуется только одним сильным событием. Афтершоковый процесс в этой зоне практически закончился к апрелю 1989 г. Такое развитие сейсмического процесса характерно для Кавказского региона и, следовательно, Спитакское землетрясение следует считать типичным для региона. Хотя возможна и другая картина развития афтершокового процесса. Так, в Узбекистане в 1976 г. в течение 40 дней (8 апреля и 17 мая) произошли два сильнейших Газлийских землетрясения с магнитудами 7,1 и 7,3.

Третья зона формировалась к северу от Спитакского землетрясения 29 апреля 1991 г. с магнитудой

6,8. Наблюдалась значительная афтершоковая активность, при этом у двух афтершоков магнитуды составили 6,2 и 6,1.

И, наконец, четвертая зона наблюдается к востоку от Рача-Джавы в районе **Барисахского землетрясения 23 октября 1992 г.** с координатами 42,58° с.ш. и 45,10° в.д. и магнитудой 6,3. В этой зоне произошло только одно сильное землетрясение со слабыми афтершоками.

В тот период, когда на Кавказе зарегистрировано 6 сильных землетрясений, отмечено **четыре резких всплеска сейсмической энергии**. В 1983 г. – одно землетрясение; в 1988 г. – одно землетрясение; в 1991 г. – три землетрясения; в 1992 г. – одно землетрясение.

В течение 10 лет до Спитакской катастрофы наибольшая величина сейсмической энергии пришла на 1983 г. – это год Эрзерумского землетрясения. Далее наблюдался спад сейсмической актив-

ности до декабря 1988 г. Следующий всплеск сейсмической энергии отмечается в декабре 1988 г. во время Спитакского землетрясения. В два последующих года наблюдается спад сейсмической активности, а в 1991 г. и 1992 г. резкий ее подъем (Рача-Джавские и Барисахские землетрясения). В последующие годы (1993–1998 гг.) уровень сейсмической энергии снизился и оставался практически одинаковым, не отличаясь от фона.

Таким образом, в Кавказском регионе за период 1979–1998 гг. сейсмический процесс развивался во времени с юга от Эрзерума на северо-восток к Спитаку, далее на север к центральной части северной Грузии (Рача-Джава) и наконец на восток Грузии – к Барисаху. Есть некоторые основания говорить об определенной тенденции в разрядке сейсмической напряженности на площади, расположенной в центре Кавказа.

*О.Е. СТАРОВОЙТ,  
кандидат физико-математических наук*

*Л.С. ЧЕПКУНАС,  
кандидат физико-математических наук  
Геофизическая служба РАН  
(г. Обнинск)*



## Документальные штрихи к биографии С.П. Королёва

Недавно выпущен новый сборник трудов выдающего ученого и конструктора ракетно-космической техники академика С.П. Королёва ("Свет и тени в истории космонавтики. Избранные труды и документы", под общей редакцией академика Б.В. Раушенбаха, М., "Наука", 1998 г.), дополняющий издание 1980 г. ("Творческое наследие академика С.П. Королёва. Избранные труды и документы"). Сборник содержит более 100 ранее не публиковавшихся документов, связанных с историей космонавтики и творческой биографией С.П. Королёва. Собранные материалы воссоздают объективную картину развития отечественной ракетно-космической техники в период 1931-66 гг. и позволяют уточнить исторические оценки, успешно решить задачу обобщения творческого наследия ученого.

Сборник состоит из четырех разделов. Первый – "Феномен С.П. Королёва", посвящен анализу основных вех конструкторской деятельности академика и обоснованию принципов отбора документов для сборника. Во втором разделе ("Выбор пути. 1924-45 гг.") впервые публикуются архивные материалы авиационных разработок и первых проектов в области ракетной техники периода работы Сергея Павловича в ГИРДе и РНИИ.

В третьем разделе "Исторический рубеж" подобраны документы послевоенного периода (1946-57 гг.), освещающие различные стороны деятельности С.П. Коро-



лёва как главного конструктора и организатора работ по созданию ракетных систем многих типов – крылатых, геофизических и военного назначения. Особое место занимают материалы, относящиеся к работам по межконтинентальным баллистическим ракетам и запуску первого ИСЗ, а также задачам изучения космоса.

Документы по формированию отечественных космических программ помещены в четвертом разделе – "Восхождение на вершину" (1958-66 гг.). В основном это материалы о разнообразных аспектах проектирования космических аппаратов, перспективных проектах и концепции развития ракетно-космической техники. Важной частью этого раздела стали документы, отражающие историю создания сверхтяжелой ракетно-космиче-

ской системы "Н1-Л3", предназначенной для пилотируемой экспедиции на Луну. Ракетный комплекс "Н1-Л3" стал "лебединой песней" в жизни основоположника практической космонавтики, поэтому эти материалы наиболее ценны для понимания перспектив творческих исканий С.П. Королёва.

Существенное место отведено в книге комментариям к документам с подробным анализом каждого из них, чтобы характеризовать основные периоды научной биографии академика. Сборник снабжен двумя приложениями: перечнем летательных аппаратов (в том числе и нереализованных проектов), разработанных С.П. Королёвым или под его руководством в период с 1924 по 1966 гг. и хроникой событий из биографии главного конструктора – это в основном не публиковавшиеся ранее сведения.

Сборник подготовил к печати известный историк отечественной космонавтики, отработавший 50 лет на предприятии, которое возглавлял С.П. Королёв (ныне Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. академика С.П. Королёва), доктор технических наук Г.С. Ветров (1918-97 гг.). Им собран и обработан богатейший архивный материал (более 1000 новых источников), легших в основу книги. Сборник хорошо иллюстрирован и рассчитан не только на специалистов, но и на читателей, интересующихся историей ракетно-космической техники.

### Рост вулканизма на Ио

Находясь на орбите искусственного спутника Юпитера, космический аппарат "Галилей" (США) 29 марта 1998 г. сделал с расстояния 294 тыс. км несколько снимков Ио (Земля и Вселенная, 1998, № 3). На них были обнаружены следы бурной вулканической дея-

тельности в области патеры Пиллан. Столб выброшенных из недр Ио пород достигал высоты 120 км, эта область была нагрета до 1700° (температура земной лавы на 600° ниже). За истекшее после предыдущего пролета около Ио время (19 сентября 1997 г.) аппарат зафиксировал возросшую вулканическую активность. Извергнутое породы образовали на поверхности Ио вулканическое поле диаметром не менее 400 км, общая площадь в подножии патеры достигла 300 тыс. км<sup>2</sup>. Это вулканическое извержение – одно из наиболее круп-

ных природных явлений, наблюдаемых в Солнечной системе в наше время. Анализ данных, поступающих с борта "Галилея" указывает на выделение из глубин Ио колоссальной энергии. Ее было бы достаточно, чтобы за время существования спутника Юпитера 40 раз полностью расплавить это небесное тело. Предполагается, что на Ио продолжается высокотемпературный "силикатный вулканизм", закончившийся на Земле 2 млрд лет назад.

New Scientist, 1998, 158, 2108

## Дорогие читатели!

**Напоминаем, что подписаться на журнал "Земля и Вселенная" вы можете по "Объединенному каталогу" изданий России на 1999 год.**

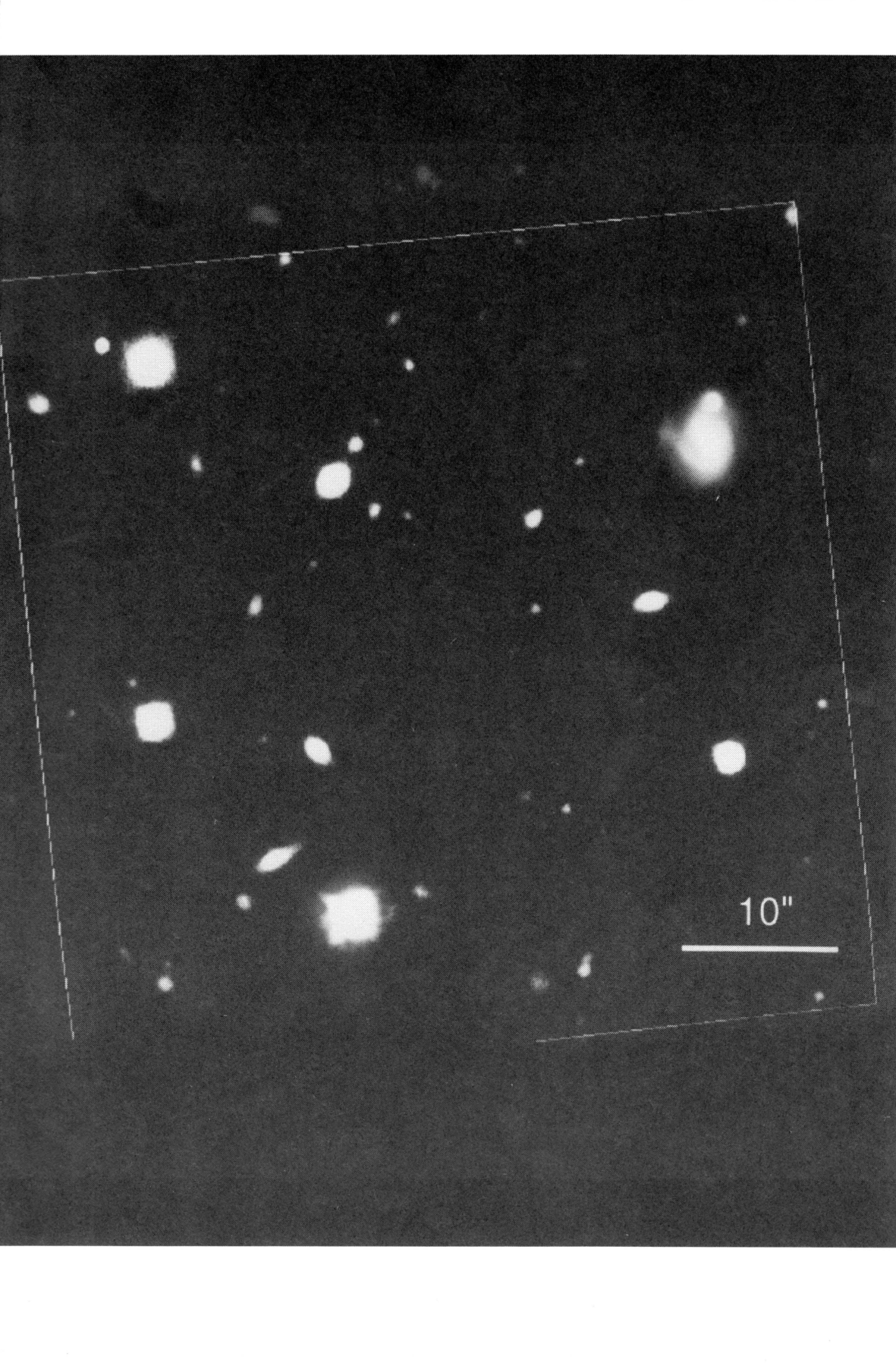
**Индекс журнала – 70336.**

**Заведующая редакцией** Г.В. Матросова. **Зав. отделом наук о Земле** В.А. Маркин.  
**Зав. отделом астрономии** В.А. Юревич. **Зав. отделом космонавтики** С.А. Герасютин.  
**Художественные редакторы** М.С. Вьюшина, О.Н. Никитина.  
**Литературные редакторы** Е.А. Никитина, Е.Ю. Морейно.  
**Мл. редактор** Л.В. Рябцева  
**Корректоры:** В.А. Ермолаева, Л.М. Федорова  
**Номер оформили:** Р.В. Ермакова, Е.Е. Барк, Ю.А. Тюришев  
**Обложку оформила** О.Н. Никитина

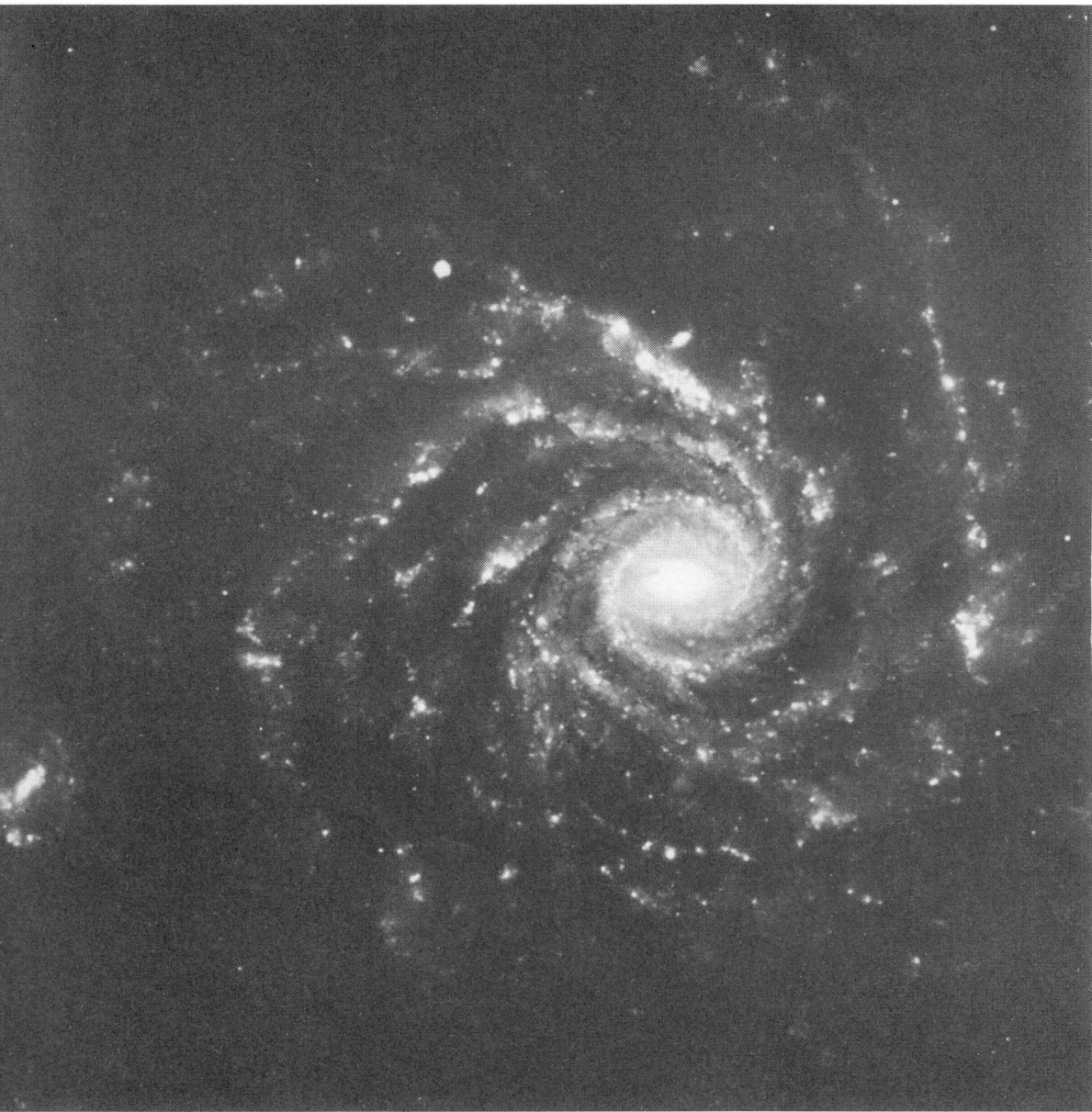
Сдано в набор 06.11.98. Подписано в печать 18.12.98 Формат бумаги 70 × 100 1/16  
Офсетная печать Уч.-изд.л. 11,9 Усл.-печ.л. 9,1  
Усл.кр.-отт. 13,2 Бум.л. 3,5  
Тираж 1408 экз. Заказ № 2086

Адрес редакции: 117810 Москва, Мароновский пер., д. 26  
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66

Отпечатано в типографии "Наука"; 121099 Москва, Шубинский пер., д. 6



*Мое 7-20*



"Наука"  
Индекс 70336