

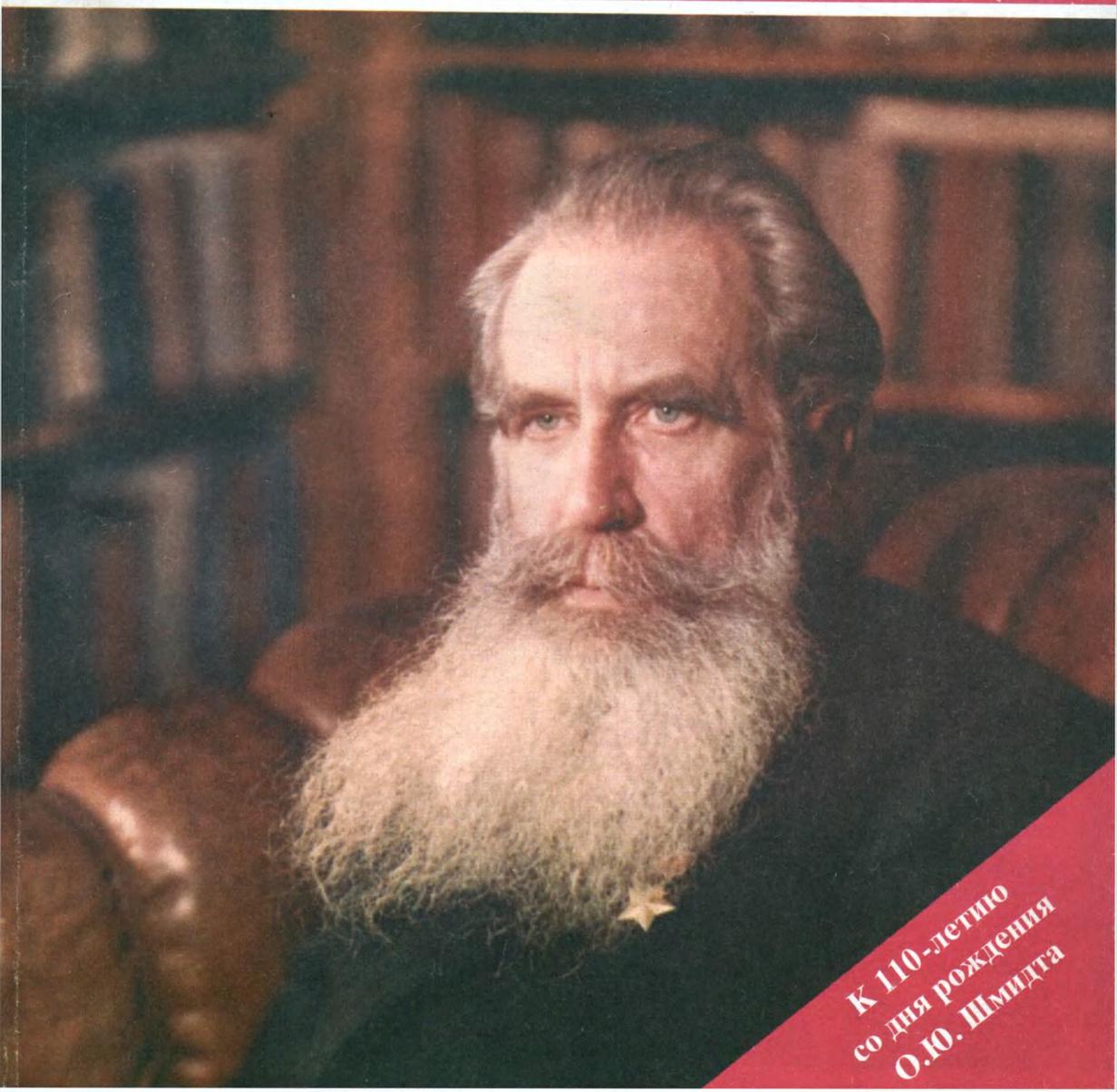
ISSN 0044-3948

# ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА  
АСТРОНОМИЯ  
ГЕОФИЗИКА

МАРТ - АПРЕЛЬ

2/2002



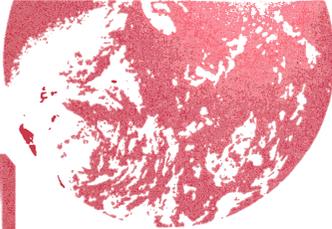
К 110-летию  
со дня рождения  
О.Ю. Шмидта



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

# Земля и Вселенная

2/2002



**Новости науки и другая информация:** Открыты конкуренты Плутона [16]; Солнце в октябре–ноябре 2001 г. [17]; Вторая и третья основные экспедиции на МКС [19]; Проект коммерческой орбитальной станции [20]; Новые книги [31, 37, 56]; Измерена цефеида [71]; Телескоп измеряет звезды [85]; Что такое планета? [103]; Звездная корона [110]

## В номере:

### АСТРОНОМИЯ

3 УРАЛЬСКАЯ В.С. Спутниковые системы планет

### КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

21 МАРКИН В.А. Световой “язык” минералов

### ЛЮДИ НАУКИ

#### К 110-летию со дня рождения О.Ю. Шмидта

24 СТРАХОВ В.Н. Слово об ученом, именем которого назван Институт физики Земли РАН

26 Жизнь и деятельность О.Ю. Шмидта

32 ЯКУШЕВА Г.В. Создатель отечественной энциклопедии

38 РУСКОЛ Е.Л. Происхождение планет и спутников

47 ЦИЦИН Ф.А. Истоки и перспективы шмидтовской планетной космогонии

57 БУЛАТОВ В.Н. О.Ю. Шмидт у истоков освоения Арктики

### ИСТОРИЯ НАУКИ

64 АБРАМОВ Л.С. Роль геофизиков в становлении географии как фундаментальной науки

72 ТУТУКОВ А.В. А.Г. Масевич и ее школа по физике и эволюции звезд

### ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

76 ГОЛОВАНОВ Л.В. Формула Циолковского

### АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

86 ТАМКОВИЧ Г.М., КЛИМОВ С.И., АНГАРОВ В.Н., ЗАЙЦЕВ А.Н. Применение сверхмалых космических аппаратов для науки и образования

### АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

95 ЗАГАЙНОВА В.И. Обсерватория Республиканского Дворца школьников Казахстана

### ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

104 Небесный календарь: май–июнь 2002 г.



© Академиздатцентр “Наука”  
Российская академия наук  
журнал “Земля и Вселенная” № 2, 2002 г.

Zemlya i Vseennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per, 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Sciences and the Society of Astronomy and Geodesy; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

### In this issue:

**На стр. 1 обложки:** академик Отто Юльевич Шмидт (1891–1956).

**На стр. 2 обложки:** Вверху – экипаж третьей основной экспедиции на МКС (10.08–17.12.2001); В.Н. Дежуров (РФ), Ф. Калбертсон (США) и М.В. Тюрин (РФ); внизу – экипаж второй экспедиции посещения МКС (21–31.10.2001); К. Энере (Франция), В.М. Афанасьев и К.М. Козеев (РФ). Фото С.А. Герасютина (к с. 19).

**На стр. 3 обложки:** Фосфоресценция кальцитовых сталагмитов (высотой около 40 см) с примесями органических веществ (снято при многократной экспозиции после фотовспышки). Фото В.В. Мирошкина (к ст. В.А. Маркина).

**На стр. 4 обложки:** Классические спутники Сатурна (вверху, слева направо – Мимас, Энцелад, Тетия; ниже – Диона, Рея; справа – Титан; внизу – Гиперион и Япет). Фото NASA (к ст. В.С. Уральской).

### ASTRONOMY

3 URALSKAYA V.S. Satellite systems of planets

### BOOKS ON EARTH AND SKY

21 MARKIN V.A. Lighting language of minerals

### PEOPLE OF SCIENCE

#### To the 110<sup>th</sup> birthday O.Yu. Shmidt

24 STRAKHOV V.N. Some words about the scientist whose name was given to the Earth Physics Institute under Russian Academy of Science

26 Life and activity of O.Yu. Shmidt

32 YAKUSHEVA G.V. Founder of our Encyclopaedia

38 RUSKOL E.L. Origin of planets and satellites

47 TZYTYZYN F.A. Sources and perspectives of Shmidt's planet cosmogony

57 BULATOV V.N. O.Yu. Shmidt at the origin of Arctic exploration

### HISTORY OF SCIENCE

64 ABRAMOV L.S. Role of geophysicists in development of geography as a fundamental science

72 TUTUKOV A.V. A.G. Masevitch and her School of physics and evolution of stars

### PHYLOSOFIC PROBLEMS

76 GOLOVANOV L.V. Tzyolkovsky's Formula

### AEROSPACE EDUCATION

86 TAMKOVITCH G.M., KLIMOV S.I., ANGAROV V.N., ZAITZEV A.N. Employment of supersmall spacecrafts for science and education

### ASTRONOMICAL EDUCATION

95 ZAGAINOVA V.I. Observatory of Republican school Palace in Kazakhstan

### AMATEUR ASTRONOMY

104 Celestial Calendar: May–June 2002

### Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

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

доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН, доктор физ.-мат. наук Л.В. ЗЕЛЕНЬИЙ,  
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,

член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,

член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,

доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР, доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ, доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ,

академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК,

доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

## Спутниковые системы планет

В. С. УРАЛЬСКАЯ,

кандидат физико-математических наук  
Государственный астрономический институт  
им. П.К. Штернберга

К началу XXI в. и третьего тысячелетия в Солнечной системе стало известно 100 ее крупных членов – 9 больших планет и 91 спутник. Количество малых тел – астероидов, также принадлежащих Солнечной системе, – достигло 130 тысяч. Кроме того, наблюдалось свыше тысячи комет и огромное множество метеорных тел.

За 1997–2000 гг. открыто 29 новых спутников в системах Юпитера, Сатурна и Урана. Из общего



числа спутников планет только 66 имеют собственные имена, а остальные – временные обозначения. В системе Юпитера теперь известно 28 спутников, система Сатурна самая большая – она содержит 30 спутников. Количество спутников Урана увеличилось до 21. Попробуем разобраться в этом многообразии спутников планет и разделить их на группы по физическим и орбитальным параметрам.

### КЛАССИФИКАЦИЯ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Все спутники принято классифицировать на три основные группы: внутренние, главные и внешние спутники в системе планеты.

**Внутренние** спутники – малые тела неправильной

формы размерами в несколько километров. Они сравнительно близки к планетам, до расстояний порядка 200 тыс. км, иногда расположены в области колец. К ним относятся 4 внутренних спутника Юпитера, 6 малых внутренних спутников Сатурна, 11 – в системе Урана и 6 – у Нептуна.

**Главные** спутники находятся в области от 200 тыс. км до 4 млн. км, их размеры от 500 до 5000 км. Эти спутники еще называют **регулярными**. Их орбиты – почти круговые, расположены в плоскости экватора планеты. Все они движутся вокруг планет в ту же сторону, в какую

вращаются планеты, т.е. имеют **прямые движения**. В системе Юпитера это 4 галилеевых спутника, 8 классических спутников системы Сатурна и 5 главных спутников Урана. Система Сатурна, кроме внутренних, главных и внешних спутников, содержит малые спутники, располагающиеся на орбитах главных, — **лагранжевы** спутники.

**Внешние** спутники ходят на орбитах от 4 до 25 млн. км, их диаметры — порядка нескольких километров. Они называются **нерегулярными**, т.к., имеют часто неправильную форму и обращаются вокруг своей планеты по вытянутым эллиптическим орбитам с большими наклонами к плоскости экватора планеты, причем многие из них обладают обратным движением. Эти свойства дают основание считать, что они когда-то были захвачены на свои орбиты из межпланетного пространства. За последние пять лет группа внешних спутников планет увеличилась на 29 членов. Так, в системе Юпитера вместо 8 стало известно 20 далеких нерегулярных спутников, в системе Сатурна их количество увеличилось с 1 до 13. До 1997 г. в системе Урана не было известно ни одного нерегулярного спутника, сейчас открыто 5. Нерегулярный спутник Нереида остается пока единственным в системе Нептуна.

В эту классификацию не попадают Луна, спутники Марса, Тритон и Харон.

**СПУТНИКИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ**

У Земли один естественный спутник — Луна, во многих отношениях уникальный. Диаметр Луны — 3475 км, что составляет 0.27 диаметра Земли. Масса Луны — примерно 1/81 часть массы Земли. Среднее расстояние от Земли — 384 400 км, эксцентриситет орбиты — 0.0554. Луна отличается от других регулярных спутников тем, что движется не в плоскости экватора Земли. Наклон ее орбиты к плоскости эклиптики составляет 5.16°, а плоскость эклиптики наклонена к земному экватору под углом 23.45°. Систему Земля — Луна можно считать двойной планетой, в которой компоненты движутся вокруг общего центра масс, находящегося внутри Земли на расстоянии 4750 км от центра планеты. Период обращения вокруг Земли — 27.322 сут, таков же период вращения Луны вокруг оси, поэтому мы видим только одну ее сторону. Притяжение Солнца приводит к большим возмущениям в орбите Луны. Движение Луны нельзя считать устойчивым, в прошлом ее орбита сильно отличалась от нынешней. В настоящее время приливное трение вызывает вековое ускорение орбитального движения Луны, что приводит к ее удалению от Земли.

Два спутника Марса — **Фобос и Деймос** — открыты Холлом в 1877 г. Оба неправильной формы, размеры 27 × 22 × 18 км и 15 × 12 ×

× 10 км. Поверхность изрыта кратерами, при этом перечик кратера на Фобосе сравним с размером самого тела. Спутники движутся по почти круговым орбитам, мало наклоненным к плоскости экватора планеты. Фобос вращается на расстоянии 9400 км от центра Марса, причем с очень большой скоростью, так что при своем обращении обгоняет вращение планеты. Наблюдения за Фобосом показали, что он ускоряется в своем движении вокруг Марса (вековое ускорение) и по очень пологой спирали спускается к нему. Это неизбежно приведет его к падению на планету, причем уже сейчас он находится внутри предела Роша, где приливные силы должны его разрушить. Данное явление, открытое полвека назад, невозможно объяснить, не располагая точными данными о фигуре Марса, о поле его притяжения, приливах, атмосфере и магнитном поле, не имея надежных данных о спутниках Марса. Сейчас, когда созданы точные теории движения спутников Марса под действием всех известных факторов, мы по-прежнему стоим перед нерешенной проблемой. Полностью объяснить вековое ускорение Фобоса действием гравитационных, приливных и других известных эффектов пока не удается.

Деймос движется на расстоянии 23 500 км от центра планеты, завершая свой оборот вокруг нее за 30.6 ч. В отличие от Фобоса он не обнаружива-

## СПУТНИКИ ПЛАНЕТ ЗЕМНОЙ ГРУППЫ

Название	Номер	Большая полуось (10 <sup>3</sup> км)	Эксцентриситет	Наклон (град)*	Период (сут)	Размер (км)	Средняя величина в оппозиции	Альбедо
Спутник Земли								
Луна		384.4	0.0554	5.16	27.32166	3475	-12.74	0.12
Спутники Марса								
Фобос	I	9.4	0.0151	0.9	0.3125	27 × 22 × 18	11.4	0.05
Деймос	II	23.5	0.0002	1.9	1.2625	15 × 12 × 10	12.4	0.06
* Для Луны приведен наклон орбиты к плоскости эклиптики, для спутников Марса даны наклоны к экватору.								

ет векового ускорения. Оба спутника испытывают сильное приливное воздействие со стороны Марса, что привело к синхронизации их движения. Это означает, что спутники обращены к планете всегда одной стороной, так же как Луна к Земле.

#### СИСТЕМА СПУТНИКОВ ЮПИТЕРА

В системе Юпитера в настоящее время известно 28 спутников. Названия 16 из них связаны с Юпитером (Зевсом).

Четыре главных спутника – **Ио**, **Европа**, **Ганимед** и **Каллисто** – названы «галилеевы» по имени первооткрывателя – Галилео Галилея. Эти имена предложил немецкий астроном Симон Мариус, который наблюдал спутники Юпитера одновременно с Галилеем. Спутники отличаются большими размерами. Ио и Европа примерно совпадают по размеру с Луной, Каллисто почти равен Меркурию, а Ганимед – крупнейший спутник Солнечной системы, его диаметр – 5268 км.

**Ио**, по-видимому, один из наиболее необычных спутников в нашей Солнечной системе. Действующие вулканы на Ио – самое большое открытие космической эпохи. Причиной вулканизма служит нагревание спутника приливным действием Юпитера.

Европа – шар с ледяной поверхностью, покрытый глобальной сетью искривленных линий. Новые снимки, полученные с борта КА «Галилео», показали, что на Европе достаточно тепла для образования на поверхности потоков и даже жидкой воды. Существуют три основных условия для возникновения жизни вне Земли – наличие воды, органических молекул и комфортной температуры. Водяной лед на Европе имеется, а органические соединения широко распространены в Солнечной системе. Кроме того, Европа, возможно, удовлетворяет и последнему критерию – на ней достаточно тепла для развития жизни.

Плотность галилеевых спутников уменьшается с

ростом расстояния от Юпитера, что указывает на увеличение доли льда в их составе по мере удаления от Юпитера. Водяной лед Ганимеда составляет до 50% его массы. Еще большее количество льда содержит Каллисто, древний рельеф которого сохранился со времени образования системы Юпитера. Возможно, Каллисто – самый кратерированный спутник Солнечной системы.

Основная динамическая особенность системы Юпитера – соизмеримости между периодами орбитального движения его спутников – **резонанс**. Периоды обращения Ио и Европы относятся друг к другу как 1:2, и в таком же соотношении находятся периоды Европы и Ганимеда. Таким образом, в системе галилеевых спутников имеется тройной резонанс 1:2:4. Кроме того, отношение орбитальных периодов пары Ганимед – Каллисто составляет 3:7. Существует также важное соотношение Лапласа между средними движениями  $n$  трех внут-

ренных галилеевых спутников Ио (1), Европы (2) и Ганимеда (3):

$$n_1 - 3n_2 + 2n_3 = 0.$$

Как показал Лаплас, если средние долготы  $\lambda$  и средние движения  $n$  таковы, что угол  $\lambda_1 - 3\lambda_2 + 2\lambda_3$  слегка отличается от  $180^\circ$ , а именно это мы видим у галилеевых спутников, то вследствие взаимного притяжения объектов возникает небольшая восстаивающая сила, стремящаяся придать этому углу значение  $180^\circ$ . Это явление называется либрацией галилеевых спутников. Лаплас сформулировал также две теоремы – **законы Лапласа**, из которых выводятся интересные кинематические следствия. Например, 3 внутренних спутника не могут находиться в тройном соединении, т.е. располагаться на одной прямой с Юпитером по одну сторону от планеты.

Теория движения галилеевых спутников включает в себя более 30 физических параметров и постоянных интегрирования, характеризующих возмущающие силы, которые определяются из наблюдений. Взаимное влияние спутников приводит к тому, что эксцентриситеты орбит Ио и Европы обусловлены эффектами взаимного влияния (**вынужденные эксцентриситеты**). Эксцентриситеты орбит Ганимеда и Каллисто почти равны их **собственным** значениям.

Необъясненным пока остается вековое ускорение спутника Ио. Оно, хотя

и составляет незначительную величину, но, так же как и для Фобоса, не может быть полностью объяснено приливными и другими известными силами.

Четыре малых внутренних спутника, находящихся ближе к планете, чем Ио, классифицируются теперь как спутники кольца, т.к. погружены в кольцевую систему Юпитера. **Метида, Адрастея и Теба** обнаружены КА "Вояджер-1" в 1979 г., а **Амальтея** была открыта Барнардом еще в 1892 г. КА "Галилео" получил детальные изображения этих спутников, по которым выявлены их неправильная причудливая форма и сильно кратерированная поверхность. Удары метеороидов в малые спутники Адрастея (26 км) и Метида (40 км), обладающие низкой гравитацией, поставляют материал в **главное кольцо Юпитера**. Микроскопические частицы Амальтеи и Тебы, выбитые из этих спутников, служат источниками прозрачного паутинного кольца. Движение внутренних спутников определяется в основном сжатием Юпитера и влиянием галилеевых спутников.

До 1999 г. были известны 8 внешних нерегулярных спутников, движущихся по эксцентричным и сильно наклоненным орбитам. Группа **Гималии**, в которую входят **Лиситея, Леда** и **Элара**, находится на расстоянии около 11 млн. км. Эксцентриситеты их орбит – 0.1–0.2, наклоны –  $26\text{--}30^\circ$ . Размеры этих спутников – от 10 км у Леды до

170 км у Гималии. Вторая группа включает в себя 4 спутника, движущихся в обратном направлении на расстоянии около 22–24 млн. км по орбитам с эксцентриситетами 0.3–0.4 и наклонами  $140^\circ\text{--}166^\circ$ . Это **Пасифе, Синопе, Ананке и Карме**. Диаметры спутников – от 20 до 40 км.

В 1999–2000 гг. группа астрономов (Шепард, Джуитт, Фернандес, Манье и др.) сообщила о наблюдениях еще 12 далеких спутников Юпитера. Пока что у них только временные обозначения (Земля и Вселенная, 2001, № 2). Все спутники движутся на эллиптических орбитах с эксцентриситетами 0.1–0.6, причем 10 из них имеют обратное движение и только 2 – прямое. Размеры спутников не превышают 10 км. Теперь в системе Юпитера известны 28 спутников, причем 20 из них находятся на нерегулярных орбитах. 6 имеют прямое движение, 14 – обратное.

#### СИСТЕМА СПУТНИКОВ САТУРНА

Как уже указывалось, система Сатурна с 30 спутниками – самая большая по числу известных спутников. В нее входят 6 малых внутренних спутников, 8 главных с тремя маленькими лагранжевыми спутниками и 13 внешних спутников. 8 самых крупных (главных) спутников Сатурна вращаются на регулярных орбитах с малыми эксцентриситетами в плоскости экватора Сатурна. Все они находятся в синхронном вращении,

т.е. обращены к Сатурну всегда одной стороной.

Еще в 1655 г. Гюйгенс открыл самый большой спутник Сатурна – Титан (диаметр 5150 км), второй по величине в Солнечной

системе после Ганимеда. Два спутника, Мимас и Энцелад, были открыты Гершелем, 4 спутника – Тефию, Диону, Рею и Япета – обнаружил Кассини. Еще один спутник из

этой группы – Гиперион. Эти 8 классических спутников Сатурна получили нумерацию по мере удаления от него.

**Мимас** – первый и самый маленький из основ-

Таблица II

**СИСТЕМА СПУТНИКОВ ЮПИТЕРА**

Название	Номер	Большая полуось (10 <sup>3</sup> км)	Эксцентриситет	Наклон (град)*	Период (сут)	Размер (км)	Средняя величина в оппозиции	Альbedo
<i>Внутренние спутники</i>								
Метида	XVI	128.0	0.0000	0.0000	0.295	40	17.5	0.06
Адрастея	XV	129.0	0.0000	0.0000	0.298	26 × 20 × 16	18.7	0.10
Амальтея	V	181.4	0.0022	0.3660	0.498	262 × 146 × 134	14.1	0.09
Теба	XIV	221.9	0.0176	1.094	0.675	110 × 90	16.0	0.05
<i>Главные спутники</i>								
Ио	I	421.8	0.0041	0.040	1.769	3642	5.02	0.62
Европа	II	671.1	0.0093	0.470	3.551	3130	5.29	0.68
Ганимед	III	1070.4	0.0016	0.195	7.155	5268	4.61	0.44
Каллисто	IV	1882.8	0.0074	0.281	16.69	4806	5.65	0.19
<i>Внешние спутники</i>								
	S/2000 J1	7330	0.204	45.7	129.8	8.0	21.0	0.04
Леда	XIII	11 070	0.147	26.7	238.5	10	19.5	0.04
Гималия	VI	11 369	0.166	30.2	247.9	170	14.6	0.04
Элара	VII	11 668	0.221	28.9	259.8	80	16.3	0.04
Лиситея	X	11 818	0.104	27.8	260.2	24	18.2	0.04
	S/2000 J11	12 416	0.208	28.2	284.3	4.0	22.4	0.04
	S/2000 J3	19 896	0.233	148.5	1.57 лет	5.2	21.8	0.04
	S/2000 J5	20 345	0.239	149.2	1.63	4.4	22.2	0.04
	S/2000 J7	20 494	0.127	145.7	1.63	6.8	21.2	0.04
Ананке	XII	20 943	0.252	147.0	1.70	20	18.7	0.04
Карме	XI	22 140	0.263	166.3	1.84	40	11.3	0.04
	S/2000 J10	22 290	0.198	165.5	1.86	3.8	22.5	0.04
	S/2000 J9	22 439	0.189	163.8	1.88	5.0	21.9	0.04
	S/2000 J4	22 738	0.323	161.3	1.92	3.2	22.8	0.04
	S/2000 J6	23 187	0.315	164.8	1.97	3.8	22.5	0.04
Пасифе	VIII	23 337	0.380	140.0	2.00	36	17.0	0.04
Синопе	IX	23 636	0.370	158.0	2.04	28	18.0	0.04
	S/2000 J2	24 085	0.267	166.3	2.09	5.2	21.8	0.04
	S/2000 J8	24 384	0.575	150.3	2.12	5.4	21.7	0.04
	S/1999 J1	24 683	0.107	142.3	2.17	8.6	20.7	0.04
* Для внутренних и главных спутников приведены наклоны орбит к экватору, для внешних спутников – к эклиптике.								



A



Б

ных спутников Сатурна, его диаметр около 400 км. Он весь покрыт глубокими метеоритными кратерами, причем поперечник большего из них составляет треть размера самого небесного тела – 130 км. **Энцелад** – второй спутник Сатурна – самое “светлое” тело Солнечной системы, он отражает почти 100% падающего на него света. На нем заметны следы геологической активности.

**Тефия** – крупный ледяной спутник диаметром 1060 км – движется по орбите радиусом 295 тыс. км. На нем обнаружены очень большой кратер размером 400 км и следы древней геологической активности. **Диона** – четвертый спутник, по внешнему виду очень похож на Тефию, его диаметр – 1118 км.

Пятый спутник – **Рея** (диаметр 1528 км) – второй по величине после Титана спутник Сатурна. Он напоминает Луну своей сильно кратерированной поверхностью. Кратеры достигают 300 км в диаметре. **Титан** – шестой спутник. Давно известно, что он обладает плотной атмосферой, состоящей в основном из азота, из-за которой невозможно разглядеть поверхность спутника с помощью оптических приборов.

В XIX в. были открыты **Гиперион** и **Феба**. Гиперион выделяется низкой отражательной способностью (альbedo 0.3) и значи-

тельным отличием формы от сферической. Его размеры составляют примерно  $350 \times 280 \times 220$  км. Среди крупных спутников Солнечной системы он единственный, имеющий хаотическое собственное вращение. **Япет**, восьмой спутник Сатурна (диаметр 1436 км), обладает одним уникальным свойством – одно его полушарие ярче другого примерно в десять раз.

Движение спутников в системе Сатурна определяется в основном притяжением Сатурна и их взаимным влиянием, где главную роль играют соизмеримости средних движений спутников.

Существует принцип наименьшего взаимодействия, или **принцип синхронности**. Согласно ему, любая планетная система, независимо от начальных параметров орбит ее членов, рано или поздно приходит к устойчивому состоянию с преобладанием резонансных соотношений между основными частотами системы. Для планетных и спутниковых систем такими частотами будут средние движения (угловые скорости) планет и спутников. Система Сатурна на пути эволюции наиболее приблизилась к резонансному состоянию и показывает нам самые разные типы резонансных движений спутников.

Так, отношение средних движений Энцелада и

Дионы 2:1 вызывает резонанс типа эксцентриситета, когда долгота соединения спутников колеблется относительно перицентра внутреннего спутника Энцелад. То есть всякий раз, когда Сатурн, Энцелад и Диона выстраиваются в одну линию, Энцелад оказывается вблизи точки наименьшего сближения с Сатурном. Такой же резонанс (2:1) пары Мимас–Тефия вызывает резонанс типа наклона, при котором происходят колебания долготы соединения вокруг восходящего узла орбит. Резонанс системы Титан–Гиперион обусловлен соизмеримостью их периодов обращения 3:7 и вызывает либрационное движение Гипериона около положения равновесия.

На орбите крупного спутника Тефия (1060 км) движутся два маленьких спутника, **Телесто** (24 км) и **Калипсо** (30 км), в лагранжевых точках либрации  $L_4$  и  $L_5$ , на  $60^\circ$  впереди и позади Тефия. Поведение этих лагранжианов аналогично движению астероидов-троянецов на орбите Юпитера, находящихся в резонансе 1:1 с Юпитером. Это явление подтверждает теоретический результат Лагранжа, полученный еще в XVIII в., о существовании устойчивой конфигурации трех тел: три тела, взаимно притягивающиеся по закону Ньютона, при опре-

---

А – Галилеевы спутники Юпитера (снизу вверх – Ио, Европа, Ганимед и Каллисто).

Б – Главные спутники Урана (снизу вверх – Ариэль, Умбриэль, Титания, Оберон и Миранда).

деленных условиях могут во все время движения оставаться в вершинах равностороннего треугольника, размещаясь на  $60^\circ$  впереди или позади основного тела на его орбите.

Ведущий лагранжиан Телесто находится впереди Тефии, вблизи точки либрации  $L_4$ . Его движение характеризуется либрацией вокруг этой точки с амплитудой  $8^\circ$  и периодом около 2 лет. Ведомый лагранжиан Калипсо – колеблется около точки либрации  $L_5$ . Поэтому лагранжианы еще называют **либрирующими спутниками**.

У **Дионы** только один ведущий лагранжиан – **Елена** – в точке  $L_4$ , опережающий в своем движении Диону. Либрация этого спутника приводит к тому, что максимальное удаление Елены от Дионы меняется от  $76^\circ$  до  $46^\circ$ .

В течение 1979–81 гг. были открыты 5 малых внутренних спутников Сатурна. Это **Атлас**, **Прометей**, **Пандора**, **Янус** и **Эпиметей** размерами от 38 до 220 км. **Коорбитальные спутники** Янус и Эпиметей называются так потому, что имеют почти одинаковые орбиты (отличаются на 50 км), т.е. находятся в резонансе 1:1. Но это резонанс не троянского типа, т.к. массы спутников почти одинаковы. Когда спутники удалены друг от друга, на их движение оказывают преобладающее влияние возмущения от больших спутников (резонанс 2:1 с Энцеладом и 4:1 с Дионой). Это приво-

дит к тому, что каждые четыре года спутники сближаются. Теперь в их движении основную роль играют взаимные возмущения. В результате спутники отталкиваются и меняются орбитами, отдавая один другому часть гравитационного момента.

Еще одна интересная особенность системы Сатурна – динамическая связь спутников с кольцами планеты. Так, маленькие спутники Прометей и Пандора были названы **спутниками-пастухами** внутреннего и внешнего края кольца F. Они размещены по разные стороны кольца F шириной 30–50 км, находящегося на расстоянии 140 210 км от центра планеты. Атлас (диаметр 38 км) – спутник-пастух внешнего края кольца A. Он вращается снаружи этого кольца и, возможно, определяет резкость его внешнего края. По-видимому, спутники-пастухи способны упорядочивать движение частиц кольца. Еще один спутник, **Пан** (размер 20 км), был открыт в 1990 г. в кольце A внутри деления Энке.

В целом резонансы с известными спутниками Сатурна объясняют многие особенности тонкой структуры колец: спиральные волны плотности, острые края щелей и пустот, узкие колечки. Однако только гравитационными взаимодействиями с известными спутниками описать динамику планетарных колец невозможно. Предполагается, что в области колец могут существовать неоткрытые спутники разме-

ром в несколько километров.

Единственным нерегулярным внешним спутником Сатурна до недавнего времени считалась далекая **Феба**, открытая в 1898г. Пикерингом. Ее форма – правильный круглый шар диаметром 220 км. Феба движется по орбите с большой полуосью почти в 13 млн. км, наклоненной к плоскости эклиптики под углом  $173.2^\circ$ , т.е. в обратном направлении по отношению к вращению Сатурна.

2000 г. принес открытие еще 12 далеких нерегулярных спутников в системе Сатурна, получивших временные обозначения S/2000 S1–S12. Международная группа в составе Глэдмена, Кавеларса, Холмана, Марсдена, Николсона и Бернса наблюдали их с помощью телескопов, установленных на Гавайях, в Кит Пик, на Европейской Южной Обсерватории в Чили. Размеры новых лун Сатурна – от 5 до 32 км. Все спутники движутся по вытянутым орбитам с большими эксцентриситетами, от 0.12 до 0.53, и значительными наклонами, причем 7 спутников вращаются в прямом направлении на орбитах с наклонами от  $33^\circ$  до  $47^\circ$  и большими полуосями от 11 до 18 млн. км, а 5 имеют обратные движения с наклонами орбит к плоскости эклиптики от  $153^\circ$  до  $176^\circ$  и большими полуосями от 15 до 23 млн. км. Теперь система Сатурна содержит 13 нерегулярных внешних спутников.

## СИСТЕМА СПУТНИКОВ САТУРНА

Название	Номер	Большая полуось (10 <sup>3</sup> км)	Эксцентриситет	Наклон к экватору (град)	Период (сут)	Размер (км)	Средняя величина в оппозиции	Альbedo
<i>Внутренние спутники</i>								
Пан	XVIII	133.6	0.0000	0.0	0.575	20	19.0	0.5
Атлас	XV	137.7	0.0000	0.0	0.602	38 × 26	19.0	0.4
Прометей	XVI	139.4	0.0023	0.0	0.613	140 × 100 × 74	15.8	0.6
Пандора	XVII	141.7	0.0044	0.0	0.629	110 × 84 × 66	16.4	0.5
Эпиметей	XI	151.4	0.0205	0.34	0.694	220 × 190 × 160	15.6	0.5
Янус	X	151.5	0.0073	0.14	0.695	177.6	14.4	0.6
<i>Главные спутники с их малыми лагранжианами</i>								
Мимас	I	174.3	0.0206	1.53	0.942	397.2	12.8	0.6
Энцелад	II	238.0	0.0001	0.02	1.370	498.8	11.8	1.0
Тетфия	III	294.6	0.0001	1.09	1.888	1059.6	10.2	0.8
Телесто	XIII	294.7	0.0010	0.0	1.888	24	18.5	1.0
Калипсо	XIV	294.7	0.0005	0.0	1.888	30 × 24 × 16	18.7	0.7
Диона	IV	377.4	0.0002	0.02	2.737	1118	10.4	0.6
Елена	XII	377.4	0.0001	0.2	2.737	36 × 30	18.4	0.6
Рея	V	527.1	0.0009	0.35	4.518	1528	9.6	0.6
Титан	VI	1221.9	0.0288	0.33	15.95	5150	8.4	0.2
Гиперион	VII	1464.1	0.0175	0.43	21.28	350 × 280 × 220	14.4	0.3
Япет	VIII	3560.8	0.0284	14.72	79.33	1436	11	0.6
<i>Внешние спутники</i>								
	S/2000 S5	11 368	0.3330	45.848	449.20	14	22.0	0.06
	S/2000 S6	11 465	0.3191	46.642	453.05	10	22.6	0.06
Феба	IX	12 944	0.1644	173.213	548.21	220	16.4	0.06
	S/2000 S2	15 197	0.3651	44.960	687.03	19	21.3	0.06
	S/2000 S8	15 676	0.2702	153.007	730.84	6.4	23.6	0.06
	S/2000 S11	16 404	0.4779	34.019	783.86	26	20.5	0.06
	S/2000 S10	17 452	0.4692	34.742	860.03	8.6	23.0	0.06
	S/2000 S3	17 826	0.2747	45.816	868.98	32	20.1	0.06
	S/2000 S4	18 241	0.5359	33.513	925.55	13	22.1	0.06
	S/2000 S9	18 486	0.2214	167.424	939.90	5.6	23.8	0.06
	S/2000 S12	19 747	0.1199	175.826	1038.11	7	23.9	0.06
	S/2000 S7	20 144	0.4458	175.862	1068.06	7	23.9	0.06
	S/2000 S1	23 117	0.3335	173.118	1314.08	17	21.7	0.06

## СИСТЕМА СПУТНИКОВ УРАНА

Система Урана включает 21 спутник (20 спутников имеют названия, а один – только временное

обозначение). Она состоит из 16 регулярных спутников, движущихся в плоскости экватора планеты на почти круговых орбитах, и 5 далеких нерегулярных

спутников, обнаруженных в 1997–99 гг. на орбитах с большими наклонами и эксцентриситетами.

Пять главных спутников – **Ариэль**, **Умбриэль**,

**Титания, Оберон и Миранда** – были открыты при наземных наблюдениях Ласселом, Гершелем и Койпером, а 9 внутренних спутников стали известны после пролета “Вояджера-2” в 1986 г. Их орбиты располагаются внутри орбиты Миранды вплоть до внешнего края колец Урана. Они названы именами действующих лиц пьес Шекспира – **Корделия, Офелия, Бианка, Крессида, Дездемона, Джульетта, Портия, Розалинда и Белинда**. Размеры их – от 26 до 108 км. Пятнадцатый спутник, **Пак**, открыт Синнотом в 1985 г., еще до сближения “Вояджера-2” с Ураном. Этот наибольший из внутренних спутников (диаметр 170 км) почти сферической формы, с крупными кратерами на поверхности.

Система спутников Урана до открытия далеких нерегулярных спутников считалась самой упорядоченной. Пятнадцать спутников движутся на почти круговых орбитах в плоскости экватора планеты, которая наклонена к плоскости орбиты Урана под углом  $98^\circ$ . Они обращаются вокруг планеты в направлении ее вращения и повернуты к Урану всегда одной стороной. В этой же плоскости расположены и кольца Урана.

Основное возмущающее влияние на движение пяти главных спутников оказывают несферичность Урана и их взаимные влияния. Соотношение Лапласа  $n_1 - 3n_2 + 2n_3 = -0.08$  град/сут, справедливое для галилеевых спутников, выполняется и для трех главных спутников Урана – Миранды (1), Ариэля (2) и Умбриэля (3). Хотя соизмеримость довольно точная, нет уверенности в том, что спутники находятся в состоянии устойчивого резонанса. В отличие от галилеевых спутников, отношения средних движений спутников Урана, взятых попарно, не являются отношениями целых чисел. Эта почти соизмеримость, вследствие приливной эволюции, станет резонансной только через  $6 \times 10^5$  лет.

Для 4 спутников – Ариэля (2), Умбриэля (3), Титании (4) и Оберона (5) – существует другая приближенная соизмеримость средних движений:  $n_2 - n_3 - 2n_4 + n_5 = 0.0034$  град/сут, которая определенно не является устойчивым резонансом, т.к. сумма коэффициентов не равна нулю. Это отношение характеризует только пространственное распределение радиусов орбит.

Движение 10 внутренних малых спутников определяется в основном притяжением планеты и, в частности, ее сжатием. Возмущения от больших спутников малы. У некоторых спутников характерные особенности движения вызываются взаимодействием с кольцами Урана. Так, Офелия и Корделия (размеры 30 и 26 км) расположены по обе стороны  $\epsilon$ -кольца и являются спутниками-пастухами этого кольца Урана. (Кольца Урана обозначаются буквами греческого алфавита.)

В 1997 г. на Паломарской обсерватории были открыты два далеких нерегулярных спутника Урана, которые получили имена действующих лиц пьесы Шекспира “Буря”, – **Калибан и Сикоракса**<sup>1</sup>. Авторы открытия – Б. Гледмен (Канадский институт теоретической астрофизики), Ф. Николсон и Дж. Бернс (Корнельский Университет), Дж. Кавеллаарс (Макмастер Университет). В 1999 г. те же астрономы на Гавайях наблюдали еще 3 новых спутника Урана, которые получили имена действующих лиц из той же пьесы, – **Просперо, Сетевос**<sup>2</sup> и **Стефано**.

Орбиты всех 5 внешних спутников – обратные, два

<sup>1</sup>Сикоракса – мать Калибана.

О, лживый дух, ты все забыл. Припомни Ужасную колдунью Сикораксу, Которая от старости и злобы В дугу согнулась! Помнишь ты ее?..

За колдовство и разные злодейства, О коих мне и говорить противно, Изгнали Сикораксу из Алжира, Но все-таки оставили ей жизнь, Не знаю, уж за что.

<sup>2</sup>Согласно Идену, автору “Истории путешествия в западную и восточную Индию” (1877), именем Сетевос патагонцы называли своего “главного дьявола”.

О Сетевос! Как грозны эти духи!.. Пока смирюсь. Сильна его наука. Ему подвластен даже Сетевос, Бог матери моей.

## СИСТЕМА СПУТНИКОВ УРАНА

Название	Номер	Большая полуось (10 <sup>3</sup> км)	Эксцентриситет	Наклон (град)*	Период (сут)	Размер (км)	Средняя величина в оппоз.	Альbedo
<i>Внутренние спутники</i>								
Корделия	VI	49.8	0.003	0.085	0.335	26	23.62	0.07
Офелия	VII	53.8	0.099	0.104	0.376	30	23.26	0.07
Бианка	VIII	59.2	0.009	0.193	0.435	42	22.52	0.07
Крессида	IX	61.8	0.004	0.006	0.464	62	21.58	0.07
Дездемона	X	62.7	0.001	0.113	0.474	54	21.99	0.07
Джувьетта	XI	64.4	0.007	0.065	0.493	84	21.12	0.07
Портя	XII	66.1	0.001	0.059	0.513	108	20.42	0.07
Розалинда	XIII	69.9	0.001	0.279	0.558	54	21.79	0.07
Белинда	XIV	75.3	0.001	0.031	0.624	66	21.44	0.07
	S/1986U10	76.416	0	0		40		0.07
Пак	XV	86.0	0.001	0.319	0.762	170	19.75	0.07
<i>Главные спутники</i>								
Миранда	V	129.9	0.0018	4.338	1.413	486	15.79	0.32
Ариэль	I	190.9	0.0012	0.042	2.520	1158	13.70	0.39
Умбриэль	II	266.0	0.0040	0.133	4.144	1169	14.47	0.21
Титания	III	436.3	0.0012	0.112	8.706	1580	13.49	0.27
Оберон	IV	583.5	0.0013	0.069	13.46	1522	13.70	0.23
<i>Внешние спутники</i>								
Калибан	XVI	7168.879	0.082347	139.6813	579.45	80	22.32	0.07
Стефано	XX	7942.450	0.145863	141.5385	676.51	20	24.1	0.07
Сикоракса	XVII	12 213.618	0.509386	152.6686	1283.39	160	21.04	0.07
Просперо	XVIII	16 113.485	0.327449	146.3403	1992.81	30	23.2	0.07
Сетевос	XIX	18 205.163	0.494329	148.8285	2202.26	30	23.3	0.07
* Для внутренних и главных спутников даны наклоны к экватору планеты, для внешних спутников – к эклиптике.								

спутника – Калибан и Стефано – имеют большие полуоси 7.2 и 7.9 млн. км соответственно, эксцентриситеты – 0.08 и 0.14, а наклоны орбит к эклиптике – почти 140°. Периоды их обращений вокруг Урана – 1.58 и 1.85 лет. 3 других спутника – Сикоракса, Просперо и Сетевос – имеют еще более далекие и вытянутые орбиты. Большие полуоси их орбит равны 12, 16 и 18 млн. км соот-

ветственно, эксцентриситеты – 0.5, 0.32 и 0.49, а наклоны – 152°, 146° и 148° к плоскости эклиптики. Периоды обращения спутников – 3.5, 5.3 и 6.4 года. Еще один спутник Урана был открыт Е. Каркошкой (Университет Аризоны) на семи снимках, полученных “Вояджером-2” в 1986 г. Это произошло в 1999 г., т.е. через 13 лет после получения космических снимков “Вояджера-2”. Он получил

обозначение S/1986U10. Спутник наблюдался с 18-го по 23 января 1986 г. Его звездная величина в оппозиции составила 23.6<sup>m</sup>, что соответствует диаметру 40 км, если принять его альbedo равным альbedo ближайших спутников. Новый спутник движется по почти круговой орбите в плоскости экватора Урана на расстоянии 76 416 км, т.е. находится на орбите Белинды. Период обраще-

## СИСТЕМА СПУТНИКОВ НЕПТУНА

Название	Номер	Большая полуось (10 <sup>3</sup> км)	Эксцентриситет	Наклон к экватору (град)	Период (сут)	Размер (км)	Средняя величина в оппоз.	Альbedo
<i>Внутренние спутники</i>								
Наяда	III	48.2	0.0003	4.74	0.294	54	24.6	0.060
Таласса	IV	50.1	0.0002	0.21	0.311	80	23.9	0.060
Деспина	V	52.5	0.0001	0.07	0.335	150	22.5	0.059
Галатея	VI	62.0	0.0001	0.05	0.429	180	22.4	0.063
Ларисса	VII	73.5	0.0014	0.20	0.555	190	22.0	0.056
Протей	VIII	117.6	0.0004	0.04	1.122	400	20.3	0.061
<i>Главные спутники</i>								
Тритон	I	354.8	0.0000	157.35	5.877	2705	13.47	0.756
<i>Внешние спутники</i>								
Нереида	II	5513.4	0.7512	27.6	360.14	340	19.7	0.155

ния вокруг Урана составляет 15.3 ч. Однако точность определения орбиты пока недостаточна, и до получения новых наблюдений и уточнения орбиты спутник остается с временным обозначением.

## СИСТЕМА СПУТНИКОВ НЕПТУНА

Система Нептуна содержит 8 спутников, 2 из которых были открыты наземными наблюдениями – **Тритон** и **Нереида**, а 6 – при пролете “Вояджера-2” в 1989 г.: **Наяда**, **Таласса**, **Деспина**, **Галатея**, **Ларисса** (размеры от 54 до 190 км) и **Протей** (диаметр 400 км).

Орбиты внутренних спутников Нептуна, открытых при пролете “Вояджера-2”, почти круговые и расположены в экваториальной плоскости Нептуна. Только у **Наяды** наклон орбиты составляет 4.5°. Они находятся на расстояниях 48–117 тыс. км от центра Нептуна.

Диаметр самого большого спутника Нептуна, **Тритона**, – 2705 км. Он отличается от всех других крупных спутников Солнечной системы тем, что обращается вокруг планеты в противоположную сторону по отношению к ее вращению. Орбита **Тритона** почти круговая, значительно наклоненная к плос-

кости экватора Нептуна, – на 157.35°. **Тритон** совершает оборот вокруг Нептуна за 5.8 сут, что совпадает с периодом его вращения вокруг оси. Из-за большого удаления от Солнца в движении **Тритона** преобладают возмущения от сжатия Нептуна. Приливные силы тормозят движение массивного спутника, находящегося в противовращении с планетой, однако эта приливная эволюция должна быть долгой, порядка нескольких миллиардов лет.

**Нереида** – далекий нерегулярный спутник – движется на орбите с эксцентриситетом 0.75 и наклоном к плоскости эк-

Таблица VI

## СПУТНИК ПЛУТОНА

Название	Большая полуось (10 <sup>3</sup> км)	Эксцентриситет	Наклон к экватору (град)	Период (сут)	Размер (км)	Средняя величина в оппозиции	Альbedo
Харон	19.130	0.0002	94.3	6.387	1192	17.26	0.372

ватора 27.6°. Его орбита – самая вытянутая среди спутников и больше напоминает орбиты комет. Большая полуось орбиты – 5.5 млн. км, а орбитальный период – 360 сут.

#### СПУТНИК ПЛУТОНА

Спутник Плутона **Харон** был открыт в 1978 г. Кристи и Харрингтоном на снимке, полученном в Морской обсерватории, причем спутник еле различался в виде горба на изображении планеты. Максимальное угловое расстояние между планетой и спутником составляет 0.9", поэтому наблюдения системы с Земли представляют большую трудность. Основные параметры системы Плутона–Харон получены во время взаимных затмений и покрытий планеты и спутника, которые наблюдаются, когда плоскость орбиты Харона проходит вблизи линии, соединяющей Солнце и Плутона. Такие события повторяются раз в 124 года, что равно половине периода обращения Плутона вокруг Солнца. Мы оказались свидетелями этих редких явлений, которые начались в 1985 г. и продолжались до 1990 г. (Земля и Вселенная, 1997, № 3). Фотометрические наблюдения взаимных прохожде-

ний объектов и их теней по диску планеты и спутника позволили с большой точностью определить параметры системы.

Оказалось, что систему Плутона–Харон имеет смысл рассматривать как двойную. Эти небесные объекты – шарообразные тела с диаметрами 2245.4 и 1192 км. Отношение массы спутника к массе планеты составляет 0.15, самое большое в Солнечной системе. Оба объекта обращаются по круговым орбитам вокруг общего центра масс на расстоянии 19 130 км друг от друга с периодом 6.38 сут. Каждое из тел вращается вокруг оси с тем же периодом. Оси вращения перпендикулярны к плоскости орбиты Харона. Плутона и Харон постоянно ориентированы друг к другу одними сторонами. Таким образом, система полностью закончила свою эволюцию – она дважды синхронизирована (синхронность вращения планеты и спутника с орбитальным движением).

В связи с открытием семейства **Плутино**, значительного числа тел на орбите Плутона, находящихся в резонансе 2:3 с Нептуном и пересекающих орбиту Нептуна, дискутируется вопрос, является Плутона

большой планетой или он представляет собой самое крупное из тел занептунного пояса (Земля и Вселенная, 1999, № 5). Пока Международный астрономический союз предлагает оставить статус Плутона как планеты Солнечной системы. С другой стороны, два объекта пояса **Койпера**, астероиды (20 000) Варуна и (28 978) 2001 KX76, имеют весьма значительные размеры. По диаметру они превысили самый большой астероид Главного пояса – Цереру. Размер Цереры – 933 км, а диаметры этих тел пояса Койпера – 900 и 1200 км, т.е. новые объекты сравнимы по размеру с Хароном.

Интересно, что двойная система Плутона–Харон не единственная за орбитой Нептуна. В поясе Койпера обнаружен еще один двойной объект – 1998 WW31 (расстояние – 6.9 млрд. км (46.3 а.е), звездная величина – 23<sup>m</sup>). Компоненты этой двойной системы обращаются вокруг общего центра масс на расстоянии примерно 40 тыс. км, один из них ярче другого примерно на 0.4<sup>m</sup>. Предварительные оценки диаметров этих тел – 150 и 200 км. Таким образом, открыт второй после Плутона объект за орбитой Нептуна, имеющий спутник.

## Открыты конкуренты Плутона

На вопрос “Сколько планет в Солнечной системе?” любой образованный человек не задумываясь отвечает: “Девять”. Однако астрономы все больше склоняются к тому, что Плутон если и заслуживает планетного статуса, то только по историческим причинам. Весной 2001 г. в поясе Койпера, почти там же, где проходит орбита Плутона, открыт астероид, по размерам превосходящий самую крупную малую планету из Главного пояса – Цереру.

Объект 2001 KX76 обнаружен в мае 2001 г. группой астрономов из Обсерватории им. Ловелла, Массачусетского технологического института и Обсерватории Большого бинокулярного телескопа (США), возглавил которую директор Обсерватории им. Ловелла Роберт Миллис. При оценке размера астероида нужно учитывать очень важный, но плохо известный параметр – альbedo, т.е. отражательную способность. Обычно для транснептуновых асте-

роидов альbedo принимают равным 4% – величине, характерной для кометных ядер. Однако данные о другом гиганте из пояса Койпера – астероиде Варуна, открытом в ноябре 2000 г., – свидетельствуют, что транснептуновые астероиды диаметром порядка 1000 км могут обладать более светлой поверхностью. В декабре 2000 г. астероид Варуна стал первым транснептуновым объектом (ТНО), у которого удалось наблюдать не только отраженное излучение Солнца, но и собственное тепловое излучение. Наблюдения проводились на 15-м телескопе субмиллиметрового диапазона им. Максвелла (Гавайские о-ва, США). Одновременные наблюдения отраженного и теплового излучения Варуны позволили довольно точно определить альbedo. Его величина – около 7% – несколько превышает характерные кометные значения. Это, вероятно, связано с тем, что у массивных астероидов может существовать некое подобие атмосферы, и потому их поверхность частично покрыта инеем.

Первые оценки диаметра астероида 2001 KX76 варьировались от 960 до 1270 км (более высокому альbedo соответствует нижняя граница диапазона размеров – светлый астероид будет иметь ту же видимую яркость при меньшем значении диаметра, чем темный). Однако в конце августа 2001 г. они были пересмотрены. Группа астрономов из Германии, Финляндии и Швеции обнаружила 2001 KX76 на снимке, полученном с помощью 2.2 м телескопа Европейской Южной Обсерватории в Чили, а затем проследила его траек-

торию по снимкам, сделанным в предыдущие годы, начиная с 1982 г., и более точно рассчитала параметры его орбиты. Определение орбиты 2001 KX76 стало одним из первых открытий, сделанных с помощью международного европейского проекта “Астровиртел” (Астрономический виртуальный телескоп). В отличие от обычного виртуальный телескоп сам не наблюдает, а отыскивает уже готовые снимки нужного небесного объекта в архивах нескольких крупных обсерваторий.

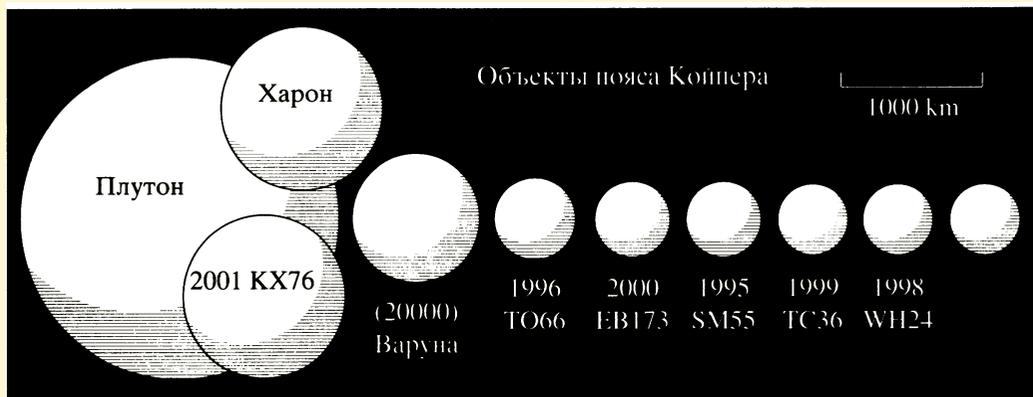
Оказалось, что астероид находится на расстоянии 6.5 млрд. км (43 а.е.) от Земли, дальше, чем предполагалось ранее, значит, размеры его еще больше – от 1200 до 1400 км. В любом случае размеры 2001 KX76 существенно превышают диаметр самого большого астероида из Главного пояса – Цереры (950 км). Кроме того, 2001 KX76 не уступает по размеру спутнику Плутона Харону (1150 км). Наблюдения пояса Койпера проводятся с 1992 г., но столь выдающиеся по размерам тела открыты только теперь. Многие астрономы считают, что за орбитой Нептуна могут оказаться и более массивные объекты.

Nature, 2001, 411, 446  
(Великобритания),

IAU Circular № 7657. 2001 (Международный астрономический союз),  
ESO Press Photos 27a – в/01 23 august 2001.

Д.З. ВИБЕ,  
кандидат физико-математических наук

Сравнительные размеры Плутона, Харона и некоторых астероидов пояса Койпера. Рисунок ESO Press Photos 27a – в/01 23 august 2001.



**СОЛНЦЕ В ОКТЯБРЕ–  
НОЯБРЕ 2001 г.**

Солнечная активность в последние месяцы осени 2001 г. оставалась достаточно высокой, но продолжала неуклонно снижаться. Значения относительного числа солнечных пятен  $W_{\text{окт.}} = 125.6$  и  $W_{\text{нояб.}} = 106.5$ . В сглаженных за 13 месяцев числах Вольфа падение продолжалось. Обычно через полтора–два месяца после максимума цикла, по числам Вольфа, наступает максимум вспышечной активности. Возможно, в сентябре – октябре 2001 г. текущий цикл солнечной активности про-

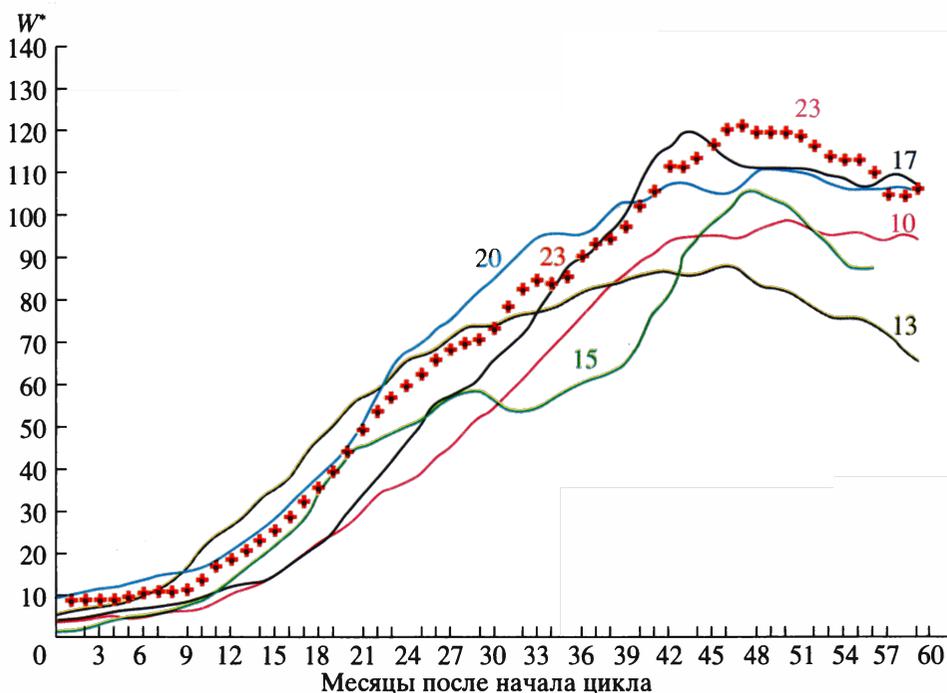
шел эту очень важную точку развития.

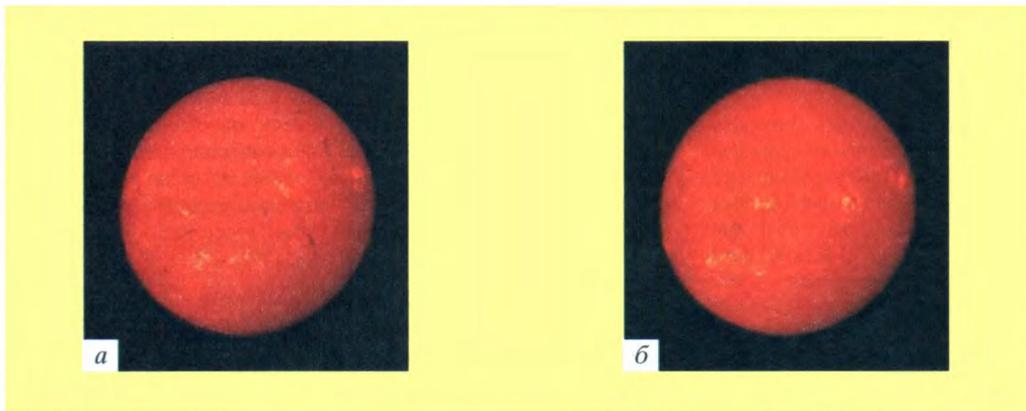
В октябре 2001 г. пятнообразовательная активность Солнца менялась от среднего до высокого (начало и третья декада) для циклов средней величины. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 1 октября ( $W = 168$ ), а минимальное – 8 октября ( $W = 72$ ). На диске Солнца постоянно наблюдалось от 7 до 14 групп солнечных пятен, среди которых большими были три группы пятен в северном и одна в южном полушариях

Солнца. Наиболее значительными по геоэффективности оказались вспышки 18–19 октября и 22 октября, сопровождавшиеся значительными динамическими явлениями в атмосфере Солнца, в том числе и мощными выбросами коронального вещества. После них в околоземном космическом пространстве отмечены два малых протонных события (19 и 22.10) и умеренная магнитная буря (21 и 22.10). Всего за месяц на Солнце произошли 34 вспышки больших и средних баллов.

В ноябре пятнообразовательная активность существенно понизилась и вернулась к нормальным значениям для данного этапа развития цикла. Наибольшее относительное число пятен на-

*Развитие текущего 23-го цикла солнечной активности в течение 59 месяцев после начала по сравнению с некоторыми другими схожими по величине циклами (№№ 10, 13, 15, 17 и 20).  $W^*$  – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.*





Солнце в самой сильной водородной линии в видимой части спектра  $H_{\alpha}$  ( $\lambda = 656\text{Å}$ ): а) 22 октября 2001 г.; б) 5 ноября 2001 г.

Солнце в белом свете (в непрерывном спектре): а) 22 октября 2001 г.; б) 5 ноября 2001 г. Все снимки взяты в сети Интернет со страниц Службы Солнца ([www.sec.noaa.gov](http://www.sec.noaa.gov)).

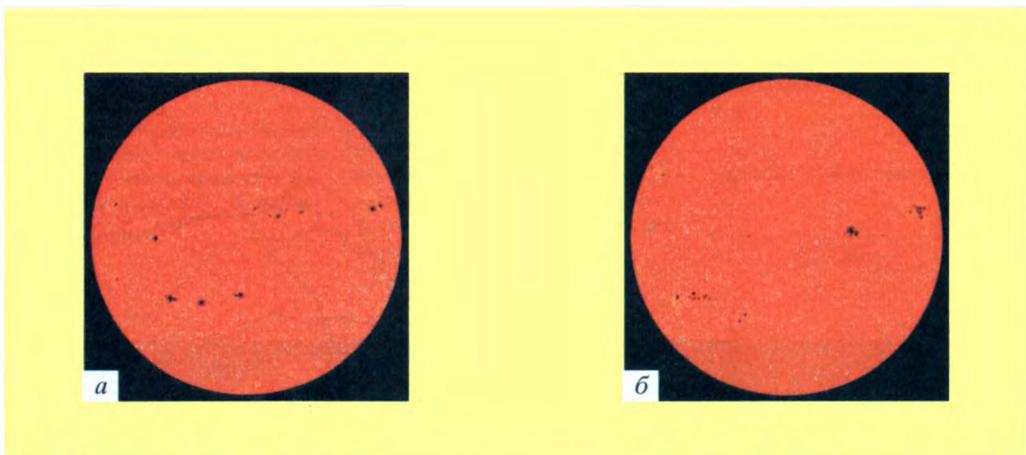
блюдалось 8 ноября ( $W = 152$ ), а наименьшее – 25 ноября ( $W = 73$ ). Из активных периодов месяца отметим всплывающие события 4 и 22 ноября. В первом случае это была большая вспышка интенсивностью X1.0/3B, во втором – две последовательные вспышки средней и большой интенсивности, сопровождавшиеся мощными динамическими явлениями и выбросами. Они стали причиной больших протон-

ных событий (4 и 22.11) и очень больших магнитных бурь (6 и 24.11).

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

Страница обновляется каждый понедельник.

**В.Н. ИШКОВ**  
**ИЗМИРАН**



### Вторая и третья основные экспедиции на МКС

Более трех лет продолжается строительство Международной космической станции (Земля и Вселенная, 1999, №№ 2, 4; 2000, №№ 5, 6; 2001, № 5). Напомним основные этапы ее сборки. 20 ноября 1998 г. вышел на орбиту первый модуль – российский функционально-грузовой блок “Заря”. Американский модуль “Юнити” с гермоадаптерами РМА-1/2, соединяющий российский и американский сегменты, пристыкован к “Заре” 7 декабря 1998 г. Стыковка российского служебного модуля “Звезда” к “Заре” состоялась 26 июля 2000 г. В октябре 2000 г. МКС пополнилась американскими корневым модулем (сегментом) Z1 и адаптером РМА-3. На сегменте Z1 укреплена секция Р6 с двумя солнечными батареями и радиаторами терморегулирования (США) в декабре 2000 г. Американский лабораторный модуль “Дестини” состыкован с “Юнити” 10 февраля 2001 г. Адаптер РМА-2 переустановлен на модуль “Дестини” 12 февраля 2001 г. Модули для стыковок и выходов в открытый космос пристыкованы: 15 июля 2001 г. – американская шлюзовая камера “Квест” к “Юнити” и 17 сентября 2001 г. – российский стыковочный отсек “Пирс” к “Звезде”. На борт МКС доставлены аппаратура, расходные материалы и оборудование на российских грузовых кораблях “Прогресс” и итальянских модулях снабжения “Леонардо” и “Рафаэлло”. В декабре 2001 г. масса МКС вместе с КК “Союз ТМ-33”, ТК “Прогресс М1-7” и КК “Индевор” (STS-108) достигла 241,7 т.

**Первая основная экспедиция на МКС** в составе Ю.П. Гидзен-

ко, С.К. Крикалёва (РФ) и У. Шеперда (США) возвратилась на Землю 21 марта 2001 г. на КК “Дискавери” (STS-102) после 140 сут 23 ч 38 мин полета. На этом же корабле 8 марта 2001 г. стартовала **вторая основная экспедиция** (МКС-2): Ю.В. Усачёв (РФ), Д. Восс и С. Хелмс (США).

Экипаж МКС-2 продолжил научные исследования по российской и американской программам (более 40 экспериментов). В ходе полета приняты и разгружены три корабля “Спейс Шаттл” – “Индевор” (STS-100, 19 апреля – 1 мая 2001 г.), “Атлантис” (STS-104, 12–25 июля 2001 г.), “Дискавери” (STS-105, 10–22 августа 2001 г.); грузовые корабли “Прогресс М-44” (26 февраля – 16 апреля 2001 г.) и “Прогресс М1-6” (20 мая – 21 ноября 2001 г.). Продолжена расконсервация лабораторного модуля “Дестини”, выполнены установка и цикл испытаний канадского манипулятора, проверена работа систем шлюзовой камеры “Квест”. Проведены совместные эксперименты с экипажем **первой экспедиции посещения** Т.А. Мусабаевым, Ю.М. Батуриным (РФ) и Д. Тито (США), который стартовал 28 апреля 2001 г. на КК “Союз ТМ-32”, а совершил посадку 6 мая 2001 г. на КК “Союз ТМ-31”. Ю.В. Усачёв и Д. Восс 8 июля 2001 г. в течение 2 ч 19 мин совершили выход в открытый космос (установили стыковочный агрегат на переходном отсеке модуля “Звезда”). Вторая основная экспедиция возвратилась на Землю на борту корабля “Дискавери” (STS-105) 22 августа 2001 г. Длительность полета – 167 сут 06 ч 40 мин 49 с.

На том же корабле стартовал 10 августа 2001 г. экипаж **третьей основной экспедиции** (МКС-3): Ф. Калбертсон-мл. (США), В.Н. Дежуров и М.В. Тюрин (РФ). Они выполнили более 30 экспериментов. 17 сентября 2001 г. к МКС пристыковался российский стыковочный отсек “Пирс”, стартовавший 15 сентября 2001 г. на грузовом корабле-модуле “Прогресс М-СО1”,

приборно-агрегатный отсек которого 26 сентября отстыковался от станции, вошел в атмосферу и прекратил существование. В.Н. Дежуров и М.В. Тюрин совершили из “Пирса” выходы в открытый космос: 8 октября (4 ч 58 мин) и 15 октября 2001 г. (5 ч 52 мин). Проведены совместные исследования с экипажем **второй экспедиции посещения** (ЭП-2) В.М. Афанасьевым, К.М. Козеевым (РФ) и К. Эньере (Франция), которые стартовали 21 октября на КК “Союз ТМ-33”, а совершили посадку 31 октября 2001 г. на КК “Союз ТМ-32”. Экипаж ЭП-2 выполнил 9 экспериментов по программе “Андромеда” (Франция). Длительность полета ЭП-2 – 9 сут 19 ч 00 мин 25 с. В ходе полета МКС-3 принят и разгружен грузовой корабль “Прогресс М1-7” (стартовал 26 ноября). 28 ноября из-за оставшейся в стыковочном агрегате части гермоуплотнителя резины (от предыдущего корабля “Прогресс”) к ней не удалось полностью пристыковать “Прогресс М1-7”. В.Н. Дежурову и М.В. Тюрину пришлось 3 декабря более двух часов работать в открытом космосе, чтобы убрать инородный предмет из стыковочного устройства. Окончательно “Прогресс М1-7” состыковался со станцией 3 декабря 2001 г. Третья основная экспедиция возвратилась на Землю на борту корабля “Индевор” (STS-108) 17 декабря 2001 г. Длительность полета – 129 сут 10 ч 55 мин 31 с.

6 декабря 2001 г. на КК “Индевор” (STS-108) стартовала **четвертая основная экспедиция** на МКС в составе Ю.И. Онуфриенко (РФ), К. Уолз и Д. Бёрш (США). Корабль состыковался со станцией 8 декабря, и экипаж МКС-4 приступил к выполнению программы полета. Экспедиция продлится до конца апреля – начала мая 2002 г. Экипаж возвратится на КК “Индевор” (STS-111).

*По материалам NASA и журнала “Новости космонавтики” за 2001 г.*

### Проект коммерческой орбитальной станции

Планы создания небольшой орбитальной станции для космических туристов появились еще в 1960-х гг. Однако только сейчас эта проблема стала актуальной – после негативной реакции на полет американского туриста Д. Тито (28 апреля – 6 мая 2001 г.) партнеров России по разработке Международной космической станции (МКС). В соглашении об эксплуатации МКС не предусматривались полеты непрофессиональных космонавтов, а квота пребывания на станции строго регламентирована между США, Россией и ESA. По контракту первый космический турист должен был посетить ОК “Мир”, но станция завершила функционирование, и ему пришлось совершить полет на МКС. Второй космический турист из ЮАР М. Шаттлуорт совершит полет в составе экипажа третьей экспедиции посещения в апреле-мае 2002 г.

24 августа 2001 г. Росавиакосмос, РКК “Энергия” им. С.П. Королёва и частная компания “MirCorp” подписали соглашение о создании посещаемой ОС под условным названием “Mini Station-1”. Эксплуатация частного “отеля в космосе” включает коммерческие полеты и различные эксперименты по заказу государственных организаций и частных фирм. Вероятно, до запуска станции коммерческие программы с такими партнерами, как NASA, ESA и другие космические агентства, будут проводиться на МКС. Но главное в этом проекте – космический туризм. Образовался космический рынок для всех заинтересованных лиц, кто обладает средствами, здоров и мечтает о путешествии в космос. Финансироваться разра-



ботка станции будет только из негосударственных источников. Найти инвесторов и заказчиков предстоит “MirCorp”, а строить “Mini Station-1” – РКК “Энергия”. Разработка проекта, изготовление станции и ее запуск оцениваются в 100 млн. долларов.

Орбитальная станция “Mini Station-1” создается на основе существующих технологий и элементов российских космических станций и кораблей. Предполагается, что она будет состоять из базового модуля и КК “Союз ТМА”, обслуживать ее будут транспортные грузовые корабли “Прогресс М1”. Основой для базового модуля станут меньшего размера герметический отсек модуля “Enterprise” с тремя панелями солнечных батарей (в 2.5 раза большей площади, чем на “Союзе”) и переходный отсек с двумя стыковочными узлами и люком для выхода в открытый космос (аналогично служебному модулю “Звезда” МКС). Возможные характеристики базового модуля: длина – 7.5 м, диаметр – 3.4 м, масса – до 10 т. Планируемое

время эксплуатации ОС – 15 лет. На станции могут работать экспедиции посещения из 2–3 человек длительностью до 20 суток. Для поддержания работоспособности “Mini Station-1” понадобится по одному кораблю “Союз ТМА” и “Прогресс М1” в год. Станцию запустят на орбиту МКС (наклонение 51.6° и высотой около 400 км) с помощью РН “Союз-У2”. Станция сможет совершать самостоятельный полет и пристыковываться к российскому сегменту МКС. Возможный срок старта базового блока – 2005–06 гг.

Не исключено, что проект “Mini Station-1” останется только мечтой. По оценке экспертов, это всего лишь очередная авантюра. Если все же ОС удастся запустить, то она будет первой в мире коммерческой обитаемой станцией, созданной без поддержки государства и использования бюджетных средств.

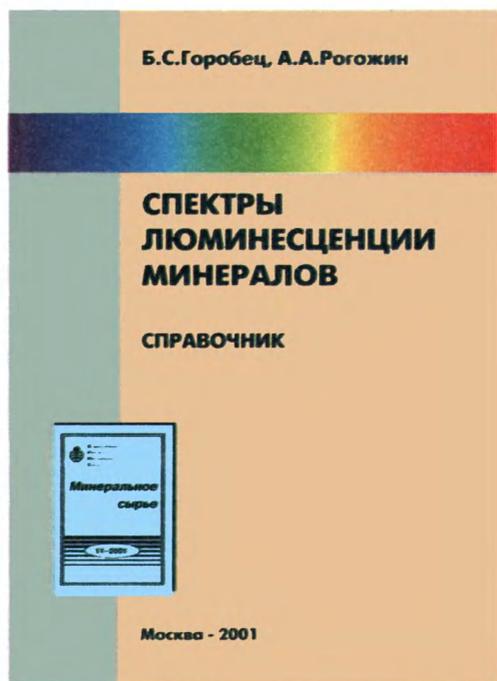
*По материалам РКК “Энергия”, компании “MirCorp” и журнала “Новости космонавтики”, 2001, № 10.*

## Световой “язык” минералов

Всероссийский Научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского издал книгу Б.С. Горобца и А.А. Рогожина “Спектры люминесценции минералов”.

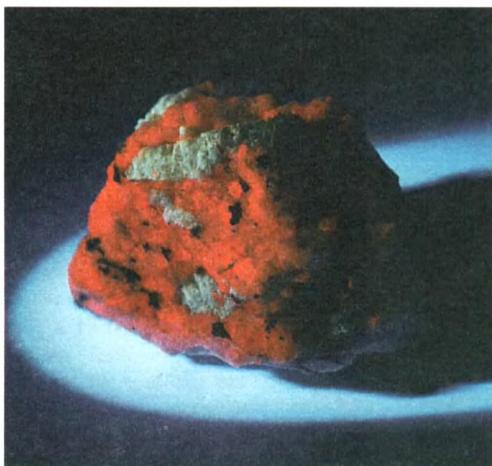
Хотя в подзаголовке указано “справочник”, книга представляет собой своеобразную монографию. Она раскрывает сущность важнейшего природного явления, познание которого открыло широкие перспективы перед исследователями Земли.

В 1602 г. итальянский алхимик Винченцо Кашкаролла из г. Болонья впервые описал минерал, испускавший свечение. Кусок тяжелого шпата (барита), нагретый на раскаленных углях, светился в темноте красным светом. Кашкаролла назвал минерал “фосфор” (“несущий свет”). Тогда еще не был известен собственно фосфор как химический элемент. Спустя 250 лет, в 1852 г., Джордж Стокс, наблюдая такое же свечение у флюорита, назвал данное явление флуоресценцией. А потом выяснилось, что свойством испускать свет в различных участках спектра обладают многие твердые тела. Нужен только внешний источник энергии (солнечный или искусственный ультрафиолетовый свет, радиоактивное или рентгеновское излучение, электрическое поле, химические реакции и т.д.). Иногда по оттенкам свечения удается установить структуру

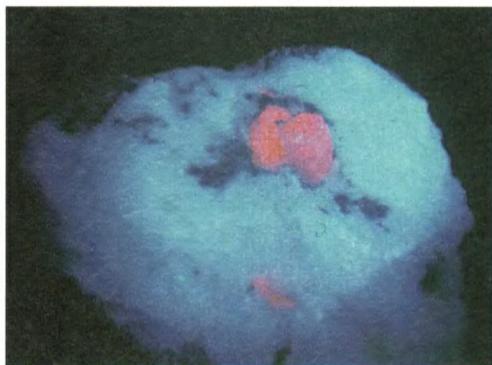


бесцветных, неразличимых под микроскопом минералов.

Явлению было дано название “люминесценция” (от лат. *lumin* – свет и *escent* – слабый). Определение, сформулированное Э. Видеманном и С.И. Вавиловым, звучит так: “Люминесценция – излучение фотонов, избыточное над тепловым, продолжающееся после прекращения



*Галогенид серебра (эмболит), легко обнаруживающийся по желто-зеленому свечению при охлаждении в жидком азоте. Фото В.В. Морошкина.*



*Красное свечение корунда – рубина, включенного в плагиогнейс. Фото В.В. Морошкина.*

возбуждения в течение времени на много порядков больше периода световых колебаний”. Если свечение затухает очень быстро, не более чем за миллисекунды, говорят о флуоресценции; медленное же угасание послесвечения называют фосфоресценцией. Широко распространенная в природе люминесценция может быть использована для получения информации о составе вещества, каким бы сложным он ни был. Причем очень точной.

По цвету свечения распознают структуру материала, обнаруживают в нем примеси и чужеродные образования,

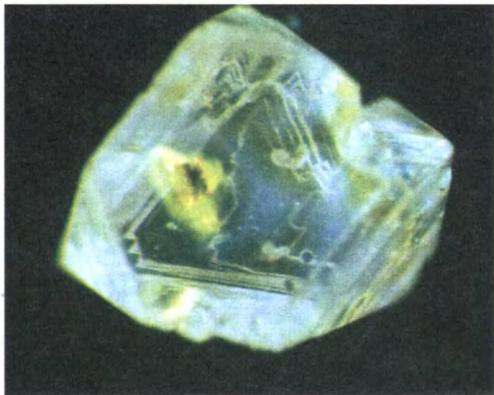
оценивают генетические особенности породы и даже находят новые, прежде не известные минералы. Люминесцентный метод становится поисковым и диагностическим.

В книге описаны свойства 285 минералов, приведены спектры более 2 тыс. образцов. В ней рассмотрены закономерности распределения люминесцирующих веществ в природе – последовательно, на уровнях глобальной системы геосфер, системы геохимических люминесцентных аномалий в литосфере и, наконец, кристаллохимических систем минералов как природных химических соединений. Минералы разбиты на группы по видообразующим металлам в порядке их следования в Периодической системе Менделеева. И почти в каждой из групп теперь известны те химические элементы, которые порождают так называемые центры свечения. Описаны важнейшие свойства апатита, флюорита, кальцита, слюды и других минералов, причины их переменных люминесцентных свойств, а также приемы минералогического анализа. Основные параметры люминесцентных спектров минералов даны в 40 таблицах. На две трети спектральные данные оригинальны (определены авторами статьи и их сотрудниками).

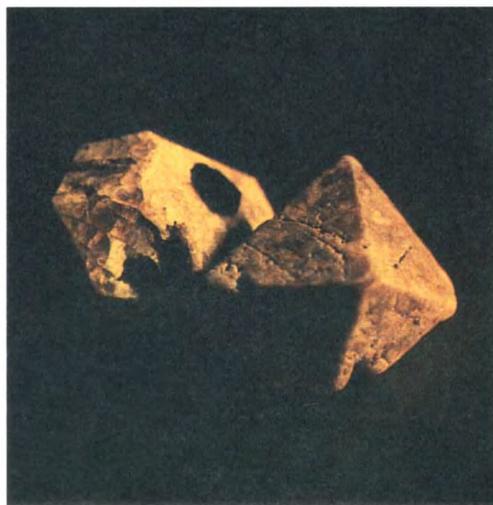
Б.С. Горобец и А.А. Рогожин изложили в своей книге единую систематизацию природных люминесцентных веществ: в космосе, атмосфере, гидросфере, литосфере и биосфере. Получилось, что, пожалуй, впервые как одно целое рассмотрен весь “люминесцентный мир”.

“Благодаря этой книге, – справедливо замечает в предисловии известный российский минералог доктор геолого-минералогических наук А.П. Хомяков, – закрывается очень существенная лакуна в общей системе научных данных о свойствах природных веществ”.

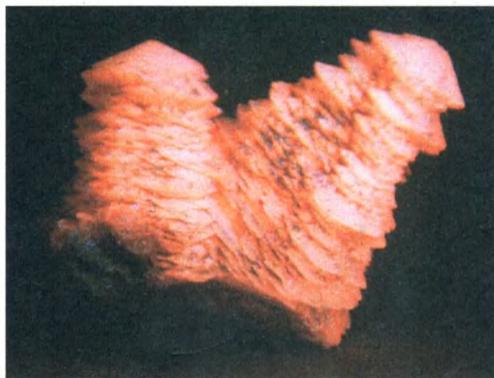
Авторы свели воедино огромный массив различных данных, полученных в конце XIX и в XX в. Книга уникальна, потому что прежде публиковались лишь справочники о качественных характеристиках свечения минералов в ультрафи-



*Желтое и голубое свечение алмаза связано с различными формами (центрами) примеси азота. Фото В.В. Морошкина.*



*Циркон с желтым свечением радиационных дефектов (Ильменские горы, Южный Урал). Фото В.В. Машатина и Б.С. Горобца.*



*Кальцит с розовым свечением малой примеси марганца (Дальний Восток). Фото В.В. Морошкина.*

олетовых и катодных лучах, но нигде не было сводок их спектров, не обозначались центры, ответственные за люминесценцию. Впервые рассказано о том, почему свечение возникает в геохими-

ческих аномалиях и вокруг рудных тел. На этой основе развивается новое направление поисков рудных месторождений. Так, огромные ореолы свечения – на 1–1.5 км – формируются вокруг кимберлитовых трубок. Они обнаружены в кимберлитовых полях Архангельской области и в районе г. Мирный в Якутии. Отмечено принципиальное сходство люминесцентных ореолов в этих важнейших алмазоносных районах.

Люминесцентный метод помогает постичь взаимопроникновение геосфер Земли, включая биосферу: светится множество видов органических молекул, поглощающих свет.

Незаменим метод при исследовании минерального состава и других планет Солнечной системы, он поможет и в поисках следов жизни вне Земли.

*В.А. МАРКИН*

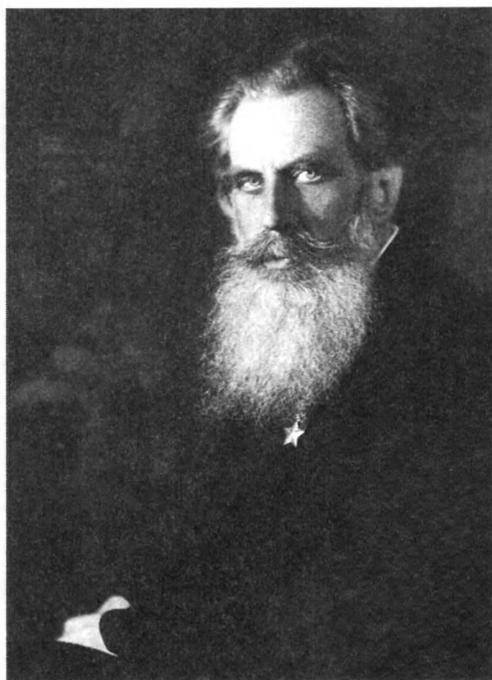
К 110-летию со дня рождения О.Ю. Шмидта

## Слово об ученом, именем которого назван Институт физики Земли РАН

Отто Юльевич Шмидт был не только основателем этого института и создателем **гео-генетической теории**, но также автором геофизических работ. Хотя их было немного, каждая из них по-своему значительна.

В 1925 г. в Трудах особой комиссии по исследованию Курской магнитной аномалии (вып. VI) напечатана статья О.Ю. Шмидта “Математическое определение тяжелых подземных масс по наблюдениям вариометром Этвеша”. Она начинается словами: “Резко выраженная аномалия силы тяжести, сопутствующая Курской магнитной аномалии, вызывает большой интерес...”

В это время, действительно, внимание геологов было обращено на открытие в начале 20-х гг. прошлого века магнитной аномалии в Курской губернии (КМА), на основе которого делались прогнозы огромных запасов железной руды. Строились самые различные предположения об их источнике. Например, **П.П. Лазарев** доказывал, что КМА образована языком чистого железа, протянувшимся прямо из ядра Земли. Провели измерения вариометром. Руководитель геологических работ профессор **А.Д. Архангельский** предложил выяснить, какое расположение тяжелых масс вытекает из результатов этих измерений. За решение задачи взялся О.Ю. Шмидт, применив математический анализ, которым обычно пренебрегали. “Математик должен исходить из тех данных, которые дает ему геология”, – заметил он в своей статье. Его расчеты заставили отвергнуть гипотезу о различных причинах возникновения гравитационной и магнитной аномалий и показали справедливость предположения А.Д. Архан-



Отто Юльевич Шмидт. Фото 1944 г.

гельского об их едином генезисе. Работа О.Ю. Шмидта поставила точку в спорах. Проведенное впоследствии бурение полностью подтвердило математическую интерпретацию данных, полученных при измерениях вариометром.

Вторая геофизическая работа О.Ю. Шмидта – “О причинах земного магнетизма” – опубликована в 1926 г. как письмо в редакцию Бюллетеня МОИП (отделение геоло-

гии, №№ 3, 4, нов. серия). В ней изложена гипотеза, одна из идей которой – связь магнитного поля с электрическими явлениями в земном ядре – была новой и оригинальной для того времени. Она отвечает и современным представлениям.

Историческую роль в развитии геофизической науки сыграл доклад О.Ю. Шмидта “Важнейшие задачи геофизики”, сделанный на заседании Президиума АН СССР 23 сентября 1944 г. Решался вопрос о едином Институте физики Земли, и Отто Юльевич четко очертил круг исследований, которые предстояло выполнить новому институту. В начале доклада он дал определение: “Геофизика – наука о физических явлениях в земном шаре, его коре, океанах и атмосфере”. Это была еще молодая наука, поэтому она разделена на более узкие, казалось бы не связанные друг с другом, дисциплины – геофизику, гравиметрию, метеорологию, магнитометрию...

“Развитие подлинной науки геофизики преодолевает эти деления, выявляя взаимодействия, взаимную обусловленность частных явлений, изучаемых этими дисциплинами”, – говорил О.Ю. Шмидт. Он очертил три круга вопросов: **описательная геофизика, теоретические исследования причин явлений и прикладная геофизика**. Описательная сторона долго главенствовала, но настало время теоретических исследований, центр которых сначала находился в Германии и Англии, а затем переместился в США. По отдельным направлениям ведущими были Норвегия (по динамике атмосферы) и Голландия (по гравиметрии). Между тем на одно из первых мест в мире вышли теоретические исследования в СССР динамики атмосферы (А.А. Фридман, И.А. Кибель), атмосферной турбулентности (А.Н. Колмогоров), физики моря (В.В. Шулейкин).

Отметив эти достижения, О.Ю. Шмидт определил 18 главнейших теоретических задач, которые призван решить новый институт, в частности дать “**подлинно научное объяснение физических свойств Земли**”. Он считал необходимым изучать историю ее образования и строение, а также силы,



Мемориальная доска на здании Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта работы скульптора И.А. Маркелова. Открытие состоялось 4 ноября 1968 г.

действующие в земном шаре, термику, земной магнетизм и электричество, геофизические методы разведки, динамику и энергетику атмосферы... Все эти темы, согласно О.Ю. Шмидту, “узлового характера” и требуют комплексного решения.

Комплексные исследования физики Земли закономерно привели О.Ю. Шмидта к разработке **космогонической гипотезы**, которой занялась созданная им лаборатория эволюции Земли. Эти работы составили целую эпоху в науке. В наше время достойным их продолжением могли бы стать ежегодные **чтения имени О.Ю. Шмидта** с участием различных институтов, право выступления на которых определялось бы в результате конкурса.

До конца своей многострадальной жизни и несмотря на тяжелейшую болезнь Отто Юльевич сохранил огромный интерес к науке и ясность мышления. Об этом неоднократно свидетельствовали ученики Отто Юльевича – Б.Ю. Левин, В.С. Сафронов, Е.Л. Рускол, С.В. Козловская.

*В.Н. СТРАХОВ,  
директор ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН  
(В основу текста положено выступление  
на торжественном заседании  
Ученого совета Объединенного института  
физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН  
25 октября 2001 г.)*

# Жизнь и деятельность О.Ю. Шмидта

30 сентября 2001 г. исполнилось 110 лет со дня рождения Отто Юльевича Шмидта, именем которого назван Объединенный институт физики Земли Российской академии наук. Имя ученого носят многие географические объекты: остров в Карском море, мыс и поселок на побережье Чукотского моря, пик и перевал на Памире, равнина в Антарктиде, а также ледокол исследовательского назначения, малая планета № 2108 (астероид Отто Шмидт), кратер на Луне, русско-германская лаборатория в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте, улицы в российских городах. О.Ю. Шмидт достиг мирового признания в разных областях науки, но для него это были взаимосвязанные сферы единой Науки. Творческой деятельностью Шмидта присущи строгая логика математика, широта кругозора ученого-энциклопедиста, романтизм путешественника-первооткрывателя, инициативность и целеустремленность общественного и государственного деятеля, вдохновение просветителя. Он был одарен и талантом абстрактного мышления, и умением реализовывать свои замыслы. Масштабность его интересов и способностей поразительны. О.Ю. Шмидта сравнивали с титанами Возрождения – как по значимости созданного им, так и по образу жизни.

Отто Юльевич родился в 1891 г. в Белоруссии, в г. Могилеве. Его предки по отцовской линии – немцы-хуторяне, перебравшиеся в Курляндию (Латвию) во второй половине XVIII в., а по материнской – латыши. Он был любознательным мальчиком. Его необычайно сильное стремление к знаниям поразило деда, на хуторе которого семья гостила каждое лето. На семейном совете он сказал: “Если мы все сложимся, то сможем отдать его учиться в гимназию, а не ремеслу”. Из-за переездов мальчик учился в гимназиях Могилева, Одессы и Киева. В 1909 г. Отто Юльевич окончил Киевскую классическую гимназию и поступил на физико-математический факультет Киевского универси-

тета. Еще студентом он получил премию за математическую работу, написанную под руководством Д.А. Граве, а по завершении учебы в 1913 г. был оставлен при Университете “для подготовки к профессорскому званию”. В 1916 г. он издал монографию “Абстрактная теория групп”, которая стала фундаментальным трудом в этой области математики. Молодой приват-доцент проявил себя и как организатор науки, и как общественный деятель, возглавив объединение научной молодежи университета (“Молодая академия”), стремившейся к реформе высшей школы. Тогда же О.Ю. Шмидт, служащий Киевской городской управы, занялся обеспечением населения продовольствием, летом 1917 г. был командирован в Петроград на съезд по делам высшей школы и для организации снабжения населения продуктами и промтоварами. Он остался работать в столице в Министерстве продовольствия Временного правительства. В только образованном советском Наркомпроде Отто Юльевич назначен начальником Управления по продуктообмену. Переехав вместе с правительством в Москву, работал членом коллегий наркоматов продовольствия, финансов, просвещения.

Впервые в отечественной науке О.Ю. Шмидт исследовал закономерности эмиссионного процесса (“Математические законы денежной эмиссии”, 1923 г.). Он вернулся к преподаванию математики в вузах. В 1929 г. стал профессором Московского университета, создал научную школу по теории групп и возглавил кафедру алгебры. В 1933 г. О.Ю. Шмидта за математические труды избрали членом-корреспондентом Академии наук СССР. Наиболее многообразной и результативной в 1920-е гг. была его деятельность в сфере просвещения: он участвовал в перестройке школьного образования, реформе вузовской системы. Именно он ввел тогда в обиход слово “аспирант”.

В 1921–24 гг. Отто Юльевич – заведующий Государственным издательством. Под его руководством создано самое боль-

*О.Ю. Шмидт – студент Киевского университета.  
Фото 1912 г.*

---

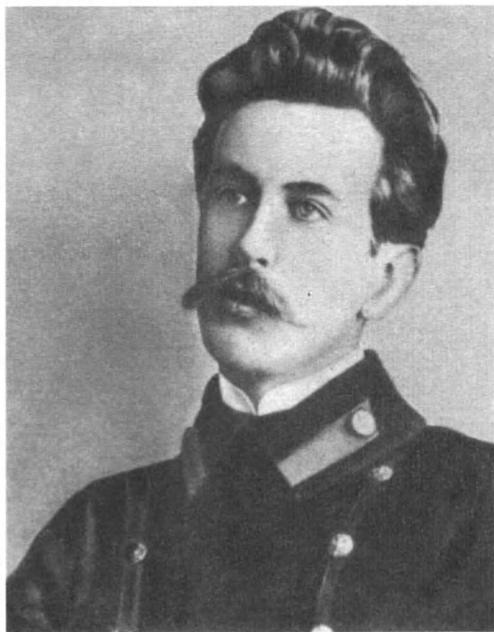
шое тогда в мире издательство с не коммерческими, а культурно-просветительскими целями. Возобновилось издание научных журналов и исследовательских монографий. Тогда же началась подготовка большого справочного издания, объединяющего – по определению самого Шмидта, “просвещение нашей эпохи”, – Большой Советской Энциклопедии (БСЭ), главным редактором которой он утвержден в 1925 г.

Отто Юльевич возглавляет секцию естественных и точных наук в Коммунистической Академии, читает курс по истории этих наук. Он выступал и перед широкой аудиторией, и на научных конференциях, и на заседаниях правительственных учреждений, перед работниками Коминтерна (на немецком языке).

Еще в юности О.Ю. Шмидт заболел туберкулезом легких, и болезнь обострялась

---

*О.Ю. Шмидт и его первый учитель в области математики профессор Д.А. Граве. Фото 1926 г.*



каждые 10 лет. В 1924 г. ему предоставили возможность поехать для лечения в Австрийские Альпы, где в Тироле он прошел “школу альпинизма”. В 1928 г. Отто Юлье-





*Профессор Р.Л. Самойлович готовит О.Ю. Шмидта к спуску в ледяную трещину на одном из ледников Земли Франца-Иосифа. Фото 1929 г.*

вич возглавил альпинистскую группу в составе советско-германской экспедиции, исследовавшей ледники Памира. В 1929 г. он – начальник и “правительственный комиссар” экспедиции на Земле Франца-Иосифа. Ему поручено закрепить на этом архипелаге суверенитет СССР. Спустя 3 года О.Ю. Шмидт возглавил экспедицию с целью сквозного прохода Северным морским путем в Тихий океан за одну навигацию.

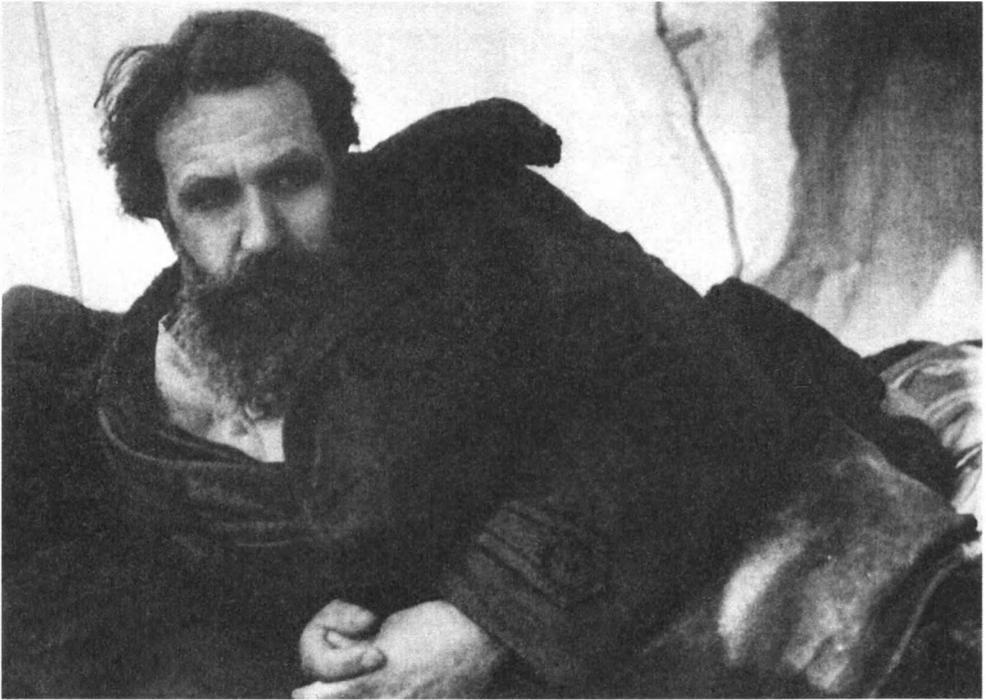
Успех этой экспедиции доказал возможность активного хозяйственного освоения Арктики. К практической реализации этой возможности приступило Главное управление Северного морского пути, которое возглавил О.Ю. Шмидт. “Челюскинская эпопея” 1933–34 гг. сделала имя О.Ю. Шмидта всемирно известным.

В 1935 г. за заслуги в области географии О.Ю. Шмидта выбирают академиком Академии наук СССР по Отделению математических и естественных наук. С докладами о научных результатах и перспективах освоения Арктики он выступает и за рубежом. О.Ю. Шмидт утвержден председателем географической группы Академии наук, при которой создали геофизическую секцию. В 1937 г. он удостоен звания Герой Советского Союза за организацию экспедиции на Северный полюс и создание там первой дрейфующей научной станции. В том же году по почину О.Ю. Шмидта создается Институт теоретической геофизики Академии наук СССР, директором которого он стал.

В январе 1939 г. Отто Юльевич избран первым вице-президентом АН СССР. Когда началась Великая Отечественная война, он руководит эвакуацией и налаживанием деятельности академических учреждений в новой обстановке. Но в марте 1942 г. И.В. Сталин отстранил его от руководства Академией наук, вскоре он перестал быть и главным редактором БСЭ.



*О.Ю. Шмидт на ледоколе “А. Сибиряков”, впервые совершившем прохождение Северным морским путем за одну навигацию. Фото 1932 г.*



*О.Ю. Шмидт на Северном полюсе. Фото 1937 г.*

Главной сферой научной деятельности О.Ю. Шмидта в это время стали геофизика и космогония. В составе Института теоретической геофизики была сформирована группа сотрудников (с 1945 г. – Отдел эволюции Земли) во главе с Отто Юльевичем. Именно благодаря О.Ю. Шмидту отечественная планетная космогония развилась на 10–15 лет раньше, чем в странах Запада.

В 1946 г. Институт теоретической геофизики, объединившись с Сейсмологическим институтом, стал Геофизическим институтом АН СССР; О.Ю. Шмидт возглавил его и руководил им до 1949 г. Затем Геофизический институт преобразован в Институт физики Земли, которому присвоено имя О.Ю. Шмидта.

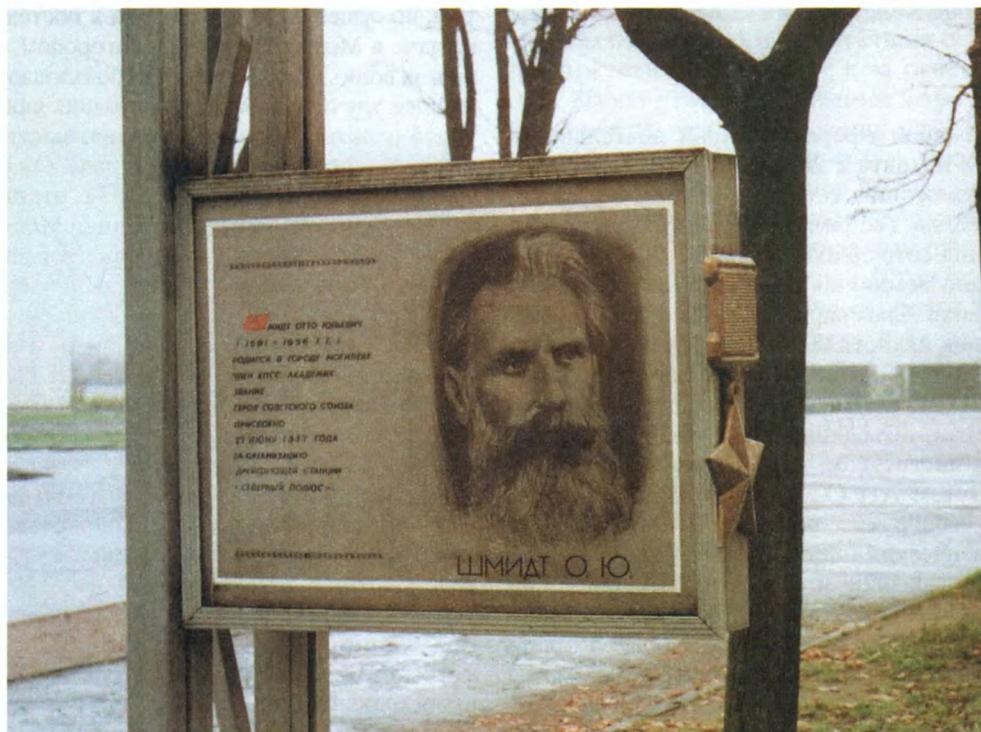
Последний период жизни О.Ю. Шмидта был не менее героическим, чем 30-е гг. С зимы 1943–44 гг. туберкулез прогрессировал, распространился не только на легкие, но и на горло. Отто Юльевичу периодически запрещали говорить. Он много времени проводил

в санаториях Подмосквья и Ялты. А потом, уже, по существу, прикованный к постели, – на даче в Можинке под Звенигородом. Напрягая волю, Отто Юльевич использовал малейшее улучшение своего состояния для научной работы. Когда хватало сил, выступал с лекциями в Москве и Ленинграде. Он был среди ученых, чьи лекции в 1953 г. открыли занятия в новом, высотном, здании Московского университета. Он основал и возглавил в 1951 г. Геофизическое отделение в МГУ, проводил научные семинары дома и на даче. Постепенно отказавшись от всех административных должностей, Отто Юльевич согласился в 1951 г. остаться главным редактором журнала “Природа”, возродив это издание.

В жизни и деятельности Отто Юльевича неоднократно были крутые повороты: математик становится государственным деятелем, потом – создателем энциклопедии, путешественником-первооткрывателем, реорганизатором Академии наук и, наконец, космогонистом. Некоторые из этих поворотов происходили по воле самого Отто Юльевича, другие – под влиянием обстоятельств. Но всегда он работал в полную силу, не умел и не позволял себе поступать иначе. Этому



Памятник на могиле О.Ю. Шмидта на Новодевичьем кладбище в Москве, открытый 1 октября 1960 г.  
Скульптор – С.Т. Коненков.



Мемориальная доска в Аллее Героев Советского Союза в г. Могилеве (Белоруссия) – на родине О.Ю. Шмидта.

способствовали его неутомимая любознательность, богатая эрудиция, четкая логика мышления и организованность в труде, умение выделить важнейшее в работе, демократизм в отношениях с людьми.

Отто Юльевич знал, что обречен, и достойно уходил из жизни. За три месяца до смерти он сказал: “Я благодарен судьбе за ту жизнь, которую она мне дала. Сколько было

хорошего и сколько интересного! Я не боюсь умирать”. Он скончался в Мозжинке 7 сентября 1956 г.

*По материалам международной газеты  
“Наука и технология в России”  
2001, № 4-5 (46-49) (один из учредителей –  
Объединенный ИФЗ РАН)*

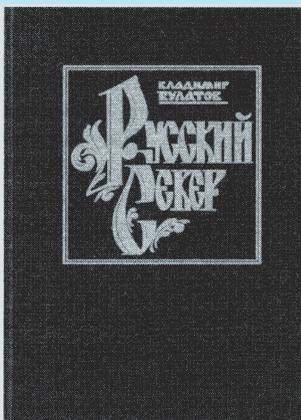
## НОВЫЕ КНИГИ

### Все о “столице” Русского Севера

В разных странах мира известны морские порты – отправные пункты для дальних плаваний первооткрывателей новых земель, морей и транспортных трасс. Среди центров великих географических открытий – Лиссабон, Марсель, Лондон, заполярный норвежский город Тромсё и русский Архангельск. Построенный более четырехсот лет назад при впадении в Белое море Северной Двины, “Архангельск издавна был естественной базой для отправки полярных экспедиций”, – сказал в 1932 г. О.Ю. Шмидт.

Поморским государственным университетом им. М.В. Ломоносова в Архангельске в 2001 г. издана пятая книга ректора университета профессора В.Н. Булатова из задуманной им серии “Русский Север”. Название книги – “Ворота в Арктику” – точно обозначает место Архангельска в истории России.

Архангельский край – родина поморов, искусных мореходов, совершавших бесстрашные плавания к Новой Земле и на далекий архипелаг Шпицберген, который называли Грумантом, считая частью Гренландии. “Поморы вписали много прекрасных страниц в историю освоения Арктики”, – гово-



рится в предваряющем книгу “Слове об Архангельске” легендарного И.Д. Папанина.

Традиции поморов продолжены мореплавателями XVII–XX вв. Более трехсот морских арктических экспедиций начинали свой путь из архангельского порта. Среди них – экспедиции Литке, Пахтусова, Седова, Русанова...

Важнейшая роль принадлежала Архангельску в период планомерного исследования Арктики, проводившегося в 30-е гг. XX в. Именно в Архангельске начинались героические рейсы “Г. Седова”, “А. Сибирякова”, “С. Челюскина”. В книге В.Н. Булатова подробно, с привлечением архивных документов рассказано о Гидрографической экспедиции Б.А. Вилькицкого 1910–15 гг., о советских научных и промысловых экспедициях 1920–29 гг., о ледовых походах 30-х гг., завершившихся освоением Северного морского пути как “постоянно

действующей магистрали”. С увлечением читаются страницы книги, описывающие невиданный до того времени по смелости бросок воздушной экспедиции, руководимой О.Ю. Шмидтом, на Северный полюс, где была высажена дрейфующая научная экспедиция четырех папанинцев.

В годы Великой Отечественной войны Архангельск, оставаясь “воротами в Арктику”, стал для Советского Союза и “окном в Европу”. Единственный тогда в стране порт круглогодично (благодаря работе ледоколов) принимал суда с военной помощью, отправлявшейся из США и Англии, – знаменитые “северные конвои”. За годы войны Архангельск принял 252 транспорта союзников.

“Велики заслуги Архангельского Севера перед страной и народом”, – заключает автор. И нельзя без грусти читать его послесловие: “Россия катастрофически теряет свои позиции в Арктическом бассейне. Чуть теплится жизнь на некогда оживленной трассе Северного морского пути...” Справедливо утверждение автора о необходимости специальных мер для возрождения Российской Арктики, воротами в которую на протяжении веков служил Архангельск.

В 1999 г. принято решение о создании РАО “Севморпуть” для обеспечения грузоперевозок в арктических морях. Штаб-квартира возрожденного Северного морского пути, возможно, разместится в Архангельске. Тем самым восстанавливается его историческая роль.

*В.А. МАРКИН*

## Создатель отечественной энциклопедии

Давно крылатым стало утверждение: энциклопедия – зеркало эпохи. Но и сами создатели энциклопедии несут в себе черты времени, их породившего, определенные представления о мире, систему ценностей, характерные черты “типичного” героя. О.Ю. Шмидт – яркий тому пример.

### НАСЛЕДНИК ДИДРО И Д’АЛАМБЕРА

Понятие “энциклопедия” возникло в античные времена. В дословном переводе с греческого оно означает “обучение по всему кругу знаний”. Средневековые составители многочисленных собраний всевозможных сведений по крупницам складывали в “алфавитную копилку” все, что нарабатывала цивилизация.

Неутомимый деятель, землепроходец и профессиональный ученый, О.Ю. Шмидт был убежден в могуществе человеческого разума и силе знаний, распространенных в массах: ведь путь к звездам, в прямом и переносном смысле, всегда начинается с овладения “азбукой” земного бытия.

Пламенными агитаторами ворвались в храм книжных знаний создатели знаменитой большой французской энциклопедии – “Толкового словаря наук, искусств и ремесел” – философ, литератор и художественный критик Дидро, философ

---

*Заседание правления Госиздата. Фото 1923 г. или 1924 г.*



и математик Д'Аламбер. Они явили восхищенным современникам энциклопедию нового типа – не только информацию, но и концепцию мироустройства и положения в нем человека, многотомный манифест Просвещения, предуготовивший Великую французскую революцию с ее культом всего “естественного”.

Наследником первых энциклопедистов стал Отто Юльевич Шмидт – организатор и вдохновитель создания не только Большой Советской Энциклопедии (БСЭ) и ряда сопутствующих ей книг, но и всей системы издания энциклопедических трудов в нашем Отечестве в минувшем веке. Просветителей XVIII в. и “неопросветителей” XX столетия объединяла вера в силу человеческого разума, способного изменить жизнь к лучшему.

“Новая жизнь строится на научных основах, – писал, приступая к работе над энциклопедией, О.Ю. Шмидт. – Никогда еще выводы науки не были так нужны и желанны массам, как теперь... новая советская универсальная энциклопедия объединит “просвещение всей нашей эпохи”.

ЭНЕРГИЯ, ТРАДИЦИЯ, ПОИСК...

Мысль о создании принципиально новой, “социалистической” энциклопедии появилась уже в конце XIX в. Ее высказал знаменитый французский социалист Жан Жорес, горячо поддерживал Г.В. Плеханов; активно разрабатывали послереволюционные деятели В.В. Воровский, А.В. Луначарский и другие. Однако дальше планов и набросков дело не шло – слишком неподъемной оказалась задача. Даже Максим Горький, некоторое время один из членов инициативной комиссии по созданию энциклопедии, признавался, что ему не под силу общее редактирование статей: ведь все должно быть изложено не только научным, но и “ясным” языком, “нужен человек, литературно более грамотный”.

В 1921 г. в Госиздат РСФСР пришел новый заведующий – темпераментный и



по-настоящему предприимчивый Отто Шмидт. Несмотря на молодость, он был уже известным ученым, университетским преподавателем, математиком с международным именем. И, как это свойственно лучшим представителям российской интеллигенции, – искренним демократом, убежденным и самоотверженным другом народных масс, с которыми щедро готов был делиться знаниями. “Коммерческий” опыт, обретенный им в 1917–18 гг., немало пригодился молодому ученому в издательском деле. Уже через два года Госиздат стал безубыточным, спектр его изданий значительно расширился (к 1924 г. – более 7 тыс. названий книг общим тиражом 155 млн. экземпляров, 40 научных журналов!); объем продукции возрос десятикратно.

В 1923 г. О.Ю. Шмидт создает инициативную группу для выпуска универсальной энциклопедии. 3 апреля 1924 г. он становится ее главным редактором. Уже 13 апреля энциклопедия получает организационную “автономию”, и менее чем через 12 месяцев, 13 февраля 1925 г., специальными Постановлениями Прези-

диума ВЦИК утверждаются издание Большой Советской Энциклопедии, состав ее редколлегии во главе с О.Ю. Шмидтом и создается акционерное общество "Советская энциклопедия". Его пайщиками становятся не только Госиздат, издательства Комакадемии, "Вопросы Труда", "Работник Просвещения", "Правда", но и Государственный и Торгово-промышленный банки СССР, а также другие столь же солидные и полезные учреждения.

Издание энциклопедии стало поистине государственным делом. О.Ю. Шмидт внимательно отбирал авторов и редакторов для этого труда, его равнодушие еще раз заставляет увидеть в нем личность не только значительную, но и своего рода показательную. Он удержался от соблазнов нигилизма, отрицания всего и вся, и дерзнул быть не только экспериментатором – что поощрялось в те бурлящие годы, – но и традиционалистом, использовавшим богатый энциклопедический опыт предшествующих поколений.

ПОЛИТИКИ ПРОХОДЯТ,  
КУЛЬТУРА ОСТАЕТСЯ...

Эти слова можно поставить девизом к труду Шмидта-энциклопедиста не потому, что созданная им энциклопедия оказалась "вневременной" – напротив, ее

можно читать, воспринимая как самый живой памятник конкретной эпохи, с ее специфическими оценками, неповторимой лексикой, настойчиво декларируемыми ценностями коллективизма, "классового" интернационализма. Этот труд – первый в ряду трех изданий Большой Советской Энциклопедии, – оказался, по определению одного из французских университетских преподавателей, оппозиционных к СССР, не только "монументом" определенной идеологии, но и истинным памятником знаний.

Отвергая искус мнимой "свободы", которому поддаются сегодня и у нас, и за рубежом сотни создателей энциклопедий, Шмидт сохранил приверженность фундаментальному, "немецкому" подходу, характерному для многотомника Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона, требующему максимальной насыщенности фактами и библиографическим инструментарием, строгости при отборе тем, персоналий и понятий.

Шмидт подошел к созданию энциклопедии как профессионал: он разыски-

---

*В редакции газеты "Известия". Слева – В.Н. Фигнер, справа – О.Ю. Шмидт, Н.И. Бухарин. Фото 1934 г.*



вал образованных людей, знающих толк в издательском деле (именно в те времена, согласно преданиям, работала корректором вторая жена писателя Михаила Булгакова – бывшая княгиня Белозерская). Он привлек к участию в работе многих сотрудников известного до революционного издательства братьев Гранат, пригласил в качестве редакторов и авторов как политически индифферентную или скрыто оппозиционную “старорежимную” интеллигенцию (химик Д.Н. Прянишников, географ В.А. Обручев, биолог К.И. Скрябин, медик Н.Н. Бурденко, геолог И.М. Губкин, художник И.Э. Грабарь, лингвист Д.Н. Ушаков, музыковед Б.В. Асафьев), так и ту ее часть, которая непосредственно готовила приход Советской власти или горячо поддерживала ее (А.В. Луначарский, С.Г. Струмилин, Н.А. Семашко, В.Я. Брюсов, А.Ф. Иоффе и другие).

При этом чуткий ко всему новому, первопроходец по сути своей, О.Ю. Шмидт, в духе времени и в соответствии со своими собственными устремлениями, предоставил возможность активного участия в энциклопедии (и тем поддержал в начале научного пути) многим восходящим звездам отечественной науки и культуры: А.Н. Колмогорову, М.В. Нечкиной, В.Н. Лазареву, Ю.В. Келдышу и другим. Некоторые из них получили признание на своей родине лишь в последней четверти минувшего века – например, психологи Л.С. Выготский и А.Н. Леонтьев, поэт и ученый А.К. Гастев.

Симптоматично, что кадровыми энциклопедистами-редакторами с легкой руки О.Ю. Шмидта стали такие видные деятели науки и культуры, как математик В.Ф. Каган, историк Н.М. Лукин, писатель С.Д. Мстиславский. Привлекал он к работе и техническую интеллигенцию, следуя за Дидро и Д’Аламбером, включившими в свою универсальную энциклопедию “золушек” – “механические искусства” (разнообразные ремесла, прежде считавшиеся недостойными внимания солидных изданий).

Разумеется, главный редактор первой советской универсальной энциклопедии, этого общегосударственного детища, включал в число членов редколлегии, ре-

дакторов и авторов также видных политических, военных и общественных деятелей. Многие из них в 30-е гг. подверглись репрессиям. Авторами первых томов были Л.Д. Троцкий и Г.Е. Зиновьев (по разделу политики), Л.Б. Каменев (политика и культура), А.С. Бубнов (новая русская история), Н.И. Бухарин (член редколлегии, куратор раздела экономики). Активно выступал с историко-публицистическими статьями будущий “враг народа” насмешливый К.Б. Радек, а с материалами по вопросам социалистического правопорядка – главный обвинитель на процессах 30-х гг. прокурор А.Я. Вышинский. Кого-то из “высших”, конечно, приглашали и по внутривластным мотивам, для некоей гарантии “неприкосновенности” – очень ненадежной, как показало время. Впрочем, преследования “инакомыслящих” авторов, изъятие из продажи готовых томов, настоятельный совет вырезать “крамольные” статьи – отнюдь не изобретение Советской власти. Все это испытала на себе еще Большая французская энциклопедия. По сути, каждое пристрастное (а настоящая энциклопедия, в отличие от безликого “фиксирующего” справочника, всегда такова!) энциклопедическое издание – своеобразные мемуары века, коллективная исповедь поколения – переживает, как правило, нелегкую судьбу. Тем более удивительно в описанной ситуации другое – приглашение в качестве авторов зарубежных ученых. Эта традиция, к сожалению угасшая за годы “холодной войны”, будет, возможно, поддержана создателями четвертого издания отечественной энциклопедии.

#### НЕ ПРОФЕССИЯ, НО ПРИЗВАНИЕ

Кто сказал, что энциклопедист – это седовласый Нестор или скучно-въедливый “книжный червь” наподобие героев незаконченного романа Гюстава Флобера “Бувар и Пекюше”? Энциклопедист нового времени – союз духа и действия, тот, кто не только пишет историю, но и делает ее. Именно таким был Отто Юльевич Шмидт – путешественник-полярник, математик и естествоиспытатель, создатель научных школ, обществ, периодиче-



ских изданий, лектор, редактор, неутомимый экспериментатор и публицист.

...Уже через два года после начала редакционной подготовки вышел первый том первого издания БСЭ. Срок сегодня представляется фантастически коротким. Колоссальная искрометная энергия, соединившая потенциал времени и человека, «совпавшего» с ним, обусловила этот темп. Ведь даже великий Дидро, жаловавшийся в письмах своему сподвижнику Вольтеру, что «энциклопедирует, как каторжник», имел в качестве первоосновы солидную английскую энциклопедию Эфраима Чемберса, с намерения перевести которую и началась его энциклопедическая одиссея. «Под рукой» был уже сложившийся костяк авторов и редакторов – единомышленники Дидро, помогавшие ему на протяжении целых 30 лет создавать многотомный труд, – «шайка злодеев», как именовали их враги, или «республика философов», как они сами себя называли. Шmidt же собирал свою «энциклопедическую рес-

*О.Ю. Шmidt и академик Г.М. Кржижановский.  
Фото 1936 г.*

публику» в стране, пережившей тяжелейшие потрясения, еще не оправившейся от серии войн, сломавших привычный жизненный уклад и разметавших сословия и классы, в обществе, уничтожившем значительную часть дворянско-разночинной интеллигенции и еще не успевшем вырастить интеллигенцию новую.

Но и в этих условиях Шmidt явил себя талантливым «архитектором» энциклопедического «монумента» (65 томов первого издания БСЭ выходили с 1926 г. по 1947 г., вместив в себя все этапы истории страны).

Заблаговременное продумывание концепции издания, его объема и словника (перечня необходимых статей), возможных взаимных ссылок, сокращений, приложений, библиографических сведений, таблиц, карт, художественных иллюстра-

ций и прочего, что входит в “ремесло” энциклопедиста, заложено в период руководства Шмидта. Внутрииздательская структура, предполагающая отход от “натурального хозяйства” в энциклопедистике и специализацию каждого энциклопедического работника – в соответствии с бытующей в мире профессионализацией, необходимым разделением труда, увыстряющим и улучшающим процесс производства, – все это начало формироваться в эпоху О.Ю. Шмидта. Тогда же был выработан и “закон” сплошного чтения готовой к набору рукописи высококвалифицированными специалистами-редакторами.

По энциклопедическим легендам, именно Шмидт, зная извечный грех энциклопедистов “вылезать” за намеченные объемы (от чего, кстати, традиционно страдает буква “Я” и, в частности, “японская культура” и другие понятия, относящиеся к Стране восходящего солнца), придумал начинать одновременную подготовку статей на “А” и на “Я”, чтобы уложиться в заявленное количество томов без ущерба для их содержания. Энциклопедическая молва донесла многочисленные рассказы о человеческой доброжелательности, коммуникабельности, высокой общей эрудиции и просветительских талантах О.Ю. Шмидта (впрочем, доказательств этому можно найти и в самой энциклопедии, где

Шмидт – автор фундаментальных статей “Алгебра”, “Высшие учебные заведения в СССР”, “Галуа Эварист”, “Гипотеза”, “Естествознание”). Будучи главным редактором, он сам читал все статьи, которые подписывал в печать, – не каждый последующий энциклопедический “главный” может этим похвастаться. Он широко вовлекал научный мир в энциклопедическую работу – именно при нем брали свои истоки плодотворная практика научного рецензирования и общественных обсуждений готовящихся статей... Я еще застала эту шмидтовскую традицию в стенах нашего издательства (в последние годы, к сожалению, увядшую). Больше всего помню унаследованный от “эпохи Шмидта” дух коллективизма, атмосферу увлеченного и полезного труда, которые долгие десятилетия делали единой семьей всех энциклопедистов, числом около 500 человек, ежедневно с радостью приходивших в старинный особняк на Покровском бульваре. Там и сейчас располагается издательство “Большая Российская Энциклопедия”, и в кабинете Главного редактора по праву висит портрет Отто Юльевича Шмидта – как память, пример и знак надежды.

*Г.В. ЯКУШЕВА,  
доктор филологических наук  
Государственный институт русского  
языка им. А.С. Пушкина*

---

## НОВЫЕ КНИГИ

---

### Многое о Сахарове

Литература об Андрее Дмитриевиче Сахарове пополнилась весьма важной и интересной работой. Недавно вышла в свет книга Геннадия Горелика “Андрей Сахаров. Наука и Свобода” (Ижевск, НИЦ “Регулярная и хаотическая динамика”). Это обстоятельное (512 с.), хорошо документированное повествование о жизни А.Д. Сахарова (1921–1989).

По словам автора, книга о том, как “отец советской водородной бомбы”, физик-теоретик, сделавший для военной мощи СССР, быть может, больше других, стал главным защитником прав человека в стране. И стал первым в стране человеком, отмеченным Нобелевской премией мира.

Автор книги – историк науки – обобщил огромный материал, собранный из тщательно перечисленных им источников. В результате получился добротный научно-художественный труд, открывающий читателям разные грани творческой биографии нашего замечательного современника. Нет сомнения, что

читатели буквально “проглотят” всю книгу, но в зависимости от собственных интересов каждый – будь он физик, космолог или гуманитарий – найдет в ней особенно привлекательные для себя главы, касающиеся тех или иных сторон деятельности легендарного академика, “просто человека с необычной судьбой”.

В нашей рубрике “Новые книги” мы, как правило, ограничиваемся аннотированием появляющихся произведений или очень краткими отзывами о них. Книга Г. Горелика заслуживает стать предметом содержательного критического анализа.

*Е.П. ЛЕВИТАН*

# Происхождение планет и спутников

Е. Л. РУСКОЛ,

доктор физико-математических наук

Объединенный институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

Более полувека назад академик О.Ю. Шмидт назвал центральной задачей планетной космогонии исследование происхождения планет и спутников. С тех пор изучение Солнечной системы неизмеримо расширилось и обогатилось фактическими данными. Были открыты газопылевые диски у многих молодых звезд солнечной массы, а у некоторых звезд и планетоподобные спутники. И все же основные положения теории Шмидта, развитые его учениками и последователями, сохраняют силу как динамически обоснованный сценарий образования Земли и планет, а также спутников и других малых тел Солнечной системы.

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ ПЛАНЕТ

Согласно современным представлениям, планеты и другие тела образовались в газопылевом протопланетном облаке, вращавшемся вокруг Солнца. Это облако должно было иметь форму диска. В последнее десятилетие газопылевые диски открыты у многих молодых звезд типа Т Тельца и у некоторых звезд главной последовательности (Земля и Вселенная, 1995, № 6). Массы дисков варьируют от одной тысячной до одной-двух десятых массы звезды, а размеры – от нескольких десятков до сотен астрономических единиц. Ранее, 50 лет назад, образ допланетного диска мог быть воссоздан лишь на основе данных о нашей собственной планетной системе, большие планеты которой принято делить на две группы: земного типа, состоящие из твердых каменных по-

род, и газожидкие планеты-гиганты. Уже тогда было ясно, что диск не мог быть только пылевым и в его составе должны были преобладать водород и гелий, поскольку именно они доминируют на Юпитере и Сатурне. Все остальные элементы и соединения могли находиться в конденсированной (твердой) фазе и входить в состав твердых частиц и тел, в зависимости от температуры, которая, главным образом, определялась расстоянием от Солнца. Минимальная масса диска была оценена в  $0.01 M_{\odot}$  (если добавить к фактической массе планет  $0.0013$  его массы недостающие легкие газы), но, с учетом выброса значительной части твердых тел с периферии, масса диска могла достигать  $0.05-0.1 M_{\odot}$ .

Исследования эволюции допланетного диска, организованные О.Ю. Шмидтом в Объединенном институте физики Земли, носящем сегодня его имя, на 10–15 лет опередили подобные исследования на Западе и в Японии. Шаг за шагом прослежены основные этапы превращения диска в систему планет. Было показано, что в диске не могли долго поддерживаться крупномасштабные турбулентные движения, в нем вследствие оседания пыли к центральной плоскости должен был образоваться пылевой субдиск. Найден критерий гравитационной неустойчивости для дисков конечной толщины с кеплеровским вращением, позволивший оценить первичные сгущения, на которые субдиск мог распасться. Затем исследовано взаимодействие этих сгущений, их уплотнение и превращение в рой твердых тел, который, согласно первоначальному замыслу О.Ю. Шмидта, и стал исходным материалом для пла-

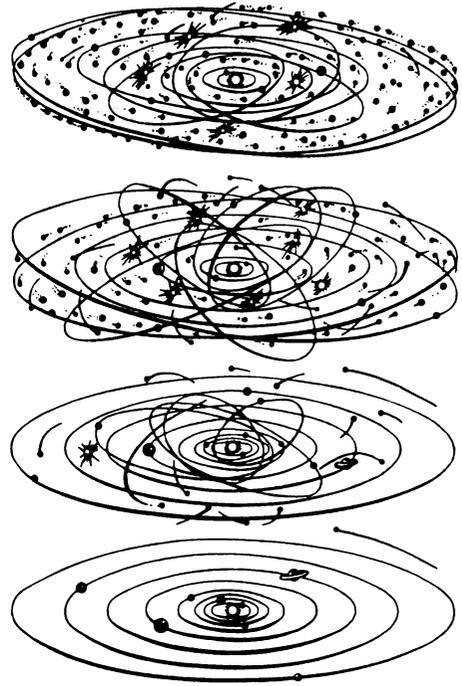
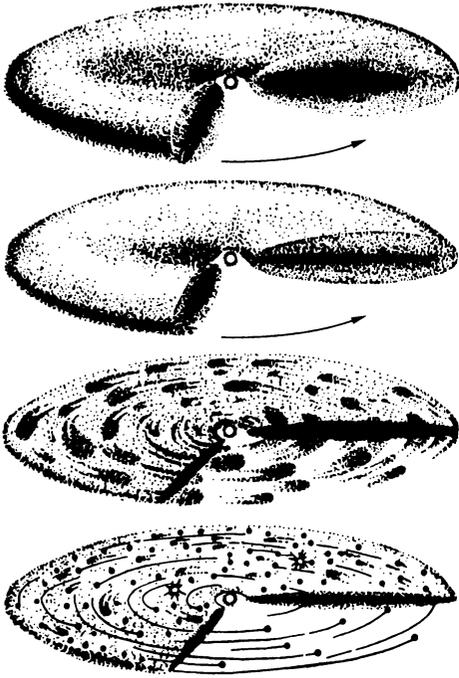
нет. Время образования роя – относительно короткое, порядка 10 тыс. лет.

Весьма важно было определить хаотические скорости твердых тел (планетезималей), накладывавшиеся на их упорядоченное кеплеровское движение вокруг Солнца, т.е. дисперсию скоростей. Выяснилось, что скорости определялись гравитационными возмущениями от крупнейших планетезималей, которые играли важнейшую роль в построении планет. Закономерности распределения масс (либо размеров) планетезималей выведены из известных уравнений коагуляции Смолуховского с учетом гравитации тел и их дроблений при столкновениях. Оказалось, что с увеличением размеров количество тел убывает по степенному закону (например, десятикилометровых тел в 1000 раз больше, чем стокилометровых, а число километровых тел – в 1000 раз больше, чем десятикилометровых), и при этом основная масса вещества сосредоточивается в нескольких наиболее крупных телах. Подобные закономерности прослеживаются для кратеров на поверхности Луны и других тел, а также у астероидов главного пояса. Крупнейшие тела – потенциальные зародыши планет. Они постепенно вычерпывали остальные планетезимали, а самые крупные могли захватывать также газ, если он еще присутствовал в диске. Как считал О.Ю. Шмидт, происходило осреднение наклонов и эксцентриситетов орбит отдельных тел и вырабатывались почти круговые орбиты планет, лежащие в одной плоскости. Процесс роста планет – длительный, для планет земной группы – порядка  $10^8$  лет, а для наиболее удаленных планет – Урана и Нептуна –  $10^9$  лет. Время роста пропорционально периоду обращения планеты вокруг Солнца и обратно пропорционально поверхностной плотности питающих тел и гравитационному сечению растущей планеты. Поверхностная плотность в диске равна массе вещества вертикального столба над единицей поверхности диска. Гравитационное сечение означает способность планеты фокусировать орбиты сближающихся с нею тел. При большой массе планеты и небольших скоростях тел гравитационное

сечение может многократно превышать геометрическое сечение.

**Схематическое изображение образования планет из газопылевого диска** было дано Б.Ю. Левиным еще в 1964 г. (на основании работ О.Ю. Шмидта, Л.Э. Гуревича и А.И. Лебединского, Б.Ю. Левина, В.С. Сафронова, Е.Л. Рускол) и стало как бы визитной карточкой группы О.Ю. Шмидта. Эти рисунки помещены на обложку сборника переводов статей О.Ю. Шмидта и его сотрудников, изданного в 1995 г. Американским Институтом физики в Нью-Йорке. Естественно, что за истекшие годы многие этапы эволюции, которые представлялись вначале лишь в качественном виде, изучены количественно благодаря разработке компьютерных моделей (с 70-х гг. на Западе, а позднее – и в нашей стране). В целом сценарий подтвердился.

Интересной особенностью сценария оказалась возможность обгоняющего роста основного зародыша планеты, на которую еще в 1969 г. указывал В.С. Сафронов. Этот тип аккумуляции, “runaway growth” (термин введен Дж. Везериллом по аналогии с “runaway inflation”, т.е. галопирующая инфляция) способен сократить время роста планеты. Некоторые ученые пытались с его помощью получить меньшее значение для времени роста Земли, оцененное В.С. Сафроновым в  $10^8$  лет по уточненной им формуле О.Ю. Шмидта еще в 1954 г. Однако анализ сценария обгоняющего роста (“runaway”), сделанный Дж. Везериллом и В.С. Сафроновым, выяснил границы его применимости: только начальный этап, пока масса зародыша меньше общей массы остальных питающих тел. В целом же время роста определяется заключительной стадией упорядоченного роста, когда все тела увеличиваются сообразно своим гравитационным сечениям. Оценка длительности роста (98% массы Земли за  $10^8$  лет) сохранилась, она подтверждается и динамическими расчетами, и данными изотопной геохимии. Рост Земли и других планет земной группы происходил в основном уже при отсутствии газовой части допланетного облака, на что указывает состав этих планет. Атмосферы и гидросферы должны были вы-



делиться на них при дегазации и дефлюидизации первоначально твердых планетезималей, в том числе и ледяных, забрасываемых с периферии Солнечной системы возмущениями планет-гигантов.

По величине углов наклонов осей вращения планет к оси эклиптики оценены размеры крупнейших тел, падавших на планеты в процессе роста. Для Земли достаточно падения тел в одну тысячную долю ее массы, для Урана – тела с массой равной массе Земли. Позднее сотрудниками ОИФЗ А.В. Витязевым и Г.В. Печерниковой предел массы для крупнейших тел, падавших на Землю, был увеличен до одной сотой массы Земли, т.е. примерно до массы Луны.

**Важнейшей задачей планетной космогонии О.Ю. Шмидт считал изучение начального состояния Земли и планет на основе данных о способе их образования.** Известно, что не только О.Ю. Шмидт, но и В.И. Вернадский, Г.К. Юри, И.С. Шкловский, В.В. Белоусов, А.С. Монин и другие выдающиеся ученые полностью отвергли представление об образовании Земли из раскаленного газового сгустка. Земля не могла быть также расплавленной жидкой “каплей”. По идее О.Ю. Шмидта,

*Эволюция протопланетного облака. Слева – этап превращения пылевого слоя в рой планетезималей, продолжавшийся около  $10^4$  лет. Справа – этап объединения роя планетезималей в планеты, длившийся около  $10^6$  лет.*

Земля формировалась из твердых холодных тел и **вначале была холодной.** Сейчас, после проделанных расчетов начальной температуры Земли, можно сказать, что наша планета никогда не была полностью расплавленной, а ее недра стали горячими уже в процессе роста. Наибольший вклад в первоначальный нагрев Земли давали удары крупнейших допланетных тел, энергия которых не полностью излучалась поверхностью, а частично накапливалась на глубине гигантских ударных кратеров в сотни и даже тысячи километров. Эти удары, кроме того, создавали первичные неоднородности в строении верхней мантии Земли. Дополнительными источниками разогрева Земли служили тепло радиоактивных источников и сжатие недр под давлением вышележащих слоев. К концу аккумуляции в верхней мантии Земли

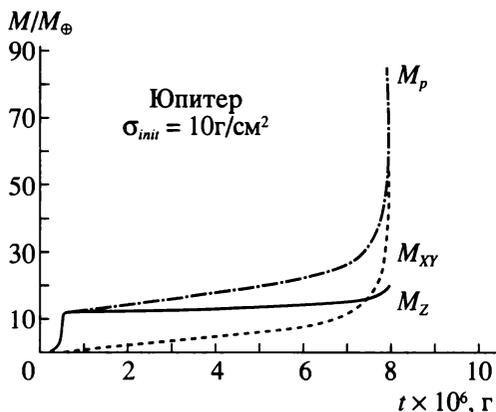
уже должны были находиться разогретые очаги с температурой порядка 1500 К, в которых происходило плавление силикатных пород и шел процесс сегрегации железа в земное ядро. При этом поверхность Земли никогда не разогревалась выше 350 К.

Решающим тестом для теории образования планет служит объяснение происхождения планет-гигантов Юпитера и Сатурна, заключающих в себе 92% массы всей планетной системы и состоящих в основном из водорода и гелия. Планеты должны были поглотить газы из допланетного диска до того, как ультрафиолетовое и корпускулярное излучение Солнца рассеяло их в пространстве, т.е. за время порядка  $10^7$  лет. Наиболее скорый способ – это распад газового диска на сгустки вследствие гравитационной неустойчивости и последующее сжатие этих сгустков в планеты. Но тогда масса диска должна была бы достигать, по крайней мере, 30% массы Солнца и одновременно должны были бы появиться десятки “юпитеров”, имеющих первичный космический состав, идентичный с составом Солнца. Не исключено, что в системах других звезд с более массивными дисками планеты-гиганты могли возникнуть в один этап, путем гравитационной неустойчивости в газовой среде, со своими сценариями дальнейшего развития. Так, несколько условных “юпитеров” должны оказывать взаимные гравитационные возмущения, приводящие к образованию планет с большими эксцентриситетами орбит. Орбиты могут пересекаться и способствовать слиянию “юпитеров” в еще более крупные тела. Возможно, что у **некоторых звезд наблюдаются именно такие планеты-гиганты на довольно близких к звездам и вытянутых орбитах.** Будущие исследования покажут, какова природа этих тел, получивших название “экзопланеты”.

Между тем в Солнечной системе существует лишь один Юпитер, в составе которого доля тяжелых элементов в несколько раз превышает их долю в Солнце, и один Сатурн, у которого примесь тяжелых элементов еще в несколько раз выше. У наиболее удаленных пла-

нет, Урана и Нептуна, совсем мало газов (лишь оболочки, содержащие около 10% массы планет). Орбиты всех четырех планет-гигантов весьма близки к круговым, с закономерно увеличивающимися расстояниями. Такое **строение и расположение планет-гигантов совместимо лишь с их образованием в два этапа: сначала аккумуляция ядер планет из конденсируемых элементов, по типу аккумуляции планет земной группы, а затем присоединение (аккреция) газа в той пропорции, в которой это было возможно в постепенно диссипирующем газовом диске.**

Образование Юпитера на орбите, удаленной от Солнца на 5.2 а.е., обусловлено физико-химическими условиями в допланетном диске. Приблизительно на этом расстоянии находился **фронт конденсации** водяного льда. Известно, что все тела, обращающиеся внутри орбиты Юпитера, либо безводны, либо содержат мало воды, но крупнейшие спутники Юпитера Ганимед и Каллисто наполовину состоят из воды, и по мере удаления от Солнца вода становится главной составной частью тел. Она преобладает на спутниках Сатурна, на Уране и Нептуне и их спутниках, а также в ядрах комет. Именно за счет конденсации льдов воды и других летучих веществ рост планетезималей в районе Юпитера мог опередить рост таковых в более близкой к Солнцу зоне астероидов. Возмущения со стороны Юпитера и крупных тел из его зоны питания могли воспрепятствовать аккумуляции “нормальной” планеты в зоне астероидов, так что ускоренный рост Юпитера ( $10^7$  лет) подкрепляется еще одним аргументом. Из двух основных этапов роста планет-гигантов более длительный – аккумуляция ядер из конденсируемых элементов. Ядра должны достичь массы, по крайней мере, в  $10 M_{\oplus}$  (10 масс Земли), чтобы началась эффективная аккреция газов. Процесс аккреции идет на порядки быстрее, пока поступает газ. Численное моделирование начальных стадий формирования Юпитера и Сатурна с учетом этапа обгоняющего роста их ядер, выполненное шестью американскими исследователями в 1996 г. (Дж. Поллак, О. Хубицкий,



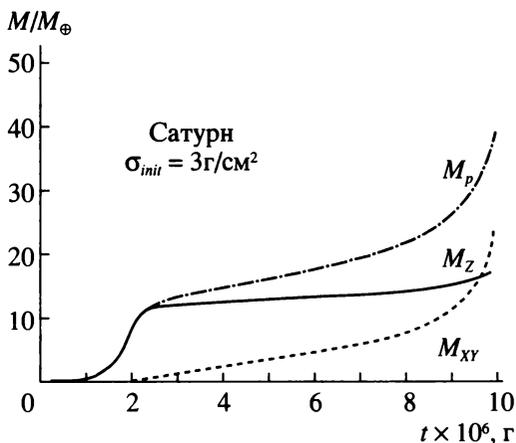
Рост массы ядра Юпитера в зависимости от времени, согласно Поллаку и др. (1996). Сплошная кривая – аккумуляция массы твердого вещества  $M_Z$ . Точечная линия – аккреция газа  $M_{XY}$ . Штрих-пунктирная линия – суммарная масса  $M_p$ .

П. Боденхеймер, Дж. Лиссауэр, М. Подолак, Ю. Гринцвайг), укладывается в требуемый интервал времени. В этой работе предполагалось, что зона роста Юпитера замкнута и в ней обращаются один зародыш с массой примерно  $0.1 M_\oplus$  и множество одинаковых планетезималей радиусами 100 км, которые питают зародыш, а сами не растут; их хаотические скорости остаются малыми. При этом эффективное гравитационное сечение зародыша оказывается в тысячи раз больше его геометрического сечения, что и обеспечивает ускоренный рост. Принимая, что поверхностная плотность конденсируемых веществ (Z) в области Юпитера была равна  $10 \text{ г/см}^2$ , а в области Сатурна –  $3 \text{ г/см}^2$  и что плотность газов водорода и гелия (XY) была в 70 раз выше в обеих зонах, Поллак и соавторы нашли, что зародыш Юпитера вырастет до  $10 M_\oplus$  за  $6 \times 10^5$  лет, затем следует стадия медленной аккреции газа, и ядро вместе с оболочкой достигают  $20 M_\oplus$  за  $8 \times 10^6$  лет, когда аккреция становится быстрой. То же у Сатурна достигается за  $10^7$  лет. Удельное содержание водорода и гелия начинает резко возрастать, и на этом работа американских ученых завершается, потому что расчеты газовой аккреции на этом этапе требуют иной численной модели. Итальянские планетологи А. Корadini и Дж. Маньи проделали многие варианты таких рас-

четов и показали, что Юпитер и Сатурн по достижении их ядрами критической массы аккрецируют весь доступный газ за  $10^4$ – $10^6$  лет. Схемы численного моделирования неизбежно упрощены, поэтому В.С. Сафроновым и автором настоящей статьи была проанализирована применимость сценария обгоняющего роста (“runaway”) и сделаны аналитические оценки для роста ядер планет путем аккреции.

Оказалось, что темп “runaway” замедляется примерно в два раза уже на первом этапе роста ядра Юпитера до массы  $10 M_\oplus$ , который занимает немногим более  $10^6$  лет. Это связано в основном с ростом дисперсии скоростей планетезималей вследствие гравитационных возмущений, вызванных растущим зародышем. Гравитационное сечение Юпитера уменьшается, но все еще остается много большим, чем его геометрическое сечение. Рост ядра до критической массы (условно  $20 M_\oplus$ ) укладывается в срок  $10^7$  лет. За это время хаотические скорости планетезималей достигают 2–3 км/с, так что планетезимали в перигелиях залетают в зону астероидов. Будучи крупнее тел астероидного пояса, залетевшие тела либо “выметают” последние, либо возмущают их движения, увеличивая дис-

Рост массы ядра Сатурна, согласно Поллаку и соавторам (1996). Обозначения кривых – те же, что и на предыдущем рисунке.



персию скоростей и тем самым замедляя или прекращая рост астероидов. Именно таким представляется сейчас влияние Юпитера, не позволившее образоваться единой планете вместо многих тысяч малых планет. О том, что **пояс астероидов – несформировавшаяся планета**, еще в 1954 г. писал О.Ю. Шмидт, но конкретный механизм, с помощью которого Юпитер помешал ее росту, тогда еще не был раскрыт.

Акреция газов водорода и гелия на ядро обеспечила быстрый дальнейший рост Юпитера до его современной массы 318  $M_{\oplus}$ . Численные расчеты подтверждаются приближенным аналитическим выражением, в котором учитывается убыль газа как за счет его диссипации под воздействием солнечного ультрафиолетового и корпускулярного излучений, так и за счет вычерпывания зародышем планеты. Ближайшая к орбите часть зоны вычерпывается быстро, за  $10^3$ – $10^4$  лет, более отдаленные порции газа поступают медленнее. В зависимости от степени турбулизации газа твердыми планетезималями он перетекает к растущей планете и поглощается ею за  $10^4$ – $10^6$  лет.

Разумеется, при дальнейшем росте Юпитера пространственный разброс планетезималей его зоны увеличивается. Многие из них покидают Солнечную систему, часть попадает в **облако комет Оорта**, простирающееся до 200 тыс. а.е. Поэтому зону Юпитера нельзя считать замкнутой, как в численной модели в работе Поллака с соавторами. Принятые этими авторами значения поверхностной плотности соответствуют полной массе допланетного диска – около 0.03  $M_{\oplus}$ . С учетом потери части твердых тел из зоны планет-гигантов (включая Уран и Нептун), начальная масса диска могла составлять 0.05–0.1  $M_{\oplus}$ . Даже в этом случае Уран и в особенности Нептун росли медленнее других планет, за время порядка  $10^9$  лет. За орбитой Нептуна могли также вырасти Плутон и тела пояса Койпера, с радиусами до 1000 км, обращающиеся по почти круговым орбитам на расстоянии около 45 а.е. от Солнца. Под действием возмущений всех планет-гигантов многие ледяные планетезимали

выбрасывались на очень большие расстояния, образуя резервуары будущих комет. Оценки показали, что самым активным “выбрасывателем” тел в облако Оорта был Нептун, тогда как возмущения Юпитера наиболее эффективны в выбрасывании тел за пределы Солнечной системы.

#### ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

В настоящее время открыто более 90 спутников планет. В эпоху О.Ю. Шмидта их было известно в три раза меньше. В 3-м издании его “Четырех лекций о теории происхождения Земли” (1957 г.) высказана общая идея о происхождении спутников: *“При образовании планет, в процессе сближения частиц с крупными зародышами планет, некоторые из частиц, сталкиваясь, настолько теряли скорость, что выпадали из общего роя и начинали обращаться вокруг планеты. Таким образом, около планетного зародыша образуется сгущение – рой частиц, обращающихся около него по эллиптическим орбитам. Эти частицы также сталкиваются, изменяют свои орбиты. В уменьшенном масштабе в этих роях будут происходить те же процессы, что и при образовании планет. Большинство частиц упадет на планету (присоединится к ней), часть же их будет образовывать околопланетный рой и объединяться в самостоятельные зародыши – будущие спутники планет... При осреднении орбит частиц, образующих спутник, последний приобретает симметричную, т.е. близкую к круговой, орбиту, лежащую в плоскости экватора планеты”*.

**Модель образования Луны**, разработанная на основании этой идеи, стали позднее называть моделью **коаккреции** (на Западе “accretion” обозначает и “аккумуляцию”, и “аккрецию”, тогда как в русскоязычных работах “аккреция” обычно обозначает присоединение газовой среды, а “аккумуляция” – объединение твердых тел). Эта модель может быть применима к планетам земного типа, но она не исчерпывает всех разновидностей образования спутников. Так, у планет-гигантов на стадии аккреции газа должны об-

разовываться не околопланетные рои, а аккреционные газопылевые диски. В поясе астероидов, где процессы аккумуляции давно сменились разрушительными столкновениями, образование спутников возможно лишь путем фрагментации более крупных родительских тел. Наконец, для системы Земля – Луна в последние два десятилетия рассматривается катастрофическое происхождение как альтернатива коаккреции. Ниже мы кратко обрисуем эти разновидности на примере Луны, галилеевых спутников Юпитера и астероидной пары Ида – Дактил.

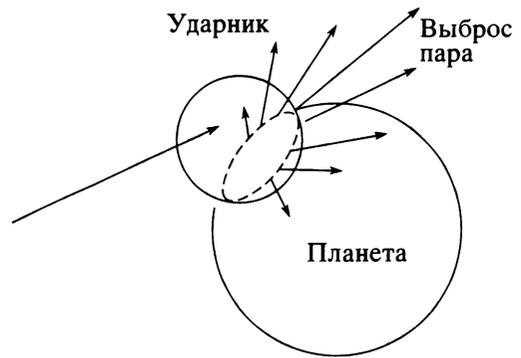
Освоение Луны во второй половине XX в. позволило изучить ее внутреннее строение, состав, возраст многих участков поверхности, их геологию, а также приливную историю лунной орбиты. К сожалению, не удалось выработать единое мнение о происхождении Луны. Была отвергнута гипотеза Дарвина об отрыве Луны от быстровращающейся Земли, отпала гипотеза о захвате готовой Луны. Есть общее представление, что Луна образовалась в околоземном диске, но по поводу возникновения диска существуют две крайние версии.

По одной из них, согласно идее О.Ю. Шмидта, предполагается постепенное пополнение диска (роя) допланетным веществом, сопутствующее росту Земли, т.е. коаккреция. Модель разработана в ОИФЗ и позднее развита группой американских ученых из Аризонского университета и Института планетных наук в г. Тусоне (США). Показано, что в околоземный рой могло быть захвачено достаточно вещества для аккумуляции Луны, если во время роста Земли плотность частиц в ее непосредственной близости в несколько раз превышала плотность “фона” допланетных частиц. Массивный спутник с прямым направлением обращения вокруг Земли мог образоваться на расстоянии в 3–4 раза меньшем, чем современное расстояние до Луны, что вполне согласуется с ее последующим приливным отодвиганием. Главное отличие химического состава Луны от Земли – низкое содержание железа в Луне (6–10% по сравнению с 35% в Земле) – объясняется преимущественным захватом в околоземный рой наибо-

лее мелкой фракции допланетных частиц, которые чаще сталкиваются друг с другом. При столкновениях сильнее дробятся каменные породы, и мелкая пыль обогащается силикатами по отношению к железу. Одновременно теряются за счет испарения летучие и полуметаллические компоненты, которыми, как известно, Луна обеднена. По определению Тусоновской группы, околоземный рой работает как “композиционный фильтр”, и таким образом решается проблема различий химического состава Луны и Земли.

Сторонники катастрофического происхождения околоземного диска предполагают, что этот диск образовался при столкновении Земли с крупным допланетным телом, в 1.5–2 раза более массивным, чем Марс, – **мегаимпакте**. При надлежаще направленном касательном соударении выброшенный диск обладает и большой массой, и достаточным угловым моментом для формирования в нем Луны. Решение проблемы химического состава Луны авторы гипотезы мегаимпакта видят в том, что и Земля, и ударившее тело уже успели расщепиться на ядро и мантию. Их железные ядра остались в Земле, затем объединились в одно ядро, а диск образовался из силикатных мантй. Необходимо сказать, что, как бы решая проблемы Луны в один прием, мегаимпакт сам создает проблемы. Так, энергия мегаимпакта при столкновении ударника с Землей со скоростью 14–15 км/с составляет более  $10^{39}$  эрг. Этого достаточно, чтобы расплавить большую часть Земли, а также испарить какую-то ее часть. Образуется горячая силикатно-магниева атмосфера, и Земля в течение 10–100 лет светит как коричневый карлик – звезда с температурой фотосферы 2000 К. Необходим критический анализ возможности такого этапа в ранней истории Земли. Гипотеза мегаимпакта не объясняет почти круговой характер орбиты Земли. Ее эксцентриситет в настоящее время равен 0.017, что согласуется с участием в аккумуляции Земли крупных тел вплоть до лунной массы, но не марсианской. Подсчет В.С. Сафронова и А.М. Фридмана показал, что при мегаимпакте эксцентри-

Схема столкновения протоземли (планета-мишень) с марсоподобным телом (ударник); оно сопровождается выбросом паров (Мелош, Соннет, 1986).

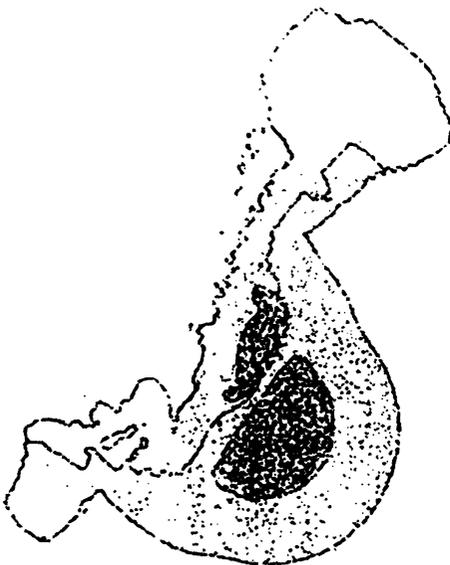


ситет орбиты Земли был бы в 5–10 раз больше. Наконец, гипотеза мегаимпакта придумана специально для Луны, хотя, по мнению Д. Стивенсона, наилучшим “кандидатом” на такое происхождение служит система Урана с его спутниками. Не исключено, что сильный наклон оси Урана к оси эклиптики вызван ударом тела с массой, сравнимой с массой Земли, и следствием такого удара могло быть образование диска в одной плоскости с экватором Урана. Идентичность химического состава Урана и его спутников могла бы стать подтверждением этой идеи, но достоверных данных об этом пока нет.

Гипотеза коаккреции носит более универсальный характер. Спутники должны были появиться у всех четырех планет земной группы. Исчезновение спутников Венеры и Меркурия объясняется тем, что вращение этих планет сильно замедлено солнечными приливами, и их спутники, испытывая приливное воздействие своих планет, должны были приблизиться к ним и выпасть на поверхность. Особое место, которое зани-

мает Луна среди спутников по величине ее орбитального углового момента, — также результат приливной эволюции. В прошлом Луна находилась в несколько раз ближе к Земле, а Земля вращалась быстрее, чем сейчас, так что соотношение моментов в системе Земля — Луна было иным. Луна на много порядков массивнее, чем спутники Марса. Масса Марса равна всего 0.1 М<sub>ж</sub>, но модель коаккреции как раз предсказывает сильную нелинейную зависимость массы спутников от массы планеты. Наконец, газопылевые аккреционные диски вокруг растущих планет-гигантов можно считать аналогами околопланетных роев, состоящих из двух компонентов.

**Систему спутников Юпитера** часто сравнивают с миниатюрной Солнечной системой. Регулярный характер орбит галилеевых спутников и четырех малых спутников, обращающихся вблизи Юпитера, говорят об их образовании из газопылевого диска, хотя спутники не содержат легких газов. Их состав варьирует от безводного каменистого у Ио и малых спутников к каменной Европе с ее ледяным покрытием в десятую долю массы и к смешанному составу Ганимеда и Каллисто, у которых примерно поровну льда и силикатов. Еще по наземным наблюдениям было известно закономерное убывание плотности спутников с удалением от Юпитера, и это правиль-



Численное моделирование одной из стадий мегаимпакта. Темной штриховкой показаны деформированные железные ядра протоземли и ударившего тела (Кипп, Мелош, 1986).

но понималось как результат прогревания зоны спутников его излучением. Ранний Юпитер уподоблялся маленькому Солнцу.

Космические исследования укрепили эту точку зрения, определив точнее плотности и химический состав спутников. В сочетании с моментами инерции эти данные позволяют сегодня уже строить вполне реальные многослойные модели внутреннего строения галилеевых спутников! Прообраз газопылевого диска Юпитера приходится создавать теоретически, на основании данных о массах спутников и в предположении о единстве состава диска и Юпитера, опираясь при этом на существующие модели аккреционных дисков у молодых звезд и Солнца. Масса диска могла достигать  $10 M_{\oplus}$ , с учетом водорода и гелия; значительная часть этой массы выпала на Юпитер и рассеялась в пространстве. Прямое вращение диска обуславливалось угловым моментом, которым обладает объем газа, забираемый из допланетного облака. Эта величина невелика, поскольку радиус диска в несколько десятков раз меньше размера гравитационной сферы Юпитера. Вещество спутников – это последние порции вещества, захваченного в диск на заключительной стадии аккреции Юпитера, когда его фотосфера была еще горячей, до 1000 К. Одновременно с аккумуляцией спутников шла термическая диссипация газов из диска, для чего также было необходимо тепло от Юпитера. Происхождение маленьких нерегулярных спутников Юпитера, обращающихся далеко за пределами галилеевой системы, никак не связано с газопылевым диском. По предположению, это захваченные при взаимных столкновениях небольшие астероиды или их фрагменты.

В главном поясе астероидов давно уже известны семейства, т.е. группы астероидов, хотя и разбросанные в пространстве пояса, но имеющие одинаковые

элементы орбит: большую полуось, эксцентриситет, наклонение. Есть все основания предполагать, что члены семейства образовались при фрагментации одного родительского тела при его столкновении с другим астероидом. Удивительно, что у некоторых астероидов обнаружались спутники (Земля и Вселенная, 2001, № 3). Первой зафиксированной парой оказались астероид 243 Ида и его спутник, названный впоследствии Дактил. Их снимки получены с помощью космического аппарата "Галилео" в 1993 г. на пути к Юпитеру. Ида имеет неправильную форму с наибольшим диаметром 56 км, она быстро вращается (период 4.65 ч). Астероид сильно кратерирован, что говорит о большом возрасте. Диаметр спутника – около 1.5 км. Оба принадлежат семейству Коронид, насчитывающему более 50 членов. Размер родительского тела оценивается в 90 км. На возможность существования спутников у астероидов в свое время указывал С. Вайденшиллинг. Если разрушительное столкновение происходит со скоростью 0.5–1.0 км/с, то образующиеся фрагменты могут быть крупными и разлетаться со скоростями в десятки м/с. Лабораторные эксперименты показали, что фрагменты, как правило, вращаются. Астероидная пара – это двойной фрагмент. Для удержания спутника необходимо, чтобы его относительная скорость была мала. Подсчет показал, что орбитальная скорость спутника Ида должна быть около 6 м/с, а уже при 10 м/с пара должна была бы разорваться. В поясе астероидов так мала пространственная плотность тел и низка вероятность возмущений, что долговременное существование пар вполне возможно. Тела оказывают приливное воздействие друг на друга, но из-за малости масс астероидов эти приливы чрезвычайно малы. Время приливной эволюции астероидных пар измеряется миллиардами лет.

# Истоки и перспективы шмидтовской планетной космогонии

Ф. А. ЦИЦИН,  
кандидат физико-математических наук  
Государственный астрономический институт  
им. П.К. Штернберга

---

*“Для восприятия крупной научной идеи  
обычно требуется лет 30, и еще столько же –  
для получения отдаленных радикальных  
следствий ее”.*

Ф. Дайсон

## ТЕОРИЯ ШМИДТА В ИСТОРИИ НАУКИ. БЕГЛЫЙ ВЗГЛЯД

Ныне практически признано, что современная мировая “стандартная теория” космогонии Солнечной системы восходит к теории Шмидта. В ней нашли свое место и некоторые классические идеи космогонии, начиная с кантовских представлений. Она внесла в мировую копилку космогонических идей и собственный фундаментальный вклад. Первая из этих идей (вопреки, кстати, “исходной” гипотезе Шмидта о захвате “метеоритного роя”) – формирование планет (и малых тел Солнечной системы) из *газопылевого облака*.

“Газ” – это, так сказать, от Лапласа, а “пыль” – от Канта. Но “газ + пыль” – это уже Шмидт! Еще в начале 50-х он допускал, что Солнце “прихватило” массу и момент вращения при рождении его в *груп-*

*пе звезд*, в неоднородной газопылевой среде. К этому, фактически, и пришла позже вся планетная космогония.

Именно школа Шмидта дала космогонии картину превращения газово-пылевого облака, вращавшегося вокруг Солнца, в *уплощающийся диск* небольшой массы (порядка 10% массы Солнца). В этом диске хаотические движения быстро успокаивались. И “пыль” стала оседать сквозь газ к экваториальной плоскости диска. Плотность утончавшегося пылевого слоя росла. И резко увеличивалась его *непрозрачность*. Заметно прогревалась лишь внутренняя зона диска. За современным поясом астероидов пылевой диск уже сильно охлаждался. На частицах пыли стало вымерзать из газа “все, что могло”, начиная от паров  $H_2O$ . В конечном счете и вымерзло все, кроме водорода  $H_2$  и гелия He. В итоге в ближней к Солнцу “горячей”

зоне пыль осталась “голой”, а в холодной дальней – оказалась обледенелой, покрытой льдами “летучих” –  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $Ar$  и т.д.

Между тем плотность диска достигла значения, при котором он оказался гравитационно неустойчивым и стал распадаться на быстро уплотняющиеся пылевые сгустки. А они превращались в рыхловатые твердые тела километровых размеров – планетезимали.

При сближениях на первоначально малых скоростях (в выравнивающем их газе), планетезимали сливались, росли – одни быстрее, другие медленнее. Кому как везло... Особо “везучие” (и удачно расположенные по отношению к Солнцу) росли быстрее. Они первыми превращались в протопланеты, а затем – и в планеты.

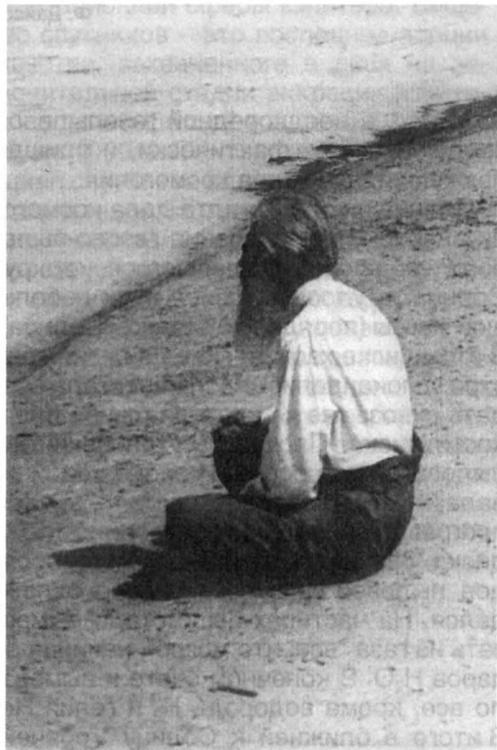
При этом внутренние (от пояса астероидов) планеты образовались в конечном счете из “голых пылинок” – здешних планетезималей *астероидного* типа. Дальние – из обледенелой пыли, т.е. планетезималей типа *кометных тел*. Это объясняло деление планет на “земноподоб-

ные” – плотные, в основном каменно-металлического состава, и планеты-гиганты больших размеров и массы, но меньшей плотности.

Эти представления были разработаны в основном выдающимися теоретиками – Л.Э. Гуревичем и А.И. Лебединским. Шмидт горячо поддерживал их. Позже, уже в конце 60-х–70-е гг., шмидтовская космогония сделала следующий важный шаг. Загадочным казалось разделение планет-гигантов на богатые  $H_2$  и  $He$  сверхмассивные Юпитер и Сатурн – и имеющие “кометный” состав Уран и Нептун. Но оно также нашло естественное объяснение. Очень просто: протопланеты, которые росли быстрее всех и первыми достигли “критической массы” (достаточной для удержания  $H_2$  и  $He$ ), “по-быстрому” практически полностью и захватили эти “постоянные газы” протопланетного диска, став “сверхгигантами” планетной системы. Это оказались как раз Юпитер и Сатурн. Далее они, а также опоздавшие к дележке водорода и гелия прото-Уран и прото-Нептун продолжали “добирать” массу только за счет поглощения планетезималей (в основном своей, холодной зоны, т.е. типа кометных тел). Вот Уран и Нептун и остались “просто гигантами” кометного состава...

Такова основная картина (“сценарий”) планетогенеза, нарисованная шмидтовской космогонией. О.Ю. Шмидт подчеркнул, что “попутно” образуются астероидные и кометные тела. Специального объяснения их природы не требуется, но все-таки необходимо понять, “откуда они приходят ныне” (Я. Оорт).

Богатая история шмидтовской космогонии исключительно интересна, но до сих пор практически не разработана. Самому Шмидту было не до мемуаров... Известны буквально ничтожные крохи его высказываний об истории теории. Похоже, целые *этапы* эволюции космогонии Шмидта остаются неизвестными!



На берегу пустынных волн... О.Ю. Шмидт в год решительного продвижения его теории. Прибалтика. 1950 г.

Выявлять истоки теории Шмидта приходится по фрагментарным свидетельствам, прибегая к логическим и вероятностным построениям. Но и при этом в ее истории выявляется много интересного и неожиданного.

Итак, обратимся к истокам шмидтовской космогонии.

#### ОДЕССКОЕ НАЧАЛО?

В опубликованных отрывках из рабочих записей Шмидта есть фрагмент о первоистоках его теории: "...некоторые *основные* [!] идеи [ее] давно (отчасти с юности) [курсив Ф.Ц.] бродили у меня в голове".

Раннее начало характерно для авторов фундаментальных идей в науке. У Шмидта это определено были еще гимназические годы. И скорее всего, не два последних (Киев, 1907–09 гг.), когда он уже был полностью увлечен *математикой*. Единственная альтернатива – Одесса (где Шмидт жил и учился до 16 лет). Но астрономия захватывает молодой ум обычно куда раньше!.. Чаще всего – через встречу с талантливой книгой. Кстати, именно одесское издательство "Матезисъ" издавало в эти (и предшествующие) годы прекрасные популярные книги по астрономии и даже собственно космогонии ("Эволюция Солнечной системы" Ф. Мультона, "Образование миров" С. Аррениуса и др.).

...Перефразируя классика, скажем о юном Шмидте эпохи первых идей его космогонии: "Итак, он жил тогда в Одессе..." Именно там возникли у Шмидта "некоторые *основные*" идеи его будущей космогонии! Причем достаточно яркие, чтобы не стать забытыми и не устареть за последующую треть бурного XX в.

Что это были за идеи – особый вопрос, требующий специального анализа.

#### 20-е годы.: ГЕОФИЗИКА ВЕДЕТ К КОСМОГОНИИ?

...Следующие полтора десятилетия были у Шмидта заняты математикой – и революцией. Но в 20-х он глубоко вошел в геофизику (Курская магнитная аномалия и более широкие аспекты). Возмож-

но, в этот период он окончательно понял значение для геофизики ее космических корней, *происхождения* Земли, т.е. роль *космогонии*. В эти же 20-е он серьезно задумывается и над... небесно-механической "задачей трех тел". Весьма многозначительные, ретроспективно, занятия и проблемы! Именно небесная механика и проблема трех тел во второй половине 40-х гг. окажутся в центре дискуссии вокруг космогонической гипотезы Шмидта.

#### 30-е годы.: НЕИЗВЕСТНАЯ КОСМОГОНИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА ШМИДТА?!

Фантастически активные для Шмидта 30-е гг., казалось, не оставляли у него места для космогонии. Однако!..

В апреле–мае 1937 г., в 30-дневном ожидании буквально "у моря погоды" на о. Рудольфа (Земля Франца-Иосифа) для "заброски" на Северный полюс папанинцев, руководитель экспедиции Шмидт *вернулся* к космогонии. Да еще как! Пока я располагаю воспоминаниями двух летчиков – членов авиаотряда экспедиции – о том, что Шмидт прочел ее участникам лекцию именно по *планетной космогонии*. Самое интересное для нас, что он излагал в ней космогоническую концепцию, судя по всему, радикально *отличавшуюся* от еще господствовавшей джинсовской! Но – и совсем *не то*, что стало "гипотезой Шмидта" в 40-е гг. Если исходить из наиболее важных элементов, "полярная" гипотеза Шмидта была ближе к его *теории*... начала 50-х гг.!

Так, по имеющемуся у меня письменному свидетельству заместителя Шмидта по экспедиции, выдающегося полярного летчика и исследователя М.И. Шелелева, это была гипотеза о происхождении Солнечной системы из "*газово-пылевого облака*"! Ни "*метеоритов*", ни "*захвата*"!.. С чего вдруг?..

Видимо, *подготовка к лекции* по космогонии и побудила Шмидта *привести в систему* свои прежние познания, ранние идеи и разбросанные представления в этой области. То, что у него при этом получилось, оказалось "*первым вариантом космогонии Шмидта*", не известным астрономам и историкам науки.

Что в ней могло быть? Это отдельная большая проблема. Ограничимся пока сведениями М.И. Шевелева. Они уже весьма многозначительны.

Почему Шмидт не опубликовал эту гипотезу? Видимо, он счел ее “слишком очевидной” – поскольку основные ее компоненты в принципе были уже известны. Это, конечно, “холодное” формирование Земли – по Канту (середина XVIII в.), радиоактивный разогрев ее – по Вернадскому (начало XX в.) и, позже, возможно, ее гравитационная дифференциация, “расслоение” на “геофизическом” этапе – по В.В. Белоусову (30-е гг.?). В гипотезе не было яркой *своей* идеи... И Шмидт не стал публиковать, популяризировать и развивать ее. А жаль!..

Однако этот “тихий ход” Шмидта в 40-х гг. сыграл роль “заранее подготовленных позиций”, на которые он мог отступить после радикального пересмотра (в результате конструктивной критики и “самокритики”) *основных идей “метеоритной” гипотезы*. Он смог закрепиться на этих позициях, “переформировать войска” и перейти в наступление в начале 50-х... Именно построение Шмидта весны 37 г., включавшее элементы и более ранних его (и не его!) идей, оказалось той базой, на которой была построена основная картина шмидтовской, далее – советской, далее – мировой планетной космогонии второй половины XX в.

#### КРЕМЬ И КРЕСАЛО?

Искрой, которая разожгла пламя, стала, как известно, яркая, предельно дискуссионная (и, по признанию Шмидта в докладе на Первом космогоническом совещании в апреле 1951 г., во многом ошибочная...) его “метеоритная” гипотеза 1942–44 гг. Ею Шмидт привлек к космогонии Солнечной системы внимание (пусть во многом критическое) практически всех лучших сил советской, а затем и мировой планетной космогонии.

Каковы же ее непосредственные истоки? Здесь решающе важно малоизвестное (из рабочих записей Шмидта летом 1942 г.) указание о *времени* рождения его гипотезы: “весна 1942 года”...

С учетом этого истоки гипотезы оказываются “почти очевидны”... Они фактически (но не явно!) указаны (в форме кратких, неполных и отчасти неточных литературных ссылок) в самой первой статье Шмидта по космогонии Солнечной системы в ДАН в конце 1944 г. Это работы двух очень разных астрономов: выдающегося шведского теоретика в области динамики галактик *Б. Линдблада* в 1935 г. в “Nature” и основателя московской школы звездной астрономии *П.П. Паренаго* в нашем “АЖ” – “Астрономическом журнале” – в 1939 г. У Линдблада бросаются в глаза ключевые для гипотезы Шмидта слова – “*метеориты*” и “*галактическая плоскость*”, а у Паренаго – *наклонная* к ней орбита Солнца... По этим двум “костям”, как динозавр у Ж. Кювье, практически однозначно воссоздается рождение гипотезы Шмидта. “Я не могу рассказать истинную историю того, как происходило открытие, потому что этого в действительности никто не знает. Однако я попытаюсь придумать правдоподобную историю того, как открытие могло произойти” (Д. Пойа. “Математика и правдоподобные рассуждения”, 1957, с.11).

Дело было, видимо, так. Оказавшись в последнюю неделю марта 1942 г., после снятия Сталиным с руководства Академией, снова на распутье (еще спасибо – не расстреляли и “даже” не посадили!..), Шмидт вернулся к науке. Благо, под рукой находилась богатая библиотека Энгельгардтовской астрономической обсерватории Казани. Тут и “Nature”, и “Астрономический журнал”, и многое другое... (Именно в этой обсерватории и размещался в эвакуации Президиум Академии наук.) И – вот моя реконструкция события. Наткнувшись в “АЖ” на статью Паренаго о пересекающей плоскость Галактики орбите Солнца, Шмидт вдруг (!) вспомнил виденную совсем недавно в “Nature” статью Линдблада, где говорилось об облаках “метеоритов” (!) близ этой плоскости. Тут, очевидно, и мелькнула у Шмидта идея “метеоритной гипотезы”.

Итак, истоки гипотезы Шмидта оказываются в очень далекой от космогонии Солнечной системы *галактической астрономии*, у Линдблада и Паренаго.

Очевидно, вовсе не случайно мы видим П.П. Паренаго (как и Б.А. Воронцова-Вельяминова) на известном снимке, где О.Ю. Шмидт запечатлен с несколькими своими ближайшими соратниками (и директором ГАИШ С.В. Орловым) в уютном зеленом дворике ГАИШ.

ОТ ГИПОТЕЗЫ К ТЕОРИИ:  
В СПОРЕ РОЖДАЕТСЯ ИСТИНА!

То, что в гипотезе Шмидта было много сырого и просто неверного – естественно. Как сказал Ф. Дайсон, “автор крупной идеи сам понимает ее сначала, в лучшем случае, на 50%”... Гипотеза Шмидта немедленно оказалась в центре критического внимания астрономов и геофизиков. У нее быстро и эффективно стали выявляться – и тем самым *обнажаться* и постепенно устраняться Шмидтом и его сторонниками, независимо от

субъективных “разрушительных” намерений критиков, – слабости и недостатки небесно-механического, астрофизического и геофизического характера. Фактически все лучшие силы советских астрономов и геофизиков образовали “незримый колледж”, коллективно (!) разрабатывавший и совершенствовавший концепцию планетной космогонии, отталкиваясь (в положительном или отрицательном смысле...) от гипотезы Шмидта. Именно поэтому гипотеза Шмидта удивительно быстро развилась в перспективную теорию, до сих пор не исчерпавшую свой эвристический потенциал. Как он реализуется в наши дни?

ШМИДТОВСКАЯ КОСМОГОНИЯ  
И СОВРЕМЕННОСТЬ.  
ПОТОК ОТКРЫТИЙ “НА МЕЛЬНИЦУ ШМИДТА”

“Первая часть” теории Шмидта – *происхождение* протопланетного облака – без продвижения *звездной* космогонии долго оставалась весьма туманной... А вот “вторая часть” – *формирование* планет из этого облака, – видимым образом не зависящая от первой, сразу оказалась – и *остаётся* – в центре планет-

---

О.Ю. Шмидт и его соратники “первой волны” с директором ГАИШ С.В. Орловым в саду ГАИШ на Красной Пресне, лето 1946 г. Слева направо сидят: Б.А. Воронцов-Вельяминов, О.Ю. Шмидт, С.В. Орлов, Н.Н. Парийский; стоят: П.П. Паренаго, Г.Ф. Хильми, Б.Ю. Левин, С.В. Козловская.





ной космогонии. Постепенно обогащается вся картина планетной системы. Уже в последние годы началось открытие астероидно-кометоподобных тел размером от 100 и ныне уже до 1200 км, движущихся в “занептунном” поясе Койпера в 35 а.е. и далее – уже за 1000 а.е. от Солнца. Известно уже с полтысячи таких объектов и статистически предвидится существование многих десятков тысяч их. Космогоническое значение этого открытия невозможно переоценить. Тем не менее теория долго не могла объяснить образования здесь даже одиночных, а тем более мощного пояса таких тел. Решение проблемы с современных позиций шмидтовской космогонии было дано в 1996 г. лишь В.С. Сафроновым (1917–1999). Эти объекты, как и астероиды, – те же “вторичные тела” шмидтовской космогонии – планетезимали “холодной зоны”, только проэволюционировавшие, но сохранившие, конечно, *кометный* состав. Некоторые планетезимали могли многократно вырасти благодаря слияниям на малых скоростях в газовом диске. После аккреции газа на будущие Юпитер и Сатурн разброс скоростей в ансамбле протоастероидов и протокометных тел стал быстро расти. Началась *столкновительная* эволюция, “выбившая” и разрушившая в

О.Ю. Шмидт с участниками дискуссии по его гипотезе в саду старого здания ГАИШ на Красной Пресне. Слева направо: Б.М. Щиголов, М.С. Зверев, П.Г. Куликовский, Н.Д. Моисеев, Б.Ю. Левин, О.Ю. Шмидт. Лето 1947 г. или 1948 г. На оригинале снимка (видимо, не сохранившемся) были также С.В. Козловская и Н.Н. Парийский. Верные соратники, корректные “нейтраллисты”, жесткие оппоненты – соавторы развития теории!

итоге свыше 90% начального числа планетезималей даже в “спокойных”, гравитационно слабо возмущаемых поясах планетезимального диска вдали от орбит планет-гигантов.

Это пояс астероидов, три пояса Казимирчак–Полонской между планетами-гигантами и пояс Койпера за Нептуном. Пояс астероидов начали открывать 200 лет назад; пояс Койпера – 10 лет назад; в пояса Казимирчак–Полонской наблюдатели еще не верят и, очевидно, только поэтому к открытию их пока не приступили... А жаль!.. Объекты в этих поясах принципиально вполне наблюдаемы!

ШМИДТОВСКАЯ КОСМОГОНИЯ  
И ...ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ

Мыслимы и другие шаги в реализации творческих потенций концепции Шмидта. Например, выявление связи *плане-*

*тогенеза* (на этапе стохастической динамики планетезималей в эпоху роста планет) с разнообразными феноменами *звездной переменности*. Она, например, может вызываться статистически *неизбежным* множественным выпадением планетезималей (астероидов или, чаще, кометных тел) на поверхность молодой “достаточно карликовой” звезды. Такие удары должны вызывать стохастические, до нескольких звездных величин, *вспышки* у красных карликовых звезд... по давно, но явно слишком поспешно отброшенному и практически забытому “механизму Герцшпрунга” 1924 г. (“вспыхивающие звезды” типа UV Кита). Энергии E вспышек этих звезд (до сих пор не нашедших полного объяснения) вполне сопоставимы с кинетической энергией врезающихся в поверхность карликовой звезды планетезималей астероидной или кометной природы и массы (размер ~ 0.1–100 км, скорость ~ 100–300 км/с, энергия E ~ 10<sup>26</sup>–10<sup>36</sup> эрг). Характерное время аккреции планет (скажем, ~ 99% набора ими массы), по В.С. Сафронову, ~ 10<sup>8</sup> лет, также в согласии с возрастом вспыхивающих звезд. По численным же экспериментам, ~ 10% “хаотических планетезималей” рано или поздно падает на Солнце! Современное падение комет на Солнце – уже факт. А ведь Солнце – карлик “из ярких”, на его фоне вспышки “замываются”. Да к тому же довольно старый, с уже редкими и, как правило, мало энергичными событиями этого рода. У молодых же слабых красных карликов эти явления должны быть куда более частыми и, при той же энергии ударника, намного заметнее. Это, видимо, и *наблюдается*.

Далее, *разрушение* кометных тел не при ударе, а в *окрестности* звезды (радиативное, приливное, ударно-столкновительное и т.д.), напротив, может вести к *ослаблениям* ее блеска в результате *экранирования* части или всей поверхности звезды (не обязательно карлика!) образующимся газопылевым облаком (переменные звезды типа R Северной Короны и др.?). Быстрое падение и более медленное восстановление блеска соответствует такому объяснению их переменности. При этом могут наблю-

даться и более сложные эффекты – эмиссии, спектральная переменность звезды (что характерно для красных карликов) и т.п. Подтверждение в последние годы подобных явлений (например, в работах В.П. Гринина – распад комет как механизм переменности молодых горячих звезд типа UX Ori) проливает свет на ряд загадочных видов и эффектов переменности и вообще физики звезд. Это существенно обогащает шмидтовскую картину основного, “второго этапа” космогонического процесса.

#### ШМИДТОВСКАЯ КОСМОГОНИЯ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ КОМЕТ

В концепции Шмидта содержится возможность решительного прояснения старой проблемы *происхождения* и *современного источника* комет (Земля и Вселенная, 1999, № 1). Начнем с того, что есть все основания отказаться от произвольного и, судя по всему, *ошибочного*, старого (начала 50-х) постулата о *практически полном выбросе* из зоны планет-гигантов “навсегда в Галактику” планетезималей, не вошедших в планеты (и Солнце). Не были же выброшены астероиды главного пояса, гораздо более близкие к сверхгиганту Юпитеру! А это означает *сохранение до нашей* эпохи *реликтовых поясов* кометных тел между планетами-гигантами, что дает космогоническую основу небесно-механическому “открытию на кончике пера” (конца 70-х гг.) пронизательного теоретика Е.И. Казимирчак-Полонской (1902–1992) – существование между орбитами планет-гигантов *поясов кометных тел* – источников *короткопериодических* комет (КПК). Они и названы “поясами Казимирчак–Полонской”. Более долгопериодические кометы происходят (приходят) из пояса Койпера. Проблема источника *периодических* комет находит, таким образом, простое космогоническое решение с позиций шмидтовского подхода. Это – *реликтовые планетезимали*, сохранившиеся в поясах *между планетами-гигантами* и в поясе *за ними*.

Далее. Кометные тела, действительно *выброшенные* из области растущих

планет-гигантов гравитационными возмущениями от них за пределы Солнечной системы, “в Галактику”, по самому механизму гравитационного выброса должны иметь *ничтожные* полные энергии  $E$  (и скорости  $v_\infty$  относительно Солнца) вдали от него (“на бесконечности”). Реально, у *приходящих* к Солнцу слабогиперболических комет  $v_\infty \sim 0.1$  км/с и даже меньше. При возмущениях в звездном галактическом фоне они легко меняют величину, направление скоростей и даже знак  $E$  относительно Солнца. Эти объекты образуют *диффузионно расширяющийся* от Солнца в Галактике *рой кометных тел*. Он сопровождает Солнце на его галактической орбите и очень напоминает кометный “рой Скиапарелли” (XIX в.). Главным у Дж. Скиапарелли был вывод об *общем* происхождении этого роя и Солнечной системы. Скиапарелли не знал его происхождения. Ныне мы можем *объяснить* этот рой как совокупность кометных тел-диссипантов из рождавшейся Солнечной системы. По теореме Пойа, его объекты с вероятностью  $\sim 0.35$  должны *возвращаться* к своему “источнику” (в нашем случае – к Солнцу, в зону его планет). Пришедшие “из Галактики к нам” реликтовые диссипанты – т.е. в конечном (вернее, “начальном”) счете *такие же*, как КПК, объекты планетезимального диска формировавшейся Солнечной системы – очевидно, и представляют собою “аперiodические” (параболические и слабогиперболические) кометы. Так что кометы *обоих* типов – периодические и аперiodические – суть объекты *единого* происхождения и природы (составляющие *реликтовый резервуар* кометных тел Солнечной системы), но с разной динамикой, “биографией” и “пропиской”.

Таким образом, с позиций шмидтовской космогонии единым образом объясняются *оба* типа комет. (Задача, квалифицированная как *наибольшая* трудность в проблеме происхождения комет В.В. Радзиевским.)

Наложение множества кометных роев соседних звезд образует *галактическое* кометное облако Эпика. Доля в его плотности кометных тел каждой конкретной звезды (разумеется, без учета

периодических объектов) даже в ее близкой окрестности очень мала. А то, что в Солнечной системе наблюдаются только “*свои*” гиперболические кометы, объясняется их сильной *гравитационной фокусировкой* вследствие ничтожности их энергии (вдали – и скорости) относительно Солнца. (Автор не хотел бы вступать в дискуссию по проблеме происхождения комет с В.П. Томановым (Земля и Вселенная, 2000, № 6.) К сожалению, мой оппонент недостаточно внимательно ознакомился с концепцией, которую он критикует, и здесь не место втолковывать ему то, что он не понял или понял с точностью до наоборот...).

ШМИДТОВСКАЯ КОСМОГОНИЯ  
И ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕМЛИ

*Третья часть* теории Шмидта (история эволюции Земли) находит ныне новое развитие. Это, например, далеко идущее обобщение концепции глобальной тектоники в работах японских геофизиков-теоретиков С. Маруямы и его коллег (с 1994 г.). Они дают новый вариант картины, по существу, именно “третьей части проблемы Шмидта” – более полную и детальную схему эволюции Земли от рождения до современности, от центра до поверхности.

Вспомним здесь и неизбежность *самопроизвольного нарушения* изначальной крупномасштабной сферической симметрии центральной зоны планеты при гравитационной дифференциации в расплавленном первом толстом внутреннем сферическом слое вокруг остающегося твердым центрального ядра. То, что “внутреннее” ядро Земли – твердое, внутри расплавленного внешнего ядра, известно еще с 30-х гг. Но является ли оно *реликтовым*? Физические свойства, состав и динамика центральной зоны Земли существенно зависят от этого. Механизм нарушения сферической симметрии таков. Видимо, при гравитационной дифференциации каменно-металлического расплава “внешнего ядра” космогонически быстро образуется толстый жидко-металлический (в основном железо-никелевый) сферический слой над *менее плотным* (твердым, *недифферен-*

цированным) каменно-металлическим внутренним ядром. Центральное ядро остается твердым благодаря более высокому давлению в этой зоне. Оно в этой ситуации должно всплыть в жидком (внизу – “металлическом”, вверху – “силикатном”) веществе внешнего ядра до уровня архимедова равновесия. Не здесь ли причина современной асимметрии положения центрального твердого ядра Земли? (И ряда других аналогичных тел, начиная с Луны?)

Вывод о самопроизвольном нарушении сферической симметрии центральной зоны Земли – вполне в рамках шмидтовской постановки вопроса о глобальной эволюции Земли после того, как она сформировалась. Он восходит, видимо, к результатам еще 60-х гг. В.М. Эльзассера. Возникающая – и, вполне возможно, до сих пор сохраняющаяся, так сказать, “реликтовая” асимметрия самой центральной области Земли создавала бы, например, условия для генерации электромагнитного динамо, рождающего магнитное поле Земли. Она может служить очагом продолжения гравитационной дифференциации в этой зоне Земли и т.д.

#### КОСМОГОНИЯ ШМИДТА И ПРОИСХОЖДЕНИЕ СПУТНИКОВ ПЛАНЕТ

Перспективны исследования по таким классическим направлениям шмидтовской космогонии, как происхождение Луны и других крупных “регулярных” спутников (Е.Л. Рускол и др.). Модные в конце прошлого века катастрофические варианты не должны вызывать доверия.

#### ТЕОРИЯ ШМИДТА И ЗВЕЗДНАЯ КОСМОГОНИЯ

Плодотворность “отступления” Шмидта с позиций захвата “взрослым” Солнцем роя “метеоритов” близ экваториальной плоскости Галактики (на позиции *совместного* формирования Солнца и его системы планет в *группе* рождающихся звезд) проявляется и в таком отношении. Развитие “эволюционной химии” Солнечной системы (в основном через изучение метеоритов) привело ис-

следователей к выводу, что в период ее формирования в непосредственной близости от нее произошла вспышка Сверхновой. А скорее, последовательно двух!.. С исходных позиций Шмидта такое “везение” крайне маловероятно и потому подозрительно (по логике самого Шмидта “против Джинса”!). Но если *совместно* формировалась *группа* звезд, то существенно *более* массивные, чем Солнце, звезды ассоциации вполне могли завершить свой жизненный путь взрывом Сверхновой, когда в системе Солнца еще был “в самом разгаре” процесс *планетогенеза*. В таком подходе обогащение, даже неоднократное, протопланетного облака (или уже диска) продуктами взрыва близкой Сверхновой вполне реально.

Эти соображения применимы к генезису планетных систем и *других* солнцеподобных и особенно менее массивных звезд. Солнечная система в этом отношении может быть довольно типичной в ансамбле планетных систем Галактики.

#### ШМИДТОВСКАЯ КОСМОГОНИЯ И ПРОБЛЕМЫ ЭКЗОПЛАНЕТ

Сенсацией 90-х гг. в астрономии стало открытие “других планетных систем” у ряда (уже многих десятков!) пока не слишком далеких звезд. Казалось бы, современная “стандартная теория” планетной космогонии (повторю: в своих основах шмидтовская!), должна бы этому “только радоваться”. Однако ряд авторов (включая российских) в открытии первых “чужих планет”, которые в большинстве неожиданно оказались “горячими юпитерами”, видят чуть ли не кризис современной планетной космогонии!..

Между тем “стандартная теория” объясняет и “горячие юпитеры”. Так, при *меньшем*, чем в Солнечной системе, удельном моменте количества движения (МКД, “момент вращения”) формирующейся планетной системы масса протопланетного диска *должна* (!) располагаться в среднем ближе к звезде, чем “у нас”. Поэтому массы, достаточной для захвата водорода и гелия, могла *раньше* достигнуть протопланета, существенно

более близкая к звезде, чем Юпитер к Солнцу. То есть “Юпитером” (горячим!..) “там” вполне мог стать “прото-Меркурий” и даже “прото-Вулкан”... Что и наблюдается...

Этот подход позволяет указать ожидаемое свойство “горячих юпитеров”, принципиально доступное наблюдательной проверке. “Горячие юпитеры”, в отличие от “холодных” (наши Юпитер и Сатурн) по механизму своего формирования должны быть резко обеднены “летучими” компонентами. Они должны состоять подавляющим образом из каменно-металлической (“астероидной”) фракции и большого количества “сверхлетучих” газов – водорода и гелия.

ОТ НАЧАЛА XX ДО НАЧАЛА XXI...

Концепция Шмидта в наше время находит новые *наблюдательные подтверждения* – протопланетные диски, в частности, в стадии формирования планет у ряда молодых звезд; планетные системы у звезд; второй “астероидный” пояс за Нептуном и др. Эвристический потенциал ее весьма далек от истощения, и на ее творческом горизонте, на всех трех шмидтовских этапах эволюции (соответственно, в трех частях теории), вырисовываются ранее практически непредвидимые точки роста и направления многообещающих прорывов к новым рубежам космогонии.

## НОВЫЕ КНИГИ

### Хокинг о себе и своей науке

В 2001 г. в издательстве “Амфора” (Санкт-Петербург) вышла книга Стивена Хокинга “Черные дыры и молодые вселенные” (перевод с английского М. Кононова). Оригинальный вариант книги (Stephen Hawking, Black Holes and Baby Universes and Other Essays) появился в 1993 г. Это произошло через 11 лет после того, как у Хокинга возникла мысль написать популярную книгу о Вселенной. Ею, как известно, стала “Краткая история времени”, которая десятки раз переиздавалась на Западе и в 1990 г. и 2001 г. – на русском языке (Земля и Вселенная, 2001, № 5).

“Черные дыры и молодые вселенные” – это сборник статей и эссе, одна часть их посвящена рассказам автора о своей жизни, другая – представляет собой в основном выступления и лекции по проблемам теоретической физики и космологии. Можно сказать, что данная книга Хокинга является своеобразным дополнением к первой. Действительно, она содержит ответы на многие вопросы, которые могли возникнуть у читателей “Краткой истории време-



ни”. Это и вопросы, относящиеся к уникальной личности автора и его судьбе, и вопросы, связанные с трудными для понимания проблемами релятивистской космологии. Популяризировать последние очень трудно, поскольку, к сожалению, астрономическая подготовка “человека с улицы” весьма удручающая. Ограничимся примером из предисловия к русскому изданию книги по психологии (Дайана Халперн. “Психология критического мышления”. “Питер”, Санкт-Петербург, 2000, перевод с английского): “Около года назад на заседании кафедры один из ведущих профессоров факультета психоло-

гии Санкт-Петербургского государственного университета был буквально потрясен, когда узнал, что один из студентов-выпускников курса не только убежден, что Солнце вращается вокруг Земли, но, более того, не имеет никакого представления ни о Галилее, ни о Копернике. Однако изумление уважаемого профессора, по-видимому, было бы не столь сильным, если бы он знал, что примерно 21% взрослых американцев согласны с нашим героем-студентом...”

Серия популярных книг Стивена Хокинга, которая не исчерпывается двумя названными выше (например, вышла в русском переводе “Природа пространства-времени” С. Хокинга и Р. Пенроуза), – значительный вклад в дело популяризации проблем современного естествознания. Для России это дело исключительно важное, что было особо отмечено в выступлении президента РАН академика Ю.С. Осипова на Общем собрании РАН в ноябре 2001 г. Книги Хокинга обращают мысль читателя к “простым” и “вечным” проблемам мироздания. Нужно это потому, что, по констатации президента РАН, “в наше время, в последнее десятилетие, лженаука расцветает в стране махровым цветом. И противостоять этому мы должны всем миром, всем научным сообществом. Возможности для этого сейчас есть”.

Е.П. ЛЕВИТАН

# О.Ю. Шмидт

## у истоков освоения Арктики

Когда Отто Юльевич Шмидт начал работать в Арктике (ему было в это время 38 лет), он уже состоялся как ученый-математик, общественный и государственный деятель. Для организации работ по освоению и научному изучению Арктики и Северного морского пути подходил именно такой человек – ученый и администратор, мечтатель и практик, руководитель, обладавший высокими нравственными и человеческими качествами.

Имя О. Шмидта вошло в ряд великих полярных исследователей: Ф. Нансена, А.Э. Норденшельда, Р. Амундсена, Эд. Толля, В. Русанова, Г. Седова...

“ВЕЛИКИЙ СЕВЕРНЫЙ ПУТЬ”

В конце 20-х и начале 30-х гг. XX в. бурно обсуждался проект строительства Великого северного железнодорожного пути. Он предусматривал соединение железнодорожной магистралью по кратчайшему расстоянию трех океанов: Северного Ледовитого, Атлантического и Тихого. Один из авторов этого проекта – архангельский художник “вечных льдов” и общественный деятель Александр Алексеевич Борисов. Он был не только страстным пропагандистом строительства Великого северного железнодорожного пути, но и человеком действия.

Его непоколебимая убежденность в необходимости решения железнодорожной проблемы, личное обаяние, неоднократные встречи с видными деятелями государства – Ф.Э. Дзержинским, Г.М. Кржижановским, Л.Б. Красиным – способствовали тому, что проект Великого северного железнодорожного пути стал рассматриваться в числе важных задач.

А.А. Борисов и его единомышленники развернули активную деятельность. Было создано общество “Великий северный путь”, в которое входило более 200 человек, в том числе архитектор академик

А.В. Щусев, художники братья В.М. и А.М. Васнецовы, профессор А.А. Чернов и многие другие. Начались первые изыскательские работы, прорубался визир будущей трассы железной дороги, разрабатывались архитектурные проекты вокзальных и гостиничных зданий... Грандиозный замысел А.А. Борисова был частично воплощен уже после его смерти. Железные дороги на Севере построены в предвоенные годы, а железная дорога Коноша–Воркута – в годы Великой Отечественной войны. Сооружение Байкало-Амурской магистрали – также результат многолетнего обсуждения идеи транспортного строительства на Севере и в Сибири.

А.А. Борисов утверждал, что провести суда через Карское море возможно только случайно, что это якобы “цирковой номер”, что “тратить деньги на развитие Севморпути – дело гиблое”. О.Ю. Шмидт доказал обратное.

НАУЧНО-ДИПЛОМАТИЧЕСКАЯ ЭКСПЕДИЦИЯ

...15 июля 1929 г. О.Ю. Шмидт выехал в Архангельск. Предстоял арктический переход на ледокольном пароходе “Г. Седов” через Баренцево море к Земле Франца-Иосифа (ЗФИ). Руководителя экспедиции О.Ю. Шмидта назначили правительственным комиссаром полярного архипелага. В Архангельском государственном архиве сохранилась стенограмма заседания краевого Совета, посвященного итогам экспедиции на “Седове”. Этот документ позволяет ответить на многие вопросы.

Вот как О.Ю. Шмидт аргументировал организацию арктического похода: “Первая причина – необходимо расширить наши исследования на Севере после того, как они были проведены в Карском и Баренцевом морях и на островах Новая Земля. Это было тем более необходимо, чтобы получить правильные сведения



по наблюдениям погоды, так как точные данные возможны только на далеких северных островах. Вторая причина заключалась в том, что в будущем ЗФИ может обрести большое экономическое значение. И третья причина: сообщение между Европой и Западной Америкой гораздо проще проводить воздушными перелетами через полюс, чем через Атлантический океан. Для чего на Земле Франца-Иосифа построены метеорологическая и воздушная станции. Но к этим причинам присоединилась еще одна – на эту землю мы имели претендентов в лице других стран...” Посол СССР в Англии академик И.М. Майский дал очень удачное определение экспедиции – “научно-дипломатическая”.

Поход в северные широты прошел успешно. На острове Гукера был установлен флаг СССР, а в бухте Тихой открыта новая полярная станция, ставшая затем самой северной в мире геофизической обсерваторией. На другой день после возвращения экспедиции в Архангельск краевая газета “Правда Севера” поместила интервью с О.Ю. Шмидтом: “...походом “Седова” вправе гордиться прежде

*О.Ю. Шмидт (в центре) – правительственный комиссар Земли Франца-Иосифа – на борту ледокольного парохода “Г. Седов”. Слева – В.Ю. Визе, справа – капитан В.И. Воронин. Фото 1929 г.*

всего Северный край. Это здесь выработались люди, знающие море, любящие его, люди с опытом и чутьем, позволяющим им безошибочно ориентироваться в труднейших условиях. Архангельск не раз отправлял экспедиции в Арктику, но редко так счастливо, как нашу”.

С этих пор О.Ю. Шмидт влюбился в Арктику и отдал ей многие, многие годы. Дружбу с замечательными полярниками – Р.Л. Самойловичем, С.Ю. Визе, Г.А. Ушаковым, Э.Т. Кренкелем, В.И. Ворониным – он сохранил на всю свою жизнь.

Еще свежи были в памяти торжества по поводу возвращения с полярного архипелага, а жители Архангельска начали подготовку к очередному полярному походу. В 1930 г. “Г. Седову” предстояло совершить рейс на Северную Землю. Руководителем экспедиции вновь стал О.Ю. Шмидт.

На пустынной, затерянной в Ледовитом океане Северной Земле, краешек

которой был открыт в 1913 г. экспедицией Б.А. Вилькицкого на кораблях “Таймыр” и “Вайгач” (Земля и Вселенная, 1995, № 5), остались первые полярные зимовщики: Г.А. Ушаков, Н.Н. Урванцев, В.В. Ходов, С.П. Журавлёв. В течение двух лет при минимальных технических средствах зимовщики составляли первую карту архипелага, площадь которого – 37.5 тыс. км<sup>2</sup>. Это было самое крупное географическое событие XX в.

Следует отметить внимание О.Ю. Шмидта к нуждам полярников. В записке, направленной им в Северный крайисполком сразу после возвращения из очередного ледового плавания, он пишет: “В дополнение к нашему личному разговору подтверждаю, что среди четырех героев – первых зимовщиков на Северной Земле – находится житель Северного Края Сергей Прокопьевич Журавлев, семья которого проживает в Архангельске. Состав семьи: жена М.В. Журавлева и трое детей школьного возраста. Семья нашего товарища находится в очень неопределенном положении, не имеет жилья, не приписана к продовольственным распределителям, не имеет большого листка... Я уверен, что крайисполком окажет полное содействие семье нашего товарища, выполняющего ответственное задание правительства на самом трудном, передовом форпосте Крайнего Севера”.

Две экспедиции на “Г. Седове” создали предпосылки для осуществления сквозного перехода ледокола по всей трассе Северного морского пути.

“ПРОЛОЖИТЬ ОКОНЧАТЕЛЬНО...”

...1932 год. В Архангельске идет деятельная подготовка к дальнему походу ледокольного парохода “А. Сибиряков”, которому предстояло впервые пройти Северным морским путем в одну навигацию. Костяк экипажа составили потомственные моряки-поморы. Около 80 процентов из них во главе с капитаном В.И. Ворониным перешли с “Г. Седова”.

О.Ю. Шмидт большое внимание уделил подбору научных кадров. Руководителем научных работ был назначен географ профессор В.Ю. Визе, в состав экспедиции вошли ведущие работники Всесоюзного арктического института географ Я.Я. Гаккель, океанологи А.Ф. Лактионов, П.П. Ширшов и другие.

Поход начался удачно. Благополучно прошли Белое и Баренцево моря. Из-за тяжелой ледовой обстановки в проливе Вилькицкого “А. Сибиряков” впервые в истории совершил обход вокруг Северной Земли и вышел в море Лаптевых. Однако Чукотское море оказалось забито льдами. В районе острова Колючина случилась авария – были повреждены лопасти винта. О.Ю. Шмидт провел необходимые расчеты, вычислив, сколько угля надо переместить с кормы в носовую часть, чтобы искусственно создать дифферент (наклон) судна на нос, поднять корму и заменить лопасти. Начались необычайно трудные в условиях дрейфа ремонтные работы. Невзирая на все трудности, лопасти винта заменили.

Но главные испытания ждали сибиряковцев впереди. В ста милях от Берингова пролива случилась новая авария – сломался конец гребного винта. Беспомощный корабль замер среди ледяной пустыни. Героические сибиряковцы не сдались: были установлены паруса, изготовленные из брезента. Врач экспедиции Л.Ф. Лимчер в своем дневнике тогда записал: «Наши брезентовые паруса не уступят по своей фантастичности “Алым парусам” Грина...»

1 октября 1932 г. “А. Сибиряков” под парусами вышел на свободную ото льда



О.Ю. Шмидт и В.Ю. Визе в экспедиции на “Г. Седове”.  
Фото 1930 г.



На пути к Северной Земле. Руководитель экспедиции О.Ю. Шмидт, начальник зимовки на Северной Земле Г.А. Ушаков (стоит). Слева направо: геолог Н.Н. Урванцев, радист В.В. Ходов и охотник С.П. Журавлёв. Фото 1936 г.



валась пробоина, возникла течь, и через два часа корабль затонул. За это время под руководством О.Ю. Шмидта выгружен заранее подготовленный аварийный запас. На льдине, в 107 км от чукотского берега, оказалось 104 человека, в том числе 10 женщин и двое малолетних детей.

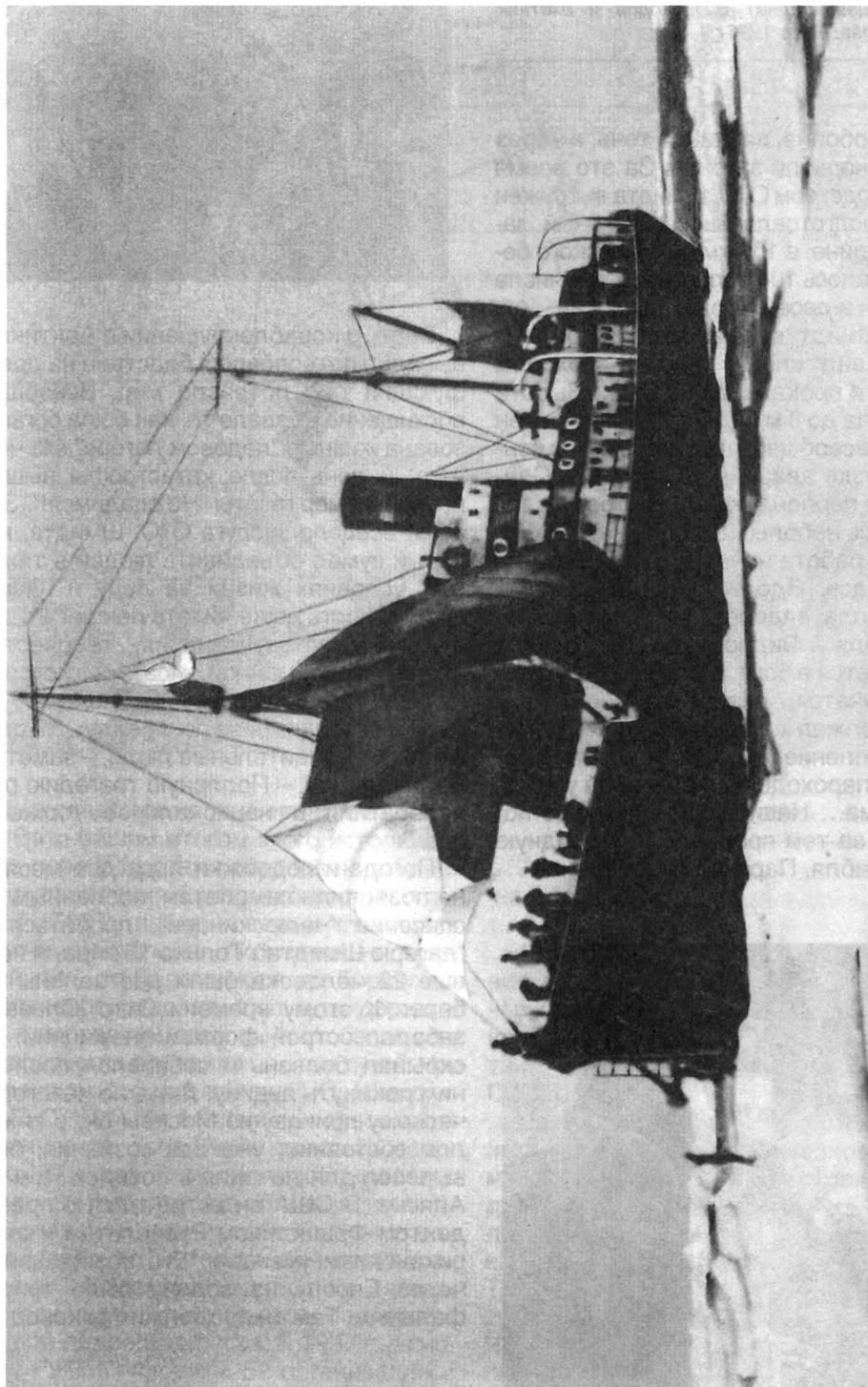
О.Ю. Шмидт вспоминал: "В полдень ледяной вал слева перед пароходом двинулся и прокатился на нас... Высота вала дошла до 8 м над морем. Был отдан приказ о всеобщем аврале и немедленной выгрузке аварийного запаса... Слева от нас, перпендикулярно к борту, образовалась небольшая трещина... Не успела еще работа начаться, как трещина расширилась. Вдоль нее, нажимая на бок парохода, задвигалась половина ледяного поля... Видно было, как льдина вдавливается в борт, а над ней листы обшивки пучатся, выгибаются наружу... Лед продолжал медленное, но неотразимое наступление... В одно мгновение левый борт парохода был разорван у носового трюма... Напирающее ледяное поле вслед за тем прорвало и подводную часть корабля. Пароход был обречен".



Весть о кораблекрушении в Арктике и высадке потерпевших бедствие на дрейфующий лед потрясла мир. Всеобщее восхищение вызвало то, как была организована жизнь в "ледовом лагере". На четвертый день после катастрофы вышел первый номер газеты "Не сдадимся!". Это была всецело заслуга О.Ю. Шмидта, который сумел объединить людей в тяжелых условиях жизни на льду и нашел возможность даже читать лекции – о диалектике естествознания, творчестве Гейне, современной поэзии, истории Южной Америки, будущих полетах на Луну и психоанализе по Фрейду... "Большевики – удивительные люди, – заметил Бернард Шоу. – Полярную трагедию они превратили в национальное торжество..."

Погода и подвижки льда два месяца не позволяли самолетам, посланным на спасение "челюскинцев", пробиться к "лагерю Шмидта". Только 10 апреля первые 22 человека были доставлены на берег. К этому времени Отто Юльевич заболел острой формой пневмонии, но скрывал болезнь и собирался последним покинуть льдину. Лишь по категорическому приказу из Москвы он, в тяжелом состоянии, уже без сознания, был вывезен для лечения в поселок Ном на Аляске. В США он встретился с президентом Франклином Рузвельтом и американскими учеными. Его возвращение через Европу на родину было триумфальным. Там он продолжил руководст-

О.Ю. Шмидт и В.И. Воронин на капитанском мостике "Сибирякова". Фото 1932 г.



"А. Сибиряков" под парусами завершает прохождение Северного морского пути. Фото 1932 г.

*Перелет воздушной экспедиции на Северный полюс, осуществленный под руководством О.Ю. Шмидта в мае 1937 г.*

во Главным управлением Северного морского пути.

С 1935 г. началось регулярное плавание сопровождаемых ледоколами грузовых судов по всей трассе Северного морского пути. Ежегодно по ней проходило до 160 кораблей...

Снаряжены десятки экспедиций в Арктику, в том числе осуществлен переход военных кораблей по Северному Ледовитому океану с запада на восток.

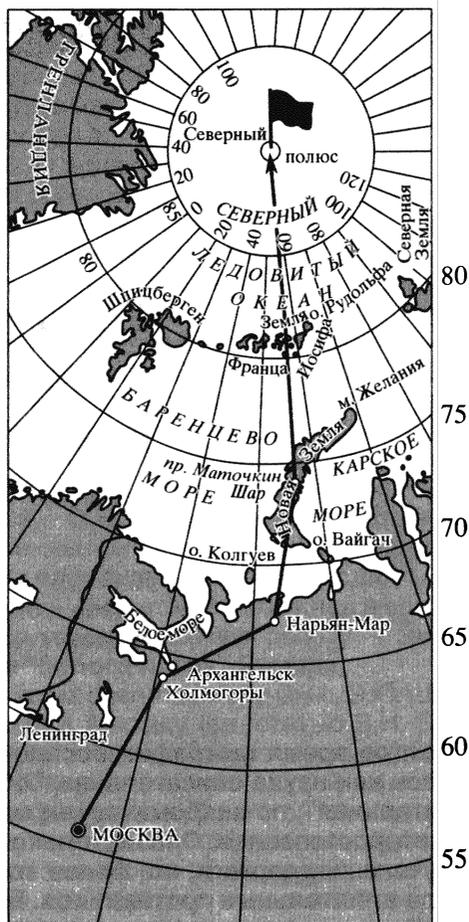
В 1937 г. О.Ю. Шмидт возглавил воздушную экспедицию на Северный полюс. Впервые в истории четыре тяжелых самолета опустились на лед в районе полюса, высадив научную группу во главе с И.Д. Папаниным. Дрейфующая станция "Северный полюс-1" выполнила исключительной ценности наблюдения в самом центре северной полярной области Земли.

Однако в 1937 г. сложилась чрезвычайно тяжелая ледовая обстановка, и весь ледокольный и транспортный флот вынужденно зазимовал на трассе.

О.Ю. Шмидта обвинили в организационных просчетах, но репрессировать выдающегося ученого и организатора освоения Арктики помешала его всемирная известность. Его перевели на работу в Академию наук, а во главе Главсевморпути поставлен И.Д. Папанин.

30-е гг. XX в. были годами первопроходцев и героев. Именно летчики-полярники стали первыми Героями Советского Союза. О.Ю. Шмидт был удостоен этого высокого звания за организацию станции СП-1. Советские люди с восторгом следили за победами полярников в Арктике, а мальчишки в эти годы играли в "ледовый лагерь Шмидта". На героических подвигах полярников воспитывалось несколько поколений молодежи...

Но в освоении Арктики была и обратная сторона: неоправданный риск, авантюризм и массовые репрессии. Торжественные встречи героев-полярников, их



чествование и награждение стали ширмой, за которой Сталин и его окружение скрывали от простых людей уничтожение тысяч ученых, моряков, летчиков и полярников.

В XXI в. началось восстановление Северного морского пути. Именно в Арктике, на берегах студеного Ледовитого океана Россия будет добывать нефть и газ, бокситы и алмазы, другие виды минерального сырья. Мы должны всегда помнить, что у истоков освоения, научного изучения Арктики и Северного морского пути стоял ученый и патриот России – О.Ю. Шмидт.

*В.Н. БУЛАТОВ,  
доктор исторических наук  
Поморский Государственный университет  
(г. Архангельск)*

## **Роль геофизиков в становлении географии как фундаментальной науки**

Л. С. АБРАМОВ,  
доктор географических наук  
Институт географии РАН

---

Долгое время география воспринималась как наука описательная, “объяснительная”, по академическим меркам второстепенная. Она не только не получала поддержки, но, более того, имела влиятельных противников. Еще В.В. Докучаев сказал, что он не хочет иметь ничего общего с расползающейся во все стороны географией. Не поддерживал ее и В.И. Вернадский, включивший представления о географической оболочке в свое учение о биосфере. Он сводил роль географии к изучению рельефа или, по крайней мере, геохор – приземных образований, близких к ландшафтным. Современная география стала фундаментальной наукой, обогатившись достижениями наук, исследовавших физику Земли. Особенно заметную роль в этом сыграл О.Ю. Шмидт.

### СПЛЕТЕНИЕ МНОЖЕСТВА СВЯЗЕЙ

Первый курс физической географии в Петербургском университете читал физик Э.Х. Ленц. А.И. Воейков стал основоположником современной трактовки ряда “геофизических географических дисцип-

лин”: климатологии, гляциологии, мерзлотоведения.

В трактовке содержания географии, ее задач не было согласия среди географов. По мнению основоположника отечественного ландшафтоведения Л.С. Берга, природные зоны – совокупность однотипных ландшафтов. Исследованием причин их обособления, считал он, должны заниматься не географы, а, прежде всего, геофизики. Другие исследователи признавали необходимость обогащения географии методами физики, химии, математики, не замечая специфичности географических законов.

Лидером в борьбе за географию как фундаментальную академическую науку выступал А.А. Григорьев, видевший ее перспективы в обогащении количественными методами изучения природных процессов. При этом он исходил из представлений о единстве приповерхностной части земной природы, взаимодействия и взаимопроникновения слагающих ее сфер, о географических процессах превращения энергии и вещества. Подробную схему такой общности он опубликовал еще в 1926 г. Позднее (в 1937 г.) ввел понятие о географической оболочке.

Многие географы критиковали А.А. Григорьева за отрыв от практики и внедрение схоластических схем. Но геофизики оказали решающую поддержку географии как в развитии научных представлений, так и в организационных вопросах.

Конечно, геофизические исследования велись в «отраслевых» учреждениях страны, например в Гидрометеорологической службе, где существовали Государственный гидрологический институт, базирующийся на основополагающих идеях **В.Г. Глушкова** о единстве вод, и Государственная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, а также в специальных экспедициях. Например, в Северной промысловой (1920 г.) при Высшем Совете народного хозяйства (ВСНХ) – прародительнице Института по изучению Севера (1925–30 гг.), а затем Арктического института. Особая роль в развитии географии принадлежит О.Ю. Шмидту и ряду солидарных с ним ученых.

#### ГЕОГРАФИЯ ПЛЮС ГЕОФИЗИКА

В конце 20-х гг. XX в. О.Ю. Шмидт, по основной специальности математик, пытался приложить свои построения на



практике и убедился в том, что особенно широкое поле представляют науки о Земле, в том числе география. Именно исследования в Арктике принесли ему мировую славу. Первый шаг к ним он сделал на ледниках Памира.

В советско-германской Памиро-Таджикской экспедиции 1928–29 гг. О.Ю. Шмидт руководил альпинистской группой, обследовавшей район ледника Федченко. До этого он дважды проводил отпуск в Швейцарии, где совершал любительские восхождения на вершины Альп. Хорошо знавшие его руководители экспедиции **Н.В. Крыленко** и **Н.П. Горбунов** посчитали это достаточным для участия в высокогорных исследованиях и не ошиблись – О.Ю. Шмидт действовал весьма успешно. Он вникнул в научную программу и временами даже руководил экспедицией. Значителен его вклад в важнейшую географическую работу – **закрытие “белого пятна” Памира**.

Затем, опять почти случайно, О.Ю. Шмидт попал в Арктику (см. статью В.Н. Булатова в этом же номере журнала) и, как он говорил, “остался в ней навсегда”. В последующие 7 лет он возглавляет ряд экспедиций, приковавших внимание общественности к исследованиям Арктики и особенно к освоению Северного морского пути. А когда Институт по изучению Севера, на который было возложено руководство всеми научными работами в Арктике, в 1930 г. преобразуется в **Арктический институт**, его директором назначают О.Ю. Шмидта. Здесь работали такие замечательные ученые, как **Р.Л. Самойлович**, **В.Ю. Визе** (Земля и Вселенная, 1986, № 2), **Я.Я. Гаккель**. О.Ю. Шмидт внес много нового в работу Арктического института, сделав его по-настоящему комплексным, не просто географическим, а географо-геофизическим институтом, не имевшим аналогов во всем мире.

XIV Международный географический конгресс, состоявшийся в 1934 г. в Варшаве, – единственный из довоенных кон-

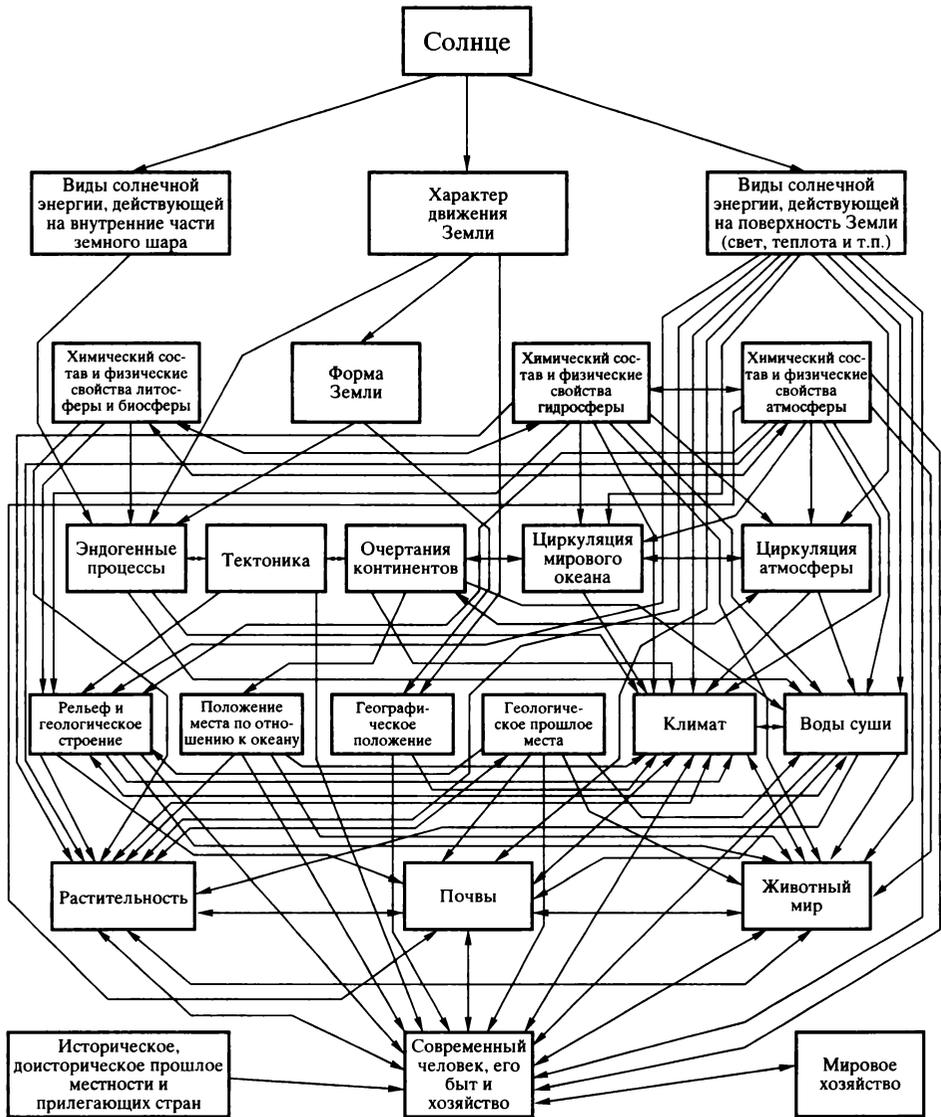
---

*А.И. Воейков, один из первых ученых, применивших геофизические методы в географических исследованиях.*

Астрономические факторы

Планетарные факторы  
основные  
производные

Факторы географического комплекса  
основные  
производные



грессов, в котором приняла участие советская делегация, всего четверо ученых. О.Ю. Шмидт, глава делегации, приехать не смог, и текст его доклада “Исследования Арктики в Советском Союзе” зачитал президент Русского географического общества океанолог **Ю.М. Шокальский**. По свидетельству профессора **Н.Н. Баранского**, это был “гвоздь” конгресса.

Отдав дань предшественникам, в том числе зарубежным ученым, Шмидт отметил проблемы, с которыми столкнулись советские исследователи. Первая

*Факторы, воздействующие на географическую среду, и взаимодействие между ними. Схема, построенная в 1926 г. академиком А.А. Григорьевым.*

из них – определение самого понятия Арктики. По астрономическим, климатическим, геоботаническим, геомагнитным показателям они значительно разнятся как на планете в целом, так и в советском секторе Арктики. Но особенно важным О.Ю. Шмидт считал изучение Арктики с физико-географической точки зрения,



учитывающей **взаимодействие, взаимопроникновение всех компонентов природы.**

Океанологам предстояло изучить водообмен Северного Ледовитого океана с Атлантическим и Тихим, водный баланс с учетом стока рек Сибири и Америки, течений в поверхностном слое воды и отдельных ветвей теплых вод, спускающихся в глубины океана; химизм и вековые колебания уровня, общей циркуляции вод и льдов, влияющая на нее островов и мелей.

Метеорологи выявили огромную роль холодной шапки воздуха не только для Арктики, но и для формирования климата в более южных широтах – практически на всей территории Советского Союза. “Без отчетливого знания погоды Арктики, – сказал О.Ю. Шмидт в докладе на съезде географов мира, – невозможно долгосрочное предсказание погоды всей северной половины земного шара”. Он отметил необходимость изучать геологическое строение, почвенный покров, растительный и животный мир, вечную мерзлоту, толщину ледников Арктики. Особенно подчеркивал значение геофизических наблюдений – по магнетизму, солнечному излучению, атмосферному электричеству, строению стратосферы и природы северных сияний. Все они неопределимы для решения общих проблем геофизики.

О.Ю. Шмидт считал, что столь широкие исследования не под силу экспедициям из отдельных стран. Он придавал исключительно важное значение **Международным полярным годам**, первый из которых проведен в 1882–83 гг., а следующий – в 1932–33 гг. Вряд ли их можно повторять чаще, чем раз в 50 лет. Особенно результативным оказался второй Полярный год (1932–33 гг.). СССР, по всемирному признанию, сыграл ведущую роль в исследовании Арктики. Это обусловило мощную государственную поддержку исследований. Так, были предо-

ставлены в распоряжение ученых ледокольный флот, авиация.

Свое кредо Шмидт сформулировал так: “Придавая огромное значение развитию теоретических наук и накоплению знаний во всех областях науки, мы уверены, что эта цель достигается наилучшим образом, если чистая наука не противопоставляется прикладной, а развивается в тесном единении с решением практических задач”. За годы, когда О.Ю. Шмидт возглавлял Арктический институт (1930–33 гг.), стали тщательно планироваться исследования, расширена сеть полярных станций и обсерваторий, укрепились связи с другими научными учреждениями: с Бюро погоды, Океанографическим институтом, Главной геофизической обсерваторией.

В конце 1932 г., став начальником Главного управления Северного морского пути, О.Ю. Шмидт переезжает в Москву. Несмотря на то, что Институт Арктики возглавляют теперь Р.Л. Самойлович и В.Ю. Визе, он продолжает не только решать государственные и хозяйственные задачи Севера, но и заниматься научной деятельностью, вплоть до личного участия в грандиозных экспедициях. Работы на дрейфующей станции “Северный полюс”, организованные О.Ю. Шмидтом, открыли еще одну форму исследований природы Арктики. Впоследствии действовало более трех десятков дрейфующих станций “СП”.

О результатах экспедиции 1937 г. на Северный полюс О.Ю. Шмидт доложил на общем собрании Академии наук СССР. Они существенно изменили многие гео-

графические представления о строении дна и глубинах Северного Ледовитого океана. Прежде всего, оказалось, что это не просто одна глубоководная чаша, а акватория со сложным рельефом дна. Обнаружено, что в район Полюса проникают глубинные теплые воды Атлантики, что в высоких широтах присутствуют планктон и базирующийся на его основе высшие формы жизни, открыты прорывы сквозь антициклональную “шапку холодного воздуха” циклонов, доказана возможность посадки среди льдов тяжелых самолетов.

У многих возникал вопрос: почему О.Ю. Шмидт, несмотря на решаемые им научные проблемы и организационные обязанности, порой надолго отрывался от прочих дел для личного участия в экспедициях? Дело было не только в его увлеченности и целеустремленности. Он был как будто рожден для работы в Арктике. Вот что пишет по этому поводу видный климатолог, неоднократный участник полярных экспедиций Б.Л. Дзердзеевский: “Многие люди работали с О.Ю. Шмидтом и знали его как начальника и руководителя. Однако те, кому довелось быть вместе с ним в экспедициях, могут сказать, что знали его хорошо. Говорят, “в Арктике человек прозрачнее”. Это тем более справедливо по отношению к начальнику, каждый шаг которого находится под особым вниманием. А в этих условиях О.Ю. Шмидт был безукоризнен. Его огромная выдержка и спокойствие, сочетавшиеся со смелостью, позволяющей принимать решения, казавшиеся иногда очень рискованными, его исключительное умение сплотить коллектив и направить его на выполнение намеченной цели, его большой такт в обращении с каждым участником экспедиции, сочетавшийся тем не менее с требовательностью, – все это особенно ясно проявлялось в трудных экспедиционных условиях, обеспечивало их успех”.

#### ПОДДЕРЖКА АКАДЕМИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ

Ведущим академическим географическим учреждением был в то время Геоморфологический (в известной мере от-

раслевой) институт. А Государственное географическое общество (ГГО) до 1938 г. находилось в ведении Наркомпроса. Географических вакансий в системе АН СССР предусмотрено не было.

О.Ю. Шмидт был избран членом-корреспондентом Украинской академии наук по специальности математика. Это открыло ему путь в Отделение математических и естественных наук АН СССР (ОМЕН). В то время в структуре ОМЕН было пять групп по ведущим наукам: биологии, геологии, физике, математике и химии. Они издавали пять серий “Известий АН СССР”, где главным редактором был академик-секретарь ОМЕН **А.Е. Ферсман**. Географической группы и соответствующей серии “Известий АН СССР” не было.

В 1934 г. по инициативе О.Ю. Шмидта в ОМЕН впервые создается **ассоциация географии**, в 1935 г. преобразованная в самостоятельную **группу географо-геофизических наук** – шестую, наряду с пятью ранее работавшими. Это стало **фактом официального признания географии** в Академии.

В 1935 г. Отто Юльевич Шмидт и Н.П. Горбунов избраны первыми академиками по географии. Казалось бы, заслуги Горбунова перед географией менее значительны. Однако участник Февральской и Октябрьской революций, работник аппарата Главнауки, он, вместе с Н.В. Крыленко, стал руководителем советско-германской Памиро-Таджикской экспедиции. Находясь на руководящей работе в аппарате Совнаркома и ЦК партии, избран академиком и постоянным секретарем Президиума АН СССР. Были у него публикации и по географии, главным образом экономической. В 1935 г., наряду с Н.Н. Баранским, он был назначен заместителем главного редактора издания “Большая география СССР”, которым был тогда президент АН СССР **В.Л. Комаров**. Но уже в 1936 г. работы по географии Союза были переданы в Институт физической географии. Горбунов же был арестован в 1937 г. и в следующем году расстрелян. Посмертно реабилитирован.

В Институте физической географии (до 1935 г. Геоморфологический инсти-



*Геофизическая группа при Институте АН СССР. Слева направо: П.Н. Лазарев, О.Ю. Шмидт, С.С. Ковнер, Н.П. Горбунов, А.А. Григорьев (стоит), В.В. Шулейкин. Фото 1936 г.*

тут) сформировался **Отдел теоретической геофизики** во главе с академиком **П.Н. Лазаревым**, где, наряду со Шмидтом и Горбуновым, трудились **В.В. Шулейкин, С.С. Ковнер** и другие геофизики. Это было существенной поддержкой А.А. Григорьеву, ратовавшему за оснащение географии количественными методами.

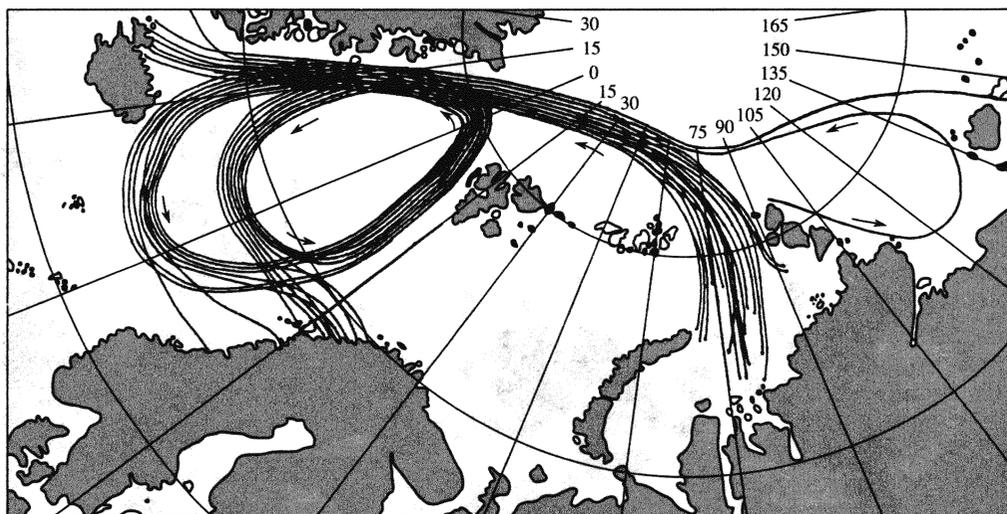
Тогда же при ОМЭН учреждается объединенный журнал "Известия АН СССР, серия географическая и геофизическая". Первый его номер вышел в 1937 г., последний – в конце 1950 г. Ведущую роль в нем играли геофизики, главным редактором все эти годы фактически был О.Ю. Шмидт, членами редколлегии – геофизики. В № 1 журнала за 1937 г. заместитель главного редактора Н.П. Горбунов писал: "Задачей Группы географии и геофизики Академии наук СССР являлось объединение всего комплекса описательных и точных наук, изучающих

земной шар... Журнал будет помещать статьи, посвященные вопросам географии физической, физики атмосферы и твердой оболочки, физики моря и математической геофизики".

В 1933 г. О.Ю. Шмидт выступил на Первом географическом съезде, а затем и на Первом съезде Всесоюзного географического общества" (в 1935 г.). Вице-президент Академии наук (в 1939–42 гг.), О.Ю. Шмидт хорошо понимал возможности и запросы географов и всячески помогал им в работе.

С 1939 г. единый журнал "Известия АН СССР, серия географическая и геофизическая" фактически разделяется на две части – геофизическую и географическую, что сыграло немаловажную роль в учреждении в 1951 г. самостоятельного журнала "**Известия АН СССР, серия географическая**".

Первые академики-географы не раз оказывали академической географии неоценимую помощь. Как известно, Институт физической географии образовался на базе Геоморфологического института лишь в 1935 г. Однако вскоре, в связи с переездом Академии наук из Ленинграда в Москву, вновь началась ее реорганизация. Институт физической ге-



*Траектории дрейфа буев в Арктическом бассейне и в Северной Атлантике (по В.Ю. Визе).*

ографии предполагалось сначала влить в Институт геологических наук, или объединить с геофизиками, образовав Институт геофизики и физической географии. Руководил комиссией по реорганизации Академии О.Ю. Шмидт. В итоге удалось отстоять самостоятельность Института физической географии и одновременно создать Институт теоретической геофизики, который впоследствии разделился на три института. Возникли самостоятельные институты: физики Земли, атмосферы и океанологии. А спустя год (в 1936 г.) в связи с роспуском Коммунистической академии Институт физической географии принял к себе экономикогеографов и стал именоваться **Институтом географии АН СССР**. Президиум АН СССР поручил ему, наряду с развитием науки, отвечать за создание серии книг, содержащих научные и популярные географические описания всех регионов страны. В 1938 г. образовано Отделение геолого-географических наук АН, где Институт географии стал ведущим.

В 1939 г. геофизики вновь оказали географам существенную помощь: директор Института географии АН СССР А.А. Григорьев был избран академиком. Рекомендовавшие его академики О.Ю. Шмидт и П.П. Лазарев в своих отзывах отмечали заслуги А.А. Григорьева в становлении географии как фундаментальной науки – вклад в разработку общей теории, внед-

рение представлений о природных процессах и их количественной характеристике, в частности метода баланса вещества и энергии, т.е. геофизических категорий.

Та роль, которую сыграла география во время Великой Отечественной войны, по мнению руководителя Комиссии по геолого-географическому обслуживанию Красной Армии академика А.Е. Ферсмана, сделала очевидным представление о том, что география – наука о взаимосвязях в природе и обществе. В послевоенное время тенденция развития науки именно в этом направлении заметно усилилась.

#### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ

В 50-х гг. Арктический Институт в Ленинграде стал одним из центров исследований полярных областей планеты.

В качестве самостоятельных наук стали развиваться физика Земли, физика атмосферы и океана. Их достижения весьма существенно влияли на географию – науку в известной степени синтетическую (интересно, что в свое время А.А. Григорьев и Г.Д. Рихтер называли ведущий отдел в Институте географии

АН СССР отделом физико-географического синтеза).

А.А. Григорьев продолжал развивать учение о географической оболочке как едином и в то же время сложно организованном образовании. При характеристике слагающих ее литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы, а также их сочетаний в виде типов окружающей среды, общих и частных процессов в оболочке, он широко использовал новые данные, включая добытые геофизиками. Характерно, что сформулированный им в 1956 г. совместно с М.И. Будыко периодический закон географической зональности (соотношение тепла и влаги), по существу, был геофизическим.

Учение о географической оболочке, по А.А. Григорьеву и М.И. Будыко, строится на базе наук, изучающих ее компоненты: геоморфологии, климатологии, гидрологии, гляциологии, почвоведения и биогеографии. Благодаря внедрению современных методов, в том числе геофизических, все эти науки превратились в фундаментальные.

Непосредственно в Институте географии с геофизикой были связаны развивавшиеся И.П. Герасимовым и Ю.А. Мецераковым структурная геоморфология и неотектоника, разработка методов изучения водного баланса и стока климатических циклов Б.Л. Дзерdzeевского, комплекса проблем гляциологии (включая физику льда и снега), океанологии и океанографии Северного и Южного Ледовитых океанов.

Используя данные, полученные геофизиками, географы под руководством геодезиста и гляциолога Г.А. Авсюка организуют наблюдения на Тянь-Шанской географической станции, ее опыт ис-

пользуется при создании Уральского, Северо-Кавказского и Курского геостационаров.

Третий Полярный год (1957–59) был проведен как **Международный геофизический** (МГГ) (Земля и Вселенная, 1999, № 1). Это международное признание вклада геофизики в познание не только полярных областей, но и всей Земли с целью создания основы научного прогнозирования протекающих на планете процессов.

В период Международного геофизического года сформированы новые географические подразделения и среди них – Отдел гляциологии Института географии АН СССР (РАН), ставший научной организацией мирового уровня. Его сотрудники, во главе с Г.А. Авсюком, а затем В.М. Котляковым, не только систематизировали и обработали добытые в ходе МГГ материалы, но создали на их базе ряд обобщений, например Каталог ледников СССР и уникальный известный **Атлас снежно-ледовых ресурсов мира** (Земля и Вселенная, 2001, № 6).

В настоящее время продолжают работу по ряду научных направлений с использованием современных научных методов – аэрокосмических, дистанционных, изотопных, электронных и других. Главным принципом работы географов остается сочетание теоретических исследований и их практического применения. По словам В.М. Котлякова, «география – единственная из фундаментальных наук, которая объединяет естественно-научные и гуманитарные исследования». И по отношению к более молодой экологии она призвана выполнить в какой-то мере ту роль, которую сыграла геофизика в становлении географии как фундаментальной науки.

---

## Информация

---

### Измерена цефеида

Как известно, видимый угловой размер звезд исчезающе мал. Однако с помощью оптических интерферометров – пары синхронно работающих телескопов, разнесенных на

некоторое расстояние, – угловые диаметры немногих особенно больших звезд в отдельных случаях удавалось измерить. Подобные наблюдения провели на Паломарской обсерватории (США), где ввели в действие прибор «PTI» (Palomar Tested Interferometer – Паломарский опытный интерферометр) шириной 110 м. Впервые удалось измерить цефеиду – звезду ζ Близнецов, и не только измерить, но и проследить измене-

ние ее размера при пульсациях, приводящих к строго периодическим изменениям блеска (от 3,6<sup>m</sup> до 4,2<sup>m</sup> с периодом в 10,15 сут). Оказалось, что средний видимый диаметр этой цефеиды – 0,0014″ (0,0000004°), и он меняется на 10% при пульсациях звезды. Средний радиус ≈ 50 R<sub>☉</sub>. Расстояние до нее – 1100 св. лет.

Science, 2000, 289, 5488, 2255

## **А.Г. Масевич и ее школа по физике и эволюции звезд**

Мое первое знакомство с Аллой Генриховной Масевич было заочным. Рано научившись читать, я много свободного времени проводил в библиотеке за книгами и журналами. Особое место среди них занимала научно-популярная литература, отвечавшая на возникающие у меня вопросы о закономерностях окружающего мира. В середине 50-х гг. я прочитал книгу А.Г. Масевич "История Солнца", написанную ею в то время. Помню, что идея эволюции Солнца – изменения его светимости со временем – произвела на меня тогда большое впечатление.

В 1960 г. я поступил на астрономическое отделение физического факультета МГУ. На четвертом курсе наша "классная дама", Наталия Борисовна Григорьева, порекомендовала нам присмотреться к какому-либо конкретному научному направлению и вступить в контакт с работающими там астрономами, чтобы выбрать тему для будущего диплома. Мой выбор был сделан давно – эволюция звезд. Ведущим специалистом в этой области я считал А.Г. Масевич. Первая наша встреча состоялась осенью 1963 г. в здании Института физики Земли, где Астросовет занимал в то время несколько комнат. Здание располагалось около Московского зоопарка. Окна кабинета Аллы Генриховны выходили прямо на большой пруд, заселенный птицами. Их крики изрядно оживляли "историческую" встречу.

Влияние неполной ионизации вещества и конвекции на модели Солнца – тема

моей первой курсовой работы. Она открывала большие возможности для самостоятельной деятельности. Романтически воспоминания о первых советских ЭВМ: "Стрела" и БЭСМ-2 в Вычислительном центре (ВЦ) АН СССР в середине 60-х. Машинное время было нарасхват. Давали по 20–30 минут, чаще ночью. Ночная смена "загружалась" в ВЦ с вечера, устанавливалась очередь, и все ложились спать. Главное – после окончания своего времени разбудить именно следующего "пользователя". Позже ВЦ создали при Астросовете, размещался он в Звенигороде.

Постепенно знакомился с первыми членами "школы" Аллы Генриховны: О. Длужневская занималась звездными скоплениями, Г. Рубен – эволюционными моделями, Ю. Францман – эволюцией массивных звезд, Е. Попова – эволюцией звезд умеренных масс. Плодом коллективных усилий стало создание нового квазипериодического журнала "Научные информации Астрономического совета АН СССР", сыгравшего важную роль в становлении отдела "Физика и эволюция звезд" Института астрономии РАН. Десятки молодых астрономов защитили кандидатские диссертации на основании работ, опубликованных в "Научных информациях".

С приходом новых людей непрерывно расширялась тематика исследований. Численное изучение эволюции звезд (усилиями Е. Поповой, Ю. Францмана, Г. Рубена, В. Варшавского) простиралось

ко все более поздним стадиям их жизни, более трудным для расчетов. В. Стрельниковый занялся исследованием потери вещества молодыми и старыми звездами по наблюдениям радиоизлучения их оболочек. Работами Ю. Фадеева, А. Памятных и А. Фокина было начато исследование пульсирующих звезд различных типов. Л. Юнгельсон приступил к численному изучению эволюции тесных двойных звезд. А. Хохлов выполнял расчеты взрывов сверхновых звезд.

Дружба Аллы Генриховны с К.А. Бархотовой, заведующей кафедрой астрономии Уральского университета, послужила "источником" молодых талантливых кадров с Урала. А. Памятных строил теорию пульсирующих звезд типа  $\delta$  Щита, А. Пискунов изучал статистику и эволюцию рассеянных скоплений нашей Галактики, Б. Шустов исследовал численно коллапс холодных газово-пылевых облаков и ранние стадии эволюции звезд, определяемые коллапсом этих облаков.

Интересные изыскания в области свойств и эволюции тесных двойных звезд были выполнены в течение последних тридцати лет. Е. Попова и Л. Юнгельсон создали каталог спектрально-двой-

ных звезд. Он включал более тысячи тесных двойных звезд и стал надежным источником информации об их исходном распределении по массам и большим полуосям орбит. Численное исследование эволюции тесных и двойных звезд различных масс, выполненное в Астрономическом совете и других институтах, легло в основу формализации эволюции таких звезд при различных начальных массах и разных орбитальных периодах. Конечный результат работы – создание сценарной численной программы для исследования эволюции двойных звезд при произвольных начальных параметрах систем. Включение в сценарную программу истории звездообразования в галактике делает ее универсальным инструментом при исследовании эволюции звезд в космологической школе времени и позволяет уточнить наши представления об истории звездообразования во Вселенной.

К концу 80-х–началу 90-х гг. в Институте астрономии сложился коллектив астрономов-теоретиков, продуктивно

---

*А.Г. Масевич в кабинете.*





*А.Г. Масевич с французским астрофизиком С. Кучми в Париже в 1972 г.*

работающих над проблемой эволюции звезд.

Характерная черта стиля научной работы Аллы Генриховны – понимание плодотворности широкого научного обмена и координации усилий отечественных и зарубежных ученых. Единство неба предполагало и единство подхода к его исследованию. Однако старшее поколение прекрасно помнит время, когда последнее не было столь очевидно для “компетентных органов” и недостаточно компетентных товарищей. Алла Генриховна с ее неизменно положительным отношением к международному сотрудничеству в 60-х–начале 70-х гг. являлась исключением в отечественной астрономии. Сегодня ясно: совместная работа, общение, дискуссии с такими астрономами, как Д. Смак, Б. Пачинский, С. Чандрасекар, Э. Шацман, Р. Киппенхан, Э. Крюгель, И. Ибен, М. Ливлио, Ж. Воклер и другими, сыграли большую роль в на-

учном становлении ученых отдела физики и эволюции звезд. Алла Генриховна постоянно развивала и поддерживала эти контакты. Теперь эта радость общения в силу законов диалектики оказалась “со слезами на глазах”. С “открытием” России в начале 90-х наши многолетние связи с зарубежными коллегами привели к тому, что около половины сотрудников отдела получили постоянные или временные места исследователей в астрономических институтах Европы и США. Можно сказать, что влияние школы А.Г. Масевич широко распространилось по белу свету.

Ну а что представляет собой наш отдел сегодня? Оставшиеся в институте сотрудники изучают несколько актуальных проблем современной астрофизики. Перечислю основные. Ю. Фадеев исследует пульсации звезд-гигантов с учетом распространения в их протяженных атмосферах ударных волн, образования пыли и выброса ее в межзвездное пространство. Д. Вибе и Б. Шустов исследуют эволюцию дисковых галактик в плотных скоплениях с учетом обмена массы



между ними через межгалактический газ. Эта модель позволяет объяснить обогащение тяжелыми элементами галактик и межгалактического газа, историю звездообразования. А. Федорова рассчитывает эволюцию тесных двойных звезд малых масс с учетом потери ими углового момента и вещества, результаты планирует использовать при анализе эволюции катаклизмических двойных. Л. Юнгельсон и А. Тутуков используют сценарную программу для построения моделей популяций двойных звезд различных

*А.Г. Масевич, О.Б. Длужневская, Л.В. Рыхлова и А.В. Тутуков в Институте астрономии.*

классов, приняв во внимание историю звездообразования в галактиках различных типов.

В настоящее время у большинства учеников Аллы Генриховны есть уже свои ученики. Это продолжает жизнь "школы".

*А.В. ТУТУКОВ,  
доктор физико-математических наук*

## НОВЫЕ КНИГИ

### Сборник речей Г.С. Хозина

В конце 2001 г. вышла книга "Циолковский был прав!" (М., "Издательство Планета 2000", 2001), посвященная памяти доктора исторических наук, профессора Дипломатической академии наук МИД России, действительного члена Российской академии космонавтики им. К.Э. Ци-

олковского (РАКЦ), известного специалиста по глобальным проблемам современности, гуманитарным аспектам космонавтики и международных отношений Григория Сергеевича Хозина – эксперта, педагога, журналиста, переводчика. В ней читатели найдут краткую биографическую статью, тексты трех речей, посвященных гуманитарным проблемам развития космонавтики, – своеобразное творческое завещание ученого. Книгу завершает список основных научных трудов Г.С. Хозина.

Выступление на заседании РАКЦ – "Космическое наследие че-

ловчества" – раскрывает суть основных аспектов космонавтики, как технических, так и гуманитарных. "Циолковский был прав!" – тема доклада на симпозиуме в г. Калуге. В нем подчеркнут вклад К.Э. Циолковского в развитие цивилизации. Речь на заседании отделения РАКЦ "Стратегия американской космонавтики" была произнесена при обсуждении целей и задач развития американской космонавтики.

Книга предназначена для читателей, интересующихся проблемами космонавтики и ее историей.

## Формула Циолковского

Л.В. ГОЛОВАНОВ,  
вице-президент Российской академии космонавтики  
им. К.Э. Циолковского

---

**Имя К.Э. Циолковского и его жизнь овеяны легендами. С годами все труднее отделять в них зерна истины от плевел вымыслов и мифов. Отчего же так неоднозначно отношение к нему? Он огорчился, когда его называли изобретателем: “Да, кое-что я изобрел, но сводить все дело лишь к этому – значит не понимать сути главного, чему я служил”. Споры о значении его наследия не утихают и по сей день. В противоречиях его творчества – противоречия эпохи.**

Через год мировое научное общество будет отмечать столетие **формулы Циолковского**. Ведь появление в массовой печати самостоятельно выведенного калужским мечтателем основного уравнения движения ракеты, определяющего ее характеристическую скорость, знаменовало зарождение новой эры в истории есте-

ствознания и техники. Более того – новой эпохи в истории человечества. И к той и к другой ныне прилагается определение “космическая”.

Сам автор и не думал, что представленное им уравнение будет носить его имя. Это предложил в начале 1930-х гг. коллектив первого в мире Ракетного научно-исследовательского института (после войны – НИИ-1 Минвиапрома). Сегодня некоторые не в меру здравомыслящие лица заявляют, что данное уравнение выведено до “отца космонавтики”, а журналисты “как всегда” что-то напутали, и вообще “история с Циолковским” – сплошная мистификация. Заметим, что все это – больше дань претензиям отдельных лиц, добивающихся самоутверждения.

В наш век повсеместно возобладовавших рыночных критериев и эпатажа стали модными разного ро-

да ревизии исторических фактов, а поиск истины заменили субъективные суждения.

Не стоит, разумеется, впадать и в противоположную крайность – уподобляться оголтелым болельщикам за свою “команду” и гипертрофировать заслуги первооткрывателя. Неумеренность всегда чревата отрицательным результатом, а также “медвежьей услугой” тем, кто сего вовсе не заслужил.

Было время, когда К.Э. Циолковского, мягко говоря, не жаловали калужские обыватели. Затем неприятие в тех же кругах сменилось безудержной апологетикой. А ныне даже в столице объявляются “философы здравого смысла”, сияющие трезвостью своего ума возвыситься над дерзаниями духа.

Можно, разумеется, не замечать чьей-то оплошности, как не замечают

нечаянно пролитого кофе, но невозможно обойти молчанием нарочитые действия – когда черный напиток демонстративно льют на белоснежную скатерть.

Вот что, например, пишет один из сотрудников Института истории естествознания и техники РАН: “О “блеске” этого человека (К.Э. Циолковского – Л.Г.), его величии и великолепии написаны буквально тома, и не нам было бы судить о его месте на страницах человеческой истории – времена и люди рано или поздно расставят все по своим местам, если бы мифы его и мифы о нем не ориентировали и саму космонавтику, и человечество вообще на ложное целеполагание”.<sup>1</sup> Нескрываемая ирония в названии книги и тексте... Уместна ли она? И о какой-то “мифологии” идет речь?.. “Врач, да исцелился сам!” – говорили древние латиняне.

И еще, там же, в параграфе, посвященном формуле Циолковского: она не учитывает многого, автор использует ее “для расчетов каких-то экзотических, второстепенных режимов движения”, а проблему потери скорости (и КПД двигателя) из-за аэродинамического сопротивления “прятал... намеренно не акцентировал на ней своего внимания, чтобы не потерять к его идее доверия (наив-

ных, добавим. – Л.Г.) читателей”, – и вообще... “все его (К.Э. Циолковского. – Л.Г.) идеи были вовсе не наукоемки и касались задач, находящихся на уровне почти бытовых знаний и мышления” (?!).

Нет возможности на страницах журнала процитировать и прокомментировать все необычное произведение – разбор занял бы объем, наверное, равновеликий ему. Однако нельзя и отмолчаться и не выступить в защиту чести и достоинства нашего великого соотечественника.

Прежде всего о знаменитой формуле. Ее научное и практическое значение сегодня вряд ли у кого-либо из ученых и инженеров (кроме автора названной книги) вызовут сомнение. По ней определяется максимальная скорость, которую может получить одноступенчатая ракета в идеальном случае, когда ее полет происходит не только вне пределов атмосферы, но и поля тяготения Земли. Обычно она записывается в виде

$$V_{\max} = u \ln M_0/M_k = u \ln (1 + M_T/M_k),$$

где  $u$  – эффективная скорость истечения продуктов сгорания из сопла реактивного двигателя,  $M_0$  – начальная (стартовая) масса ракеты,  $M_k$  – конечная (без топлива) масса ракеты после завершения работы двигателя на активном участке траектории,  $M_T$  – масса выгоревшего топлива.

С помощью формул можно оценить возможно-

сти ракеты, которые обусловлены, в первую очередь, удельным импульсом ее реактивного двигателя и общим совершенством конструкции, определяющим оптимальное соотношение начальной и конечной масс.

К этой формуле К.Э. Циолковский пришел в 1896 г., но заявить в печати о ней удалось лишь в 1903 г. Почти одновременно формулу вывел и приват-доцент Петербургского политехнического института И.В. Мещерский, обнародовал ее в 1897 г. в работе “Динамика точки переменной массы”. Но если первый связывал с нею решение **практической** задачи, то второй рассматривал сугубо **теоретический** аспект. Однако, как говорится, яблоки созревают в разных садах одновременно, когда приходит тому пора, – таков уж закон.

Впрочем, уравнение, подобное формуле Циолковского, выводили и раньше. Об этом написал в книге о Германе Оберте академик Б.В. Раушенбах (Земля и Вселенная, 1995, № 5), заметив, что сегодня эту формулу выведет любой студент технического вуза, – чего там журналисты подняли шум? И здесь ирония в подтексте. Сегодня и знаменитую формулу Галилея (уравнение качания маятника) старшеклассник выведет, да только в этом ли дело?

Глубокоцитимый нами Б.В. Раушенбах (Земля и Вселенная, 2001, № 4) справедливо отмечает в

<sup>1</sup> Салахутдинов Г.М. Блеск и нищета К.Э. Циолковского. М., АМИ, 2000, с. 5.

$$V = V_1 \ln \left( 1 + \frac{dl}{dl_1} \right)$$

$$V = V_1 \ln \left( 1 + \frac{dl}{dl_1} \right) \left( \frac{P - g}{P} \right)$$

$$dl_2 = dl_1 \left[ e^{\sqrt{\frac{\pi P}{\gamma (P - g)}}} - 1 \right]$$

Формула Циолковского для определения скорости движения и массы ракеты.

своей книге: заслуга Циолковского не в формуле, а в том, что он первый увидел в ней возможность выхода человека в мировое пространство. Согласимся. Но при этом все же заметим, что сия справедливость неточна: Константин Эдуардович не от формулы шел в Космос, а **наоборот** – в поиске технических средств решения поставленной им практической задачи (космического полета). В этом суть принципиальной разницы заслуг провинциального учителя К.Э. Циолковского и столичного доцента И.В. Мещерского.

Наконец, коль скоро затронут вопрос о том, кто первым сказал “а”, то уместно сослаться на мнение Д.И. Менделеева: “Справедливо считать творцом научной идеи того, кто не только признал философскую (т.е. общетеоретическую – Л.Г.), но и реальную сторону идеи, который сумел осветить вопрос так, что каждый может убедиться в его справедливости, и **тем самым сделал**

**идею всеобщим достоянием”**... Под таким углом зрения приоритет К.Э. Циолковского совершенно очевиден.

Прав профессор А.А. Космодемьянский, заведовавший кафедрой теоретической механики Военно-воздушной инженерной академии им. Н.Е. Жуковского, увидев в формуле Циолковского начало теоретической ракетодинамики. Из уравнения следует весьма важный вывод: для получения возможно больших скоростей ракеты нужно в конце работы двигателя увеличивать относительные скорости отбрасываемых частиц и относительный запас топлива. Эта простая формула дает возможность оценить совершенство конструкций ракет. На ней, фактически, основано **научное проектирование ракет**, а также новая наука – баллистика ракет.<sup>2</sup> И все же самое главное, пожалуй, не в этом.

Вспомним признание К.Э. Циолковского: “Многие думают, что я хлопочу о ракете и беспокоюсь о ее судьбе из-за самой ра-

кеты. Это было бы глубочайшей ошибкой. **Ракета для меня только способ, только метод проникновения в глубину Космоса, но отнюдь не самоцель.** Не доросшие до такого понимания вещей люди говорят о том, чего не существует, что делает меня каким-то одноклассником, а не мыслителем. Так думают, к сожалению, многие, кто говорит и пишет о ракетном корабле. Не спорю, очень важно иметь ракетные корабли, ибо они помогают человечеству расселиться по мировому пространству. И ради этого расселения я-то и хлопочу... Вся суть в переселении с Земли и в заселении Космоса. **Надо идти навстречу, так сказать, космической философии!**”<sup>3</sup> Не только ракету в качестве космического корабля предложил К.Э. Циолковский человечеству, но – более того – развернутую, концептуально и технически обоснованную программу выхода в просторы Вселенной. Именно с распространением людей в Космосе он связывал дальнейшие этапы **возвышения социальности человечества в целом, уровня его общественно-исторической и интеллектуальной зрелости.** Все это им глубоко и всесторонне обдумано, научно взвешено и во многих деталях проработано.

Пусть кое-что сегодня в его работах может пока-

<sup>2</sup>Космодемьянский А.А. Константин Эдуардович Циолковский. М., 1987, с. 63–65.

<sup>3</sup>Чижевский А.Л. На берегу Вселенной. М., 1995, с. 118.

заться спорным, наивным и даже нелепым с высоты современной науки и практики, но мы погрешили бы против принципа научного историзма, если бы проекты столетней давности судили и мерили мерками сегодняшних достижений. И нас не должны смущать фантазии, увлечения, ошибки, заблуждения, а тем более несовершенства конкретных технических разработок тех лет. Сквозь них пробивались ростки гениальных идей мыслителя-бунтаря, дерзнувшего указать людям перспективу дальнейшего глобального развития. Поэтому неудивительно, что в его трудах мы находим даже результаты биологических и физиологических исследований и более совершенные, на его взгляд, способы организации общества, раздумья на этико-философские темы.

Вспомним, что К.Э. Циолковский начинал как мыслитель. Его вступление в самостоятельную жизнь выпало на становление в России нового социально-исторического уклада. Общество еще находилось под впечатлением недавно отмененного крепостного права. Стремительно развивалось капиталистическое промышленное производство. Оно требовало новых технических средств и новых научных знаний. Успехи познания и практики способствовали обретению разночинной молодежью материалистического мировоззрения. Тому же способствовали и идеи революционных демократов. В естест-

вознании, учил Д.И. Писарев, следует видеть великую демократическую миссию: **“Человек, начинающий чувствовать себя властелином природы, не может оставаться рабом другого человека”**.<sup>4</sup> Такого рода убеждениями проникся и юный Циолковский.

Событием московского периода его жизни явилось знакомство с удивительным библиотекарем Румянцевского музея Н.Ф. Федоровым (1828–1903), с его независимыми суждениями о мире и своеобразной философской системой, пронизанной, с одной стороны, мистикой, а с другой – социальным утопизмом. Например, в овладении природными стихиями, в обращении их на общую пользу видел он предназначенье человека, в научном и техническом прогрессе – исполнение Божьих заповедей. “В мировой деятельности всеословной сельской общины, – поучал Н.Ф. Федоров, – найдется приложение как для мирного труда, так и для беззаветной отваги, удали, жажды самопожертвования, желания новизны, приключений... Ширь Русской земли способствует образованию подобных характеров; наш простор служит переходом к простору небесного пространства, этого нового поприща для великого подвига”<sup>5</sup>.

Педагогические способности К.Э. Циолковского и хорошие отзывы о его занятиях помогли ему в выборе профессии. Свободное от учительских обязанностей время он всецело посвящал разно-

образным естественнонаучным наблюдениям и техническим экспериментам, поиску ответов на вопросы, которые сам ставил перед собой. В науке он видел чрезвычайную, даже, так сказать, “осязательную хлебную важность”. Такое убеждение органично сочеталось в нем с чувством долга, стремлением к добру. “Основной мотив моей жизни, – писал он в 1913 г., – сделать что-нибудь полезное для людей, не прожить даром жизнь, продвинуть человечество хоть немного вперед. Вот почему я интересовался тем, что не давало мне ни хлеба, ни силы, но я надеюсь, что мои работы, может быть, скоро, а может быть, и в отдаленном будущем, дадут обществу горы хлеба и бездну могущества”<sup>6</sup>.

В последнюю треть XIX в. в стране развернулось гигантское железнодорожное строительство. Оно способствовало распространению цивилизации, в нем виделось одно из важнейших средств укрепления государственности и положительного преобразования общества! К.Э. Циолковского увлекли поиски наиболее эффективных способов преодоления человеком пространства. В 1886 г. он подготовил труд “Теория и опыт аэростата”. Такие корабли, считал он, будут

<sup>4</sup>Писарев Д.И. Сочинения, т. 2. М., 1995, с. 304.

<sup>5</sup>Федоров Н.Ф. Сочинения. М., 1982, с. 358.

<sup>6</sup>Циолковский К.Э. Собр. соч., т. 4, с. 429.

полезнее парашютов и паровозов. С интересом он относился к птицеподобным летательным машинам с хвостовым «оперением», первым попытался рассчитать их летные характеристики.

Забываясь о быстроте наземных передвижений, К.Э. Циолковский пришел в 20-х гг. к смелому замыслу, получившему во второй половине XX в. не только признание, но и практическое воплощение в виде «бесколесного транспорта», опирающегося на воздушную «подушку». Трех «китов» дальнейшего глобального территориально-пространственного освоения людьми своей планеты увидел К.Э. Циолковский в относительно независимых, но взаимодействующих друг друга средствах: цельнометаллическом управляемом аэростате (дирижабле), крылатом, удобооптекаемом летательном аппарате (аэроплане), вездеходе на воздушной подушке.

Это увязывалось с более общей, комплексной задачей – **усовершенствованием всего жизненного уклада общества**. Такого рода поиски невольно вели дальше: за эпохой глобальных транспортных коммуникаций на Земле непременно должна последовать эра внеземных сообщений. Космических путешествий! В 1883 г. К.Э. Циолковский пометил в своих записях, что «мир без тяжести» заслуживает весьма пристального внимания человечества и оно рано или поздно выйдет в Космос. Этот вопрос обрел

для него фундаментальный смысл.

Свои теоретические выкладки и выводы (в том числе и знаменитую формулу) он оформил в виде статьи «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Она увидела свет, несмотря на сопротивление цензуры, в майском выпуске журнала «Научное обозрение» (1903 г.).

В 1911 г. статью заинтересовалось руководство журнала «Вестник воздухоплавания». В своем письме редактору К.Э. Циолковский пояснял общий дух своей работы: «Человечество не останется вечно на Земле, но, в погоне за светом и пространством, сначала робко проникнет за пределы атмосферы, а затем завоюет себе все околоземное пространство».<sup>7</sup>

Помимо теоретического утверждения осуществимости своей идеи, автор нарисовал картину старта ракеты и удаления ее от планеты, существования людей в полете, а также перспективу развития реактивных приборов. Особое внимание уделил ожидаемым перегрузкам на организм на начальном этапе полета, способам преодоления их, борьбе с невесомостью.

В организации системы искусственных спутников Земли, а затем межпланетных баз вокруг Солнца с использованием блуждающих в пространстве астероидов он видел возможность значительного расширения утилизации солнечной энергии и опо-

ру для дальнейшего распространения человечества в космическом пространстве. «Планета есть колыбель разума, – писал он, – но нельзя вечно жить в колыбели».<sup>8</sup>

Разумеется, нужно было подумать и об устройстве жилищ с искусственной атмосферой, о регулируемом кругообороте веществ, подобном тому, что мы имеем в нашем земном «мирке», об огородах, оранжереях и о прочем на искусственных «островах», созданных умом и волей их обитателей. Раздумья обо всем этом, подкрепляемые новыми вычислениями, не оставили К.Э. Циолковского на протяжении всех последующих лет.

Размышляя о будущем Земли и человечества, он писал, что цель состоит не в полном преобразовании «массы» Земли, а в том, чтобы достигнуть совершенства и изгнать всякую возможность зла и страдания... Родная планета, по его мнению, необходима как опора, как базис для умножения и упрочения могущества человека в Солнечной системе. И он пытался разработать «этику космоса».

Человечество в результате экспансии «в эфире», считал К.Э. Циолковский, не должно начинать рвать своих генетических нитей с планетой. «Пуповина» будет сохраняться – аппара-

<sup>7</sup>Космодемьянский А.А. Константин Эдуардович Циолковский. М., 1976, с. 186.

<sup>8</sup>Там же.

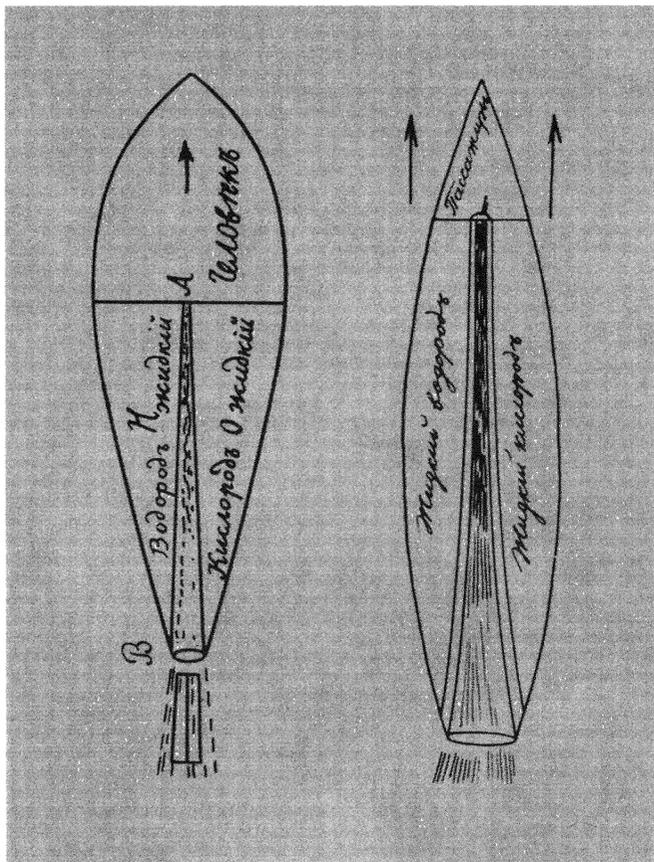


Схема ракеты К.Э. Циолковского. Рисунок ученого из его работы "Исследование мировых пространств реактивными приборами" (1903–26 гг.).

тура, конструкционные материалы и изделия, продовольственные запасы и прочее продолжительное время должны поступать с Земли, но затем космические переселенцы постепенно укрепятся, достигнут большей самостоятельности, благоденствия, расширят границы своего распространения. Развитие получают космическая индустрия и сопутствующая ей инфраструктура. Об этом он убедительно

говорил в "Целях звездоплавания" (1929 г.). В других работах К.Э. Циолковский описывал, как люди организуют свою жизнь вне Земли, с какими трудностями столкнутся, что нужно предусмотреть и от чего предостеречься. Его труды решительно приблизили человечество к Космосу, знаменуя качественно новый этап в эволюции вековых чаяний об овладении другими мирами – переход от прекраснотушних мечтаний к науке.

Реальность выхода человека в космос, впервые научно обоснованная К.Э. Циолковским, поставила в повестку дня ряд новых

задач: организация промышленного и сельскохозяйственного производства вне Земли, всестороннее обживание околоземного пространства и т.д.

Под влиянием идеи К.Э. Циолковского еще при его жизни у нас в стране и за рубежом подняли вопрос о возможности полета в Космос. Какой смысл большинство вкладывало в эти воображаемые путешествия? Чаще всего в них видели лишь способ расширения научных представлений о Мироздании и утоления сугубо прагматических интересов, извлечения конкретных выгод, подобных тем, что получают при освоении новых территорий и природных ресурсов на Земле.

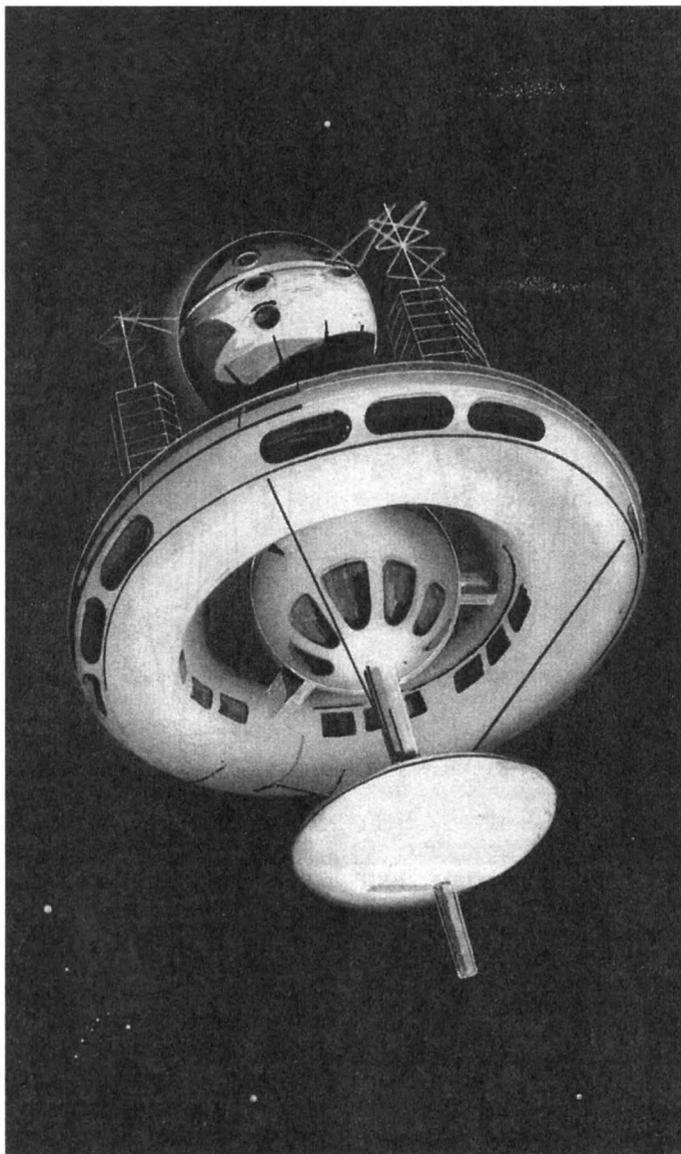
Иначе смотрел К.Э. Циолковский: не узко потребительская утилизация небесных тел, не расчетливая колонизация внеземного пространства, а **социализация Космоса** – вот истинно вдохновляющая цель предвидимого будущего человечества.

Опираясь на данные современного ему естествознания и практический опыт, он разрабатывал план освоения Космоса, ставил в повестку дня и ряд новых социально-практических и философских вопросов, в решении которых активную роль призваны сыграть мыслящие существа будущего. В раздумьях об их судьбе в Космосе К.Э. Циолковский выходил на фундаментальные мировоззренческие проблемы, которыми были озабочены мысли-

тели всех времен и народов.

Характерной личной особенностью его была **открытость** сознания всем фактам и идеям, на которые только мог натолкнуться его беспокойный ум. В его голове подчас своеобразно перемешивались обобщения и образы западноевропейской и восточной культур, мысленно “моделировались” возможные ситуации. В своих черновых рукописях он полемизировал с самим собой, то утверждая, то отрицая подчас одни и те же положения, сталкивая их друг с другом. Над всем господствовал исповедуемый им принцип естественнонаучного монизма, исключаящий дуализм духовного и телесного, а смысловым центром выступало представление о космичности жизни, о сродстве макрокосмоса и микрокосмоса. Функциональные характеристики жизнедеятельности включались в структуру физического миропорядка, причем природные процессы и явления обретали “смысл”, “цель”, “благость”, а универсальными нормативными регуляторами бытия выступали императивы “космической этики”.

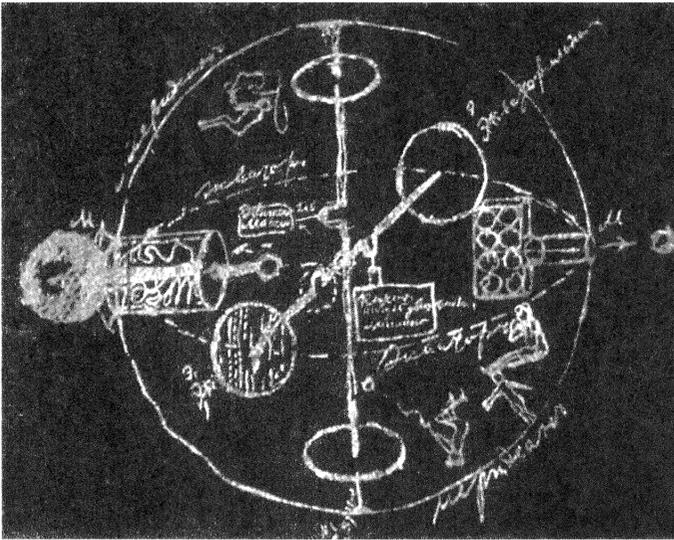
Оригинальная система философских построений “апостола космизма” заслуживает специального и обстоятельного разбора. Но это выходит дале-



ко за рамки настоящей статьи. Главное же, что хотелось бы здесь отметить, – единство его научных, технических и гуманитарных идейных устремлений. Он был убежден, что космическое расширение общества не только возможно, но и исторически необходимо, и эта необходимость заключена в самой объек-

тивной логике взаимодействия человека с природой. Эволюция земной цивилизации, по его мнению, будет в дальнейшем не чем иным, как расселением сначала по просторам Солнечной системы, а затем – за ее пределами.

Закономерна в его трудах печать, с одной стороны, особенностей и противоречий эпохи, с другой –



Межпланетный корабль. Рисунок К.Э. Циолковского (из экспонатов Государственного музея истории космонавтики в Калуге).

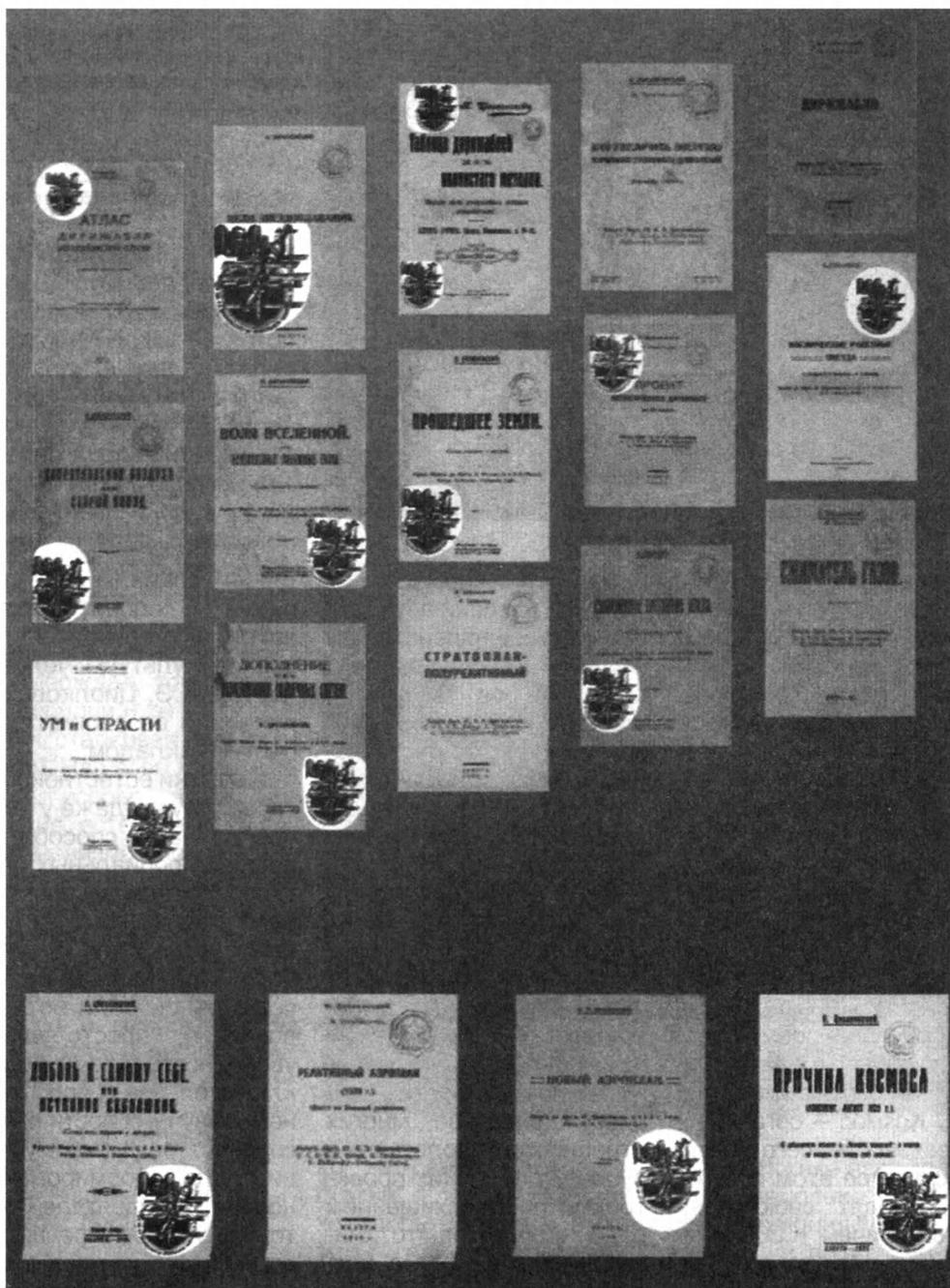
личного мировосприятия. В чем-то мы готовы полемизировать с ним, а в чем-то — бесспорно, соглашаемся, как, например, с тем, что в борьбе между порядком и хаосом при наличии необходимых условий непременно торжествуют антиэнтропийные силы. Убедительным свидетельством тому служит неуклонное восхождение человеческого разума от истин низшего порядка к высшим и на этом — непрестанное становление нового мира. В человеке природа поднимается к осознанию самой себя. Космос — органическая связность всего и вся, в составе ее атом и человек находят свою общность. Причем К.Э. Циолковскому грезилась во всех формах материальных образований своя «одухотворенность», что давало повод обвинять его в гиллоизме (учение о всеобщей одушевленности материи). Нам импонирует гипотетическое представление К.Э. Циолковского о «кос-

мологическом прогрессе» в виде циклически восходящих усовершенствований. На основе данного принципа он выдвинул «теорию космических эр» (об этом хорошо рассказано в мемуарах А.Л. Чижевского). Калужанину виделась архидолгосрочная космическая эволюция человечества с разрабатываемым им **рациональным переустройством всеобщего бытия на положительных нравственных основаниях.**

Справедливо отмечено философами, что его рассуждения во многих отношениях пролегают в русле утопических проектов с их предвосхищением ряда элементов тоталитарных режимов XX в. Грядущее устройство человеческого общежития, как его представлял К.Э. Циолковский, вырастет из причудливого сплава демократических устремлений и элитарных, технократических и социалистических постулатов. Тра-

диция социального утопизма — особая сторона интеллектуальной и духовной культуры человечества. К.Э. Циолковский пополнил ее своим самобытным вкладом.

Попытки естествоиспытателя, пусть даже утопические, найти способ разрешения социальных противоречий свидетельствовали о высоких гражданских устремлениях ученого. Преувеличение им социальной роли естествознания, простодушная уверенность в том, что исключительное распространение научных достижений создадут решающие условия для формирования нового типа деятелей, которые, в свою очередь, способны будут понять интересы и потребности общества, выработают правильный путь для его радикального преобразования, — вот что красной нитью проходит через многие работы К.Э. Циолковского. Истоки таких представлений — в народнических концепциях



Прижизненные издания работ К.Э. Циолковского из бортовой библиотеки орбитального пилотируемого комплекса "Мир".

1870–80-х гг., приписывавших интеллигентному меньшинству решающую роль в усовершенствовании и развитии общества. Отзвук их, своеобразно преломленный через ес-

тественно-научное восприятие мира, находим мы в его работе "Горе и гений".

То, что К.Э. Циолковский старался заострить внимание современников на жи-

вотрепещущих социальных проблемах, делает честь естествоиспытателю, стремившемуся внести в них строгие, независимые от субъективных, в том числе идеологических, пристрастий, критерии и оценки, установить объективные закономерности в развивающемся человеческом мире.

Дух искателя побуждал К.Э. Циолковского переосмысливать собственные убеждения. Он в конце концов пришел к мысли о том, что в организации экономических отношений нужны коренные преобразования на рациональных основаниях. Без них усовершенствования

в технике только “приносят бедствия трудящимся и возбуждают их вполне справедливое негодование”, что “капитал во всех его видах, в особенности наследственный, есть насильник”.

К.Э. Циолковский явился провозвестником нового типа сознания, движимого уже не мечтательностью созерцания звездной бездны, а задачами непосредственной космической практики. Величие его пытливому уму было в полной гармонии с высоким душевным, нравственным складом. Жизнь подобная людям, преисполненная борьбы и тре-

волнений, всегда будет возвышать сердца и побуждать новые поколения к дерзаниям во имя наивысших идей.

Распространение и умножение положительного опыта цивилизации в мировом пространстве с современным совершенствованием человека и его отношений с себе подобными, возвышение его интересов и потребностей, разностороннее осуществление его человеческих сущностных свойств и сил. Становление Космоса человеком. Вот действительная формула Циолковского.

---

## Информация

---

### Телескоп измеряет звезды

Два 8.2-м зеркала Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории на горе Параналь в Чили начали работать синхронно. 29 октября 2001 г. свет от звезд, собранный зеркалами “Анту” и “Мелипаль”, разнесенными на 102 м, был отослан в общий приемник, расположенный в Интерферометрической Лаборатории. Свет от телескопов прошел почти 200 м, отразившись от 25 зеркал, каждое из которых отъюстировано с точностью в тысячную долю миллиметра или лучше. Интерференционная картина, созданная в приемнике, позволяет определить диаметр звезды. Ин-

терферометр ОБТИ дал первый результат еще в марте 2001 г., когда в ходе наладочных работ с помощью двух небольших 40-см телескопов измерили диаметр звезды Альфард,  $\alpha$  Змеи (Земля и Вселенная, 2001, № 5). После этого потребовалось еще около 1000 измерений для окончательной доводки системы. И вот для ОБТИ пришло время больших телескопов.

Хотя эти первые наблюдения тоже считаются экспериментальными, в ходе их (150 сеансов измерений в течение четырех ночей наблюдений) были получены и научно значимые результаты.

Измерен диаметр Ахернара,  $\alpha$  Эридана,  $-0.00192'' \pm 0.00005''$ . Результат выведен как средний из 11 сеансов наблюдений, выполненных за три ночи наблюдений. Стандартная длительность каждого сеанса – 10 мин. Поскольку расстояние до Ахернара известно по результатам измерений с борта астрометрического спутника “Гиппаркос” – 145 световых лет, можно вычислить его

диаметр – 13 млн. км, почти в 10 раз больше, чем у Солнца.

Получен также диаметр цефеиды – звезды  $\zeta$  Близнецов. Измеренный вблизи своего максимума, он оказался равен  $0.000178'' \pm 0.00002''$  (7 сеансов). Угловой размер этой цефеиды уже был измерен ранее тремя разными интерферометрами. У другой цефеиды,  $\beta$  Южной Рыбы, диаметр оказался  $0.00200'' \pm 0.00004''$  (6 сеансов).

Впервые был измерен диаметр красного карлика HD 217987 спектрального класса M0. Из трех звезд с пылевыми дисками вокруг них, на которые наводили телескопы, диаметры измерили у двух ( $\epsilon$  Эридана и Фомальгаут), а у третьей –  $\beta$  Живописца – диаметр оказался ниже предела разрешимости интерферометра. Кроме того, были измерены загадочная звезда  $\eta$  Киля (Земля и Вселенная, 1998, № 5), красный гигант  $\psi$  Феникса и некоторые другие звезды.

ESO Press Release 23/01  
5 November 2001

## **Применение сверхмалых космических аппаратов для науки и образования**

Г. М. ТАМКОВИЧ,

доктор технических наук

С. И. КЛИМОВ,

доктор физико-математических наук

В. Н. АНГАРОВ,

А. Н. ЗАЙЦЕВ,

доктор физико-математических наук

Межрегиональная общественная организация  
“Микроспутник”

---

**Космос сегодня – среда активной практической деятельности человека. Результаты освоения космоса используются во многих направлениях науки и техники. В последнее время назрела необходимость их внедрения в образование на разных ступенях, начиная со школы. Программа создания научно-образовательных микроспутников – одно из возможных решений этой проблемы.**

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ  
МИКРОСПУТНИКОВ

Изготовление и запуск малых и сверхмалых космических аппаратов в последнее десятилетие ста-

ло достаточно распространённым явлением благодаря огромным достижениям микроэлектроники, информатики, массовому производству и доступности элементов космических систем, из-за сокращения централизованного финансирования всей космической индустрии и стремительной коммерциализации деятельности в космосе. По этим причинам наибольший интерес представляют малые космические аппараты с массой, не превышающей 100 кг, относящиеся к классу **микроспутников**. Их весовая классификация следующая: наноспутники (1–10 кг) и пикоспутники (менее 0.1–1.0 кг). Опыт ра-

боты с микроспутниками показывает, что при учете не только весовых, но и системных характеристик необходимо ввести подкласс декаспутников массой 10–50 кг. Декаспутники, в отличие от нано- и пикоспутников, способны решать важные самостоятельные задачи фундаментальных и прикладных космических исследований. При весе КА 50–100 кг можно решать задачи, требующие привлечения большего количества разнообразных приборов.

К настоящему времени созданы десятки микроспутников для научных исследований: чешские “Магион” (1978–96 гг.), шведские “ASTRID” (1995–98 гг.)

и "MUNIN" (2000 г.), американские радиолюбительские "OSCAR" (1961–2001 г.) и др. Программы нано- и пикоспутников разрабатываются во многих организациях и университетах США и Европы.

27 января 2000 г. по контракту с BBC США с авиабазы Ванденберг (штат Калифорния) был осуществлен запуск микроспутников с помощью РН "Mipotaur" (Земля и Вселенная, 2001, № 6). На близкие орбиты выведены пять малых спутников различного назначения: "JAWSAT", "ASUsat-1", "OCS", "OPAL", "FalconSat". Еще шесть пикоспутников были отделены от КА "OPAL" в течение двух недель после запуска. Один из них, наноспутник "StenSat", построен по схеме, близкой к устройству сотового телефона. Не все наноспутники этого запуска сработали штатно, тем не менее получен положительный результат.

Определенный опыт по разработке микроспутников имеется и в России (например, в начале 1980-х гг. запущены радиолюбительские спутники серии "Радио" и микроспутник "Искра", созданные в авиационных институтах Москвы и Куйбышева). В 1995–97 гг. выведены на орбиты радиолюбительские спутники РС-15 и РС-16, сконструированные на базе стандартных аппаратов "Стре-

ла-1", а также исследовательский ИСЗ "Зоя". Отработанные узлы и технологии позволяют перейти к конструированию микроспутников массой до 10 кг. НИИ Прецизионного приборостроения (Москва) выполнило проект "Рефлектор", в результате создан научный микроспутник весом 6 кг. В 2001 г. его запуск осуществлен в качестве попутного груза на ИСЗ "Метеор-3М". В настоящее время проводится разработка микроспутника по проекту "НОМОС-микро" в молодежном космическом центре при МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для разработки, создания и использования микроспутников требуются новые специалисты. Мы убеждены, что в некоторых средних школах уже могут проводиться соответствующие факультативные занятия. Полученные знания школьники сумеют расширить и углубить в вузах. Такая работа должна проводиться в рамках определенной научно-методической системы.

Разработку программы научно-образовательных

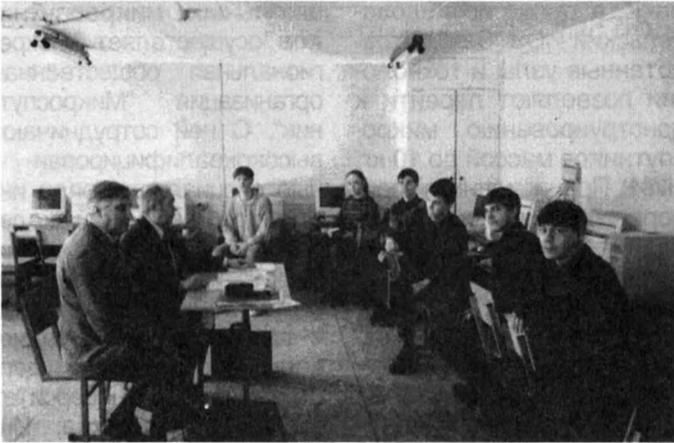
школьных микроспутников осуществляет Межрегиональная общественная организация "Микроспутник". С ней сотрудничают высококвалифицированные специалисты ряда институтов Российской академии наук – Институт космических исследований, Институт земного магнетизма и распространения радиоволн, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Институт атомной энергетики (г. Обнинск), ведущие организации космической промышленности, такие как РКК "Энергия", НПОмаш, КБ "Полет", РОСТО, "Магсенсорс".

Данный этап программы основан на опыте проведения фундаментальных космических исследований, имеющихся у ее участников, работающих в основном в области солнечно-земной физики, и направлен на решение образовательных, научно-исследовательских и технических задач.

Образовательные задачи решаются исходя из того, что микроспутник –

*Школьники, принимающие участие в программе "Микроспутник", во время посещения Института космических исследований РАН. В центре – заместитель директора Института Г.М. Тамкович.*





*В центре компьютерных технологий. Слева – руководители научной программы С.И. Климов и Г.М. Тамкович.*

это дорогое и сложное учебное пособие, из-за применения в нем высоких космических технологий недоступное для обычной системы среднего школьного образования. Участвуя в этой программе, школьники более глубоко изучают физику, математику, информатику в рамках специализированного лабораторного практикума. Сами микро-спутники должны создаваться на предприятиях космической отрасли.

**Научно-исследовательские задачи**, решаемые с помощью эксплуатации микро-спутников, дадут школьникам дополнительные знания о фундаментальной науке. Обычные школьные предметы станут более привлекательными и доступными для учащихся. Конечно, ученые тоже получают ценную для себя информацию.

Многолетний опыт космических исследований, приобретенный в том числе на орбитальном комплексе "Мир", свидетельствует о необходимости **мониторинга** физических параметров и процессов в

околоземном космическом пространстве. Известно, что важную роль для жизни и здоровья людей играют процессы, происходящие в магнитосфере и ионосфере. Магнитосфера – это своеобразный экран, защищающий человека от высокоэнергетичных (радиационных) частиц солнечного и галактического происхождения. Ионосфера и атмосфера с ее озоновым слоем, предотвращают губительное воздействие ультрафиолетового и рентгеновского излучений на биосферу Земли. Эти процессы определяются 11- и 22-летними циклами солнечной активности, что требует длительных наблюдений с космических аппаратов.

Один из компонентов "**космической погоды**" (Земля и Вселенная, 2000, № 3) – возмущения, "пришедшие" в окружающее космическое пространство с поверхности Земли и имеющие как природное (например, землетрясения, извержения вулканов, тайфуны), так и антропогенное (промышлен-

ные электромагнитные излучения и газы, техногенные катастрофы) происхождение. Эффекты, связанные с излучением линий электропередач, усиливаются с увеличением потребления электроэнергии в мире ( $2 \times 10^{15}$  Вт в 1955 г.,  $12 \times 10^{15}$  Вт в 1992 г.). С тех пор как в 1930-х гг. обнаружено, что ионосфера нагревается радиоизлучением, стало ясно: антропогенная деятельность может возмущать ионосферу. Передатчики, используемые в радиосвязи и радионавигации (диапазоны от СДВ до СВ и КВ), нагревают ионосферу и изменяют естественные параметры плазмы. Сигналы передатчиков после взаимодействия с волнами естественного происхождения могут выглядеть при приеме как природное излучение. Выбросы промышленных газов проникают в верхнюю атмосферу и даже ионосферу, изменяют их естественный химический состав и электродинамические параметры плазмы.

Отсюда необходимость глобального мониторинга возмущений в ионосфере. Такой мониторинг, очевидно, проще всего осуществлять с помощью космических аппаратов. Получаемая при этом информация вводится в мощные вычислительно-информационные системы и становится доступной широкому кругу пользователей, в том чис-

ле и школьникам. Использование микроспутников делает мониторинг экономически оправданным.

Бортовые высокотехнологичные приборы и устройства должны разрабатываться (**технические и конструкторские задачи**), как уже отмечалось, в профессиональных организациях, а школьники занимаются в основном решением образовательных задач. Для каждого микроспутника составляется отдельная программа, чтобы оптимально его использовать и применить полученные результаты в образовательной программе. На примере проекта "Колибри-2000" мы подробно расскажем о таком подходе.

Основной конструкторский принцип при создании микроспутников – их универсальность – реализуется с помощью разработки и многократного применения универсальной базовой конструкции; благодаря этому предполагается сохранить во всей серии микроспутников до 60–80% конструктивных элементов и систем.

Важный элемент программы – развертывание портативных **школьных наземных комплексов управления (ШНКУ)**. Они просты по конструкции, базируются на применении стандартных комплектующих, выпускаемых серийно и используемых в современной радиолюбительской аппаратуре, что

существенно расширяет круг участников программы. Один из компонентов ШНКУ – **малогабаритная компактная телеметрическая станция (МКТС)** любительского радиодиапазона. МКТС является оптимальным средством для приема (и передачи в случае укомплектования передатчиком) сигналов в любой точке земного шара с радиолюбительских спутников и спутников по программе "Космос – детям, дети – космосу", если точка установки находится в зоне радиовидимости. Комплект МКТС массой не более 50 кг хранится и перевозится в водонепроницаемых сумках (контейнерах, чемоданах, тубусах). В комплект входят аппаратура привязки к шкале единого времени и местоположения станции к географическим координатам, а также аппаратура автоматического самодиагностирования и расчета целеуказаний для автоматического (полуавтоматического) наведения антенны. Станция портативна, устанавливается в рабочее положение за 2 ч,

автономно используется в течение 4 ч, у нее автоматизированная система ввода и обработки информации с возможностью передачи последней по телефонным каналам связи, включая спутниковые. В состав станции входят съемная камера, вращающаяся на 360°, и датчик изображения на приборах с зарядовой связью, высокопроизводительная ИБМ-совместимая ПЭВМ типа "ноутбук" и навигационный приемник системы GPS/ГЛОНАСС. Скорость передачи данных по радиолинии "Космос–Земля" – 32 кб/с; возможно ее увеличение в будущем в 3–4 раза. Связь станции с Центрами управления, где бы они ни находились, осуществляется с помощью мобильных телекоммуникационных систем, в том числе спутниковых и сотовых. Работает МКТС через стационарную, бортовую автомобильную сеть или от автономных источников питания. Это, к сожалению, будет в ближайшей перспективе, а сейчас ШНКУ имеет гораздо более скромные ха-

*Занятия со школьниками ведет главный конструктор микроспутника "Колибри-2000" В.Н. Ангаров.*





Член школьной группы проекта "Колибри-2000" Константин Самбуров – праправнук основоположника космонавтики К.Э. Циолковского.

рактические. Значительную часть в программе занимает процедура развертывания ШНКУ для участников проекта и школьных наземных пунктов приема телеметрической информации.

Технические и конструкторские задачи проекта школьники решают, в первую очередь, участвуя в работе ШНКУ. Они включаются в процесс разработки алгоритмов и программного обеспечения для бортового сбора данных и управления на орбите, передачи информации на Землю, приема информации на ШНКУ. Непосредственное участие российских и австралийских (через Интернет) школьников в наземных испытаниях дает им представление об организации и "технологии" космической промышленности.

Вывод микроспутника "Колибри-2000" на орбиту осуществлен с борта транспортного грузового корабля "Прогресс М1-7" после выполнения им основных задач по обслуживанию Международной космической

станции. Спутник отделился от "Прогресса" с помощью оригинального транспортно-пускового контейнера, созданного в Специальном конструкторском бюро космического приборостроения Института космических исследований РАН при участии специалистов РКК "Энергия" им. С.П. Королёва.

Широкое поле для творческой деятельности школьников – создание базы данных физических измерений, распространение их в сети Интернет для всех участников проекта и **программы школьных научно-исследовательских микроспутников.**

Итак, многоцелевые микроспутники применяются для решения научных либо учебно-просветительских задач. "Колибри-2000" – первый в мире школьный микроспутник, созданный на профессиональном уровне с позиций системного подхода, выполняющий сложную и специфическую программу.

Важно изначально определить, что должны делать на каждом из этапов

разработки, испытаний и орбитального полета группы специалистов и школьников. Одно время ребят привлекали к созданию спутника (без уточнения юридической основы и ответственности). На практике это сводилось к тому, что они разрабатывали эскизы, эмблемы, значки, а также проводили конкурсы и обменивались опытом. Возникла иллюзия участия школьников в изготовлении спутника, хотя, конечно, он может быть создан лишь профессионалами. А разработка микроспутника еще сложнее и усугубляется рядом дополнительных ограничений по весу, габаритам, энергопотреблению, что вызывает необходимость обратиться к последним достижениям в области технологии, материаловедения, кибернетики и пр.

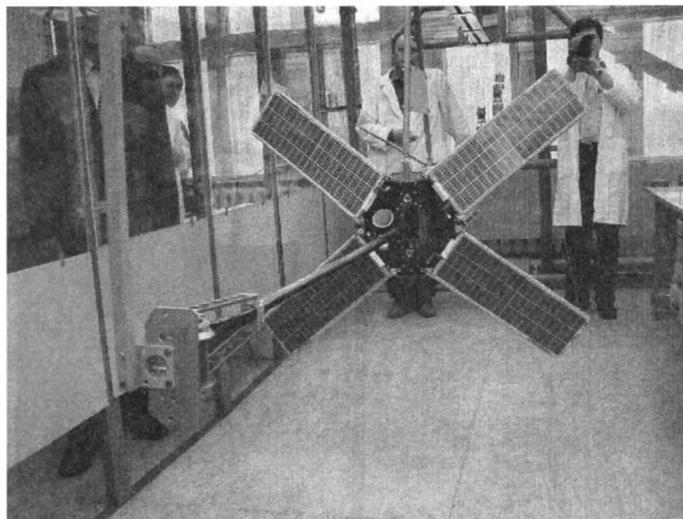
Почему целесообразно использовать микроспутники при реализации **школьных программ?** По нашему мнению, пока запуск 1 кг полезной нагрузки будет стоить более 10 тыс. долларов, масса микроспутника не должна превышать 20–25 кг, а научная аппаратура – 20–25% от его общей массы. Отсюда жесткие требования к созданию комплекса научной аппаратуры. С другой стороны, необходимо, чтобы научная программа бы-

ла реальной и понятной школьникам и любителям космонавтики. Подчеркнем, что этим молодым людям понадобятся знание английского языка и компьютерных технологий. Главные условия привлечения к космическому проекту школьников (студентов) – их хорошая успеваемость и личное желание. Тем самым учащиеся постоянно расширяют кругозор, эрудицию и знания.

По мнению авторов данной концепции, участие школьников, представителей молодежи в проектах, не предусматривающих научную программу, ограничивалось лишь образовательными и пропагандистско-воспитательными задачами. С появлением научной программы стало не только целесообразным, но и обоснованным привлечение школьников к регистрации научной информации, ее обработке, интерпретации, архивации и обмену с другими партнерами.

#### ПРОЕКТ "КОЛИБРИ-2000"

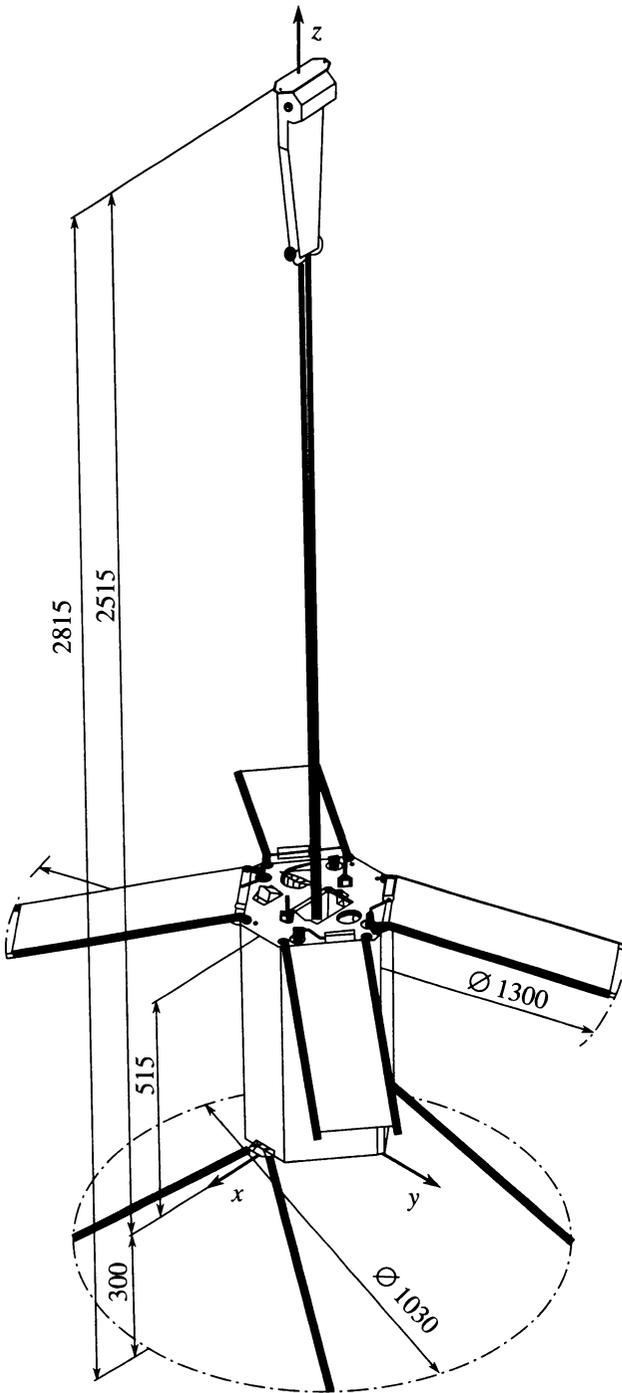
В 1999 г. по инициативе российских и австралийских школьников началась совместная работа по созданию научно-исследовательской школьной программы, основная задача которой – разработка первого в мире научно-исследовательского школьного спутника. Необходимо было создать микроспутник



массой 20–35 кг (масса научной аппаратуры не менее 20% от общей) для решения не более пяти научных задач. Космический аппарат запускается как попутный груз и работает на орбите не менее 4 месяцев. Он должен быть предельно прост в управлении полетом (используется радилюбительский диапазон). Учащиеся самостоятельно работают на приемно-передающем пункте управления, обрабатывают, интерпретируют и архивируют полученную информацию.

Первым в программе, реализуемой Межрегиональной общественной организацией "Микроспутник", является микроспутник "Колибри-2000", разработанный и изготовленный в Специальном конструкторском бюро космического приборостроения ИКИ РАН с участием ведущих организаций космической промышленности. В российско-австралийском проекте "Колиб-

ри-2000" участвуют: российские школы (компьютерных технологий "Гелиос" и физико-техническая при Институте атомной энергетики, г. Обнинск) и австралийские (Knox Grammar School и Ravenswood School for Girls). На конкурсной основе сформированы группы из 8–10 школьников 6–11-х классов и студентов начальных курсов вузов. Они участвуют в разработке и реализации научной программы, концепции конструкции микроспутника и его систем. Ученые ИКИ РАН и НИИЯФ МГУ проводят для учащихся теоретические и практические занятия, методические сборы и семинары в Школе компьютерных технологий и ИКИ РАН. В Сиднее в августе 2000 г. проведен российско-австралийский коллоквиум, на котором российские школьники сделали ряд докладов на английском языке по всем разделам проекта. Во время работы "Колибри-2000" на ор-



определило научную и учебную задачи – сравнительное описание околоземного космического пространства над территорией Европы (имеющей сильное техногенное воздействие на космическую среду) и над территорией Австралии (мало подверженной техногенным воздействиям).

На 2000-01 гг. пришелся максимум 11-летнего цикла солнечной активности, поэтому особенно интересно изучать проблему солнечно-земных связей. На микроспутнике "Колибри-2000" установлены научные приборы – трехкомпонентный феррозондовый магнитометр для исследования геомагнитных флуктуаций и анализатор частиц и полей.

Микроспутник "Колибри-2000" представляет собой шестиугольную призму (масса  $\approx 20$  кг, диаметр – 0.4 м и высота – 0.55 м). На КА работают два прибора и комплекс служебной аппаратуры, включающий системы: сбора данных и управления, командной радиолинии, служебной и научной телеметрии, энергоснабжения, терморегулирования и гравитационной ориентации. Микроспутник "Колибри-2000" запущен в качестве попутного груза на транспортном грузовом корабле "Прогресс М1-7" 26 ноября 2001 г. Спутник предполагается отделить от корабля "Прогресс М1-7" в феврале 2002 г.

бите запланированы совместный коллоквиум и научно-методический семинар в России. Разрабатывается образователь-

ная программа с использованием сети Интернет. Участие в проекте "Колибри-2000" школьников России и Австралии пред-

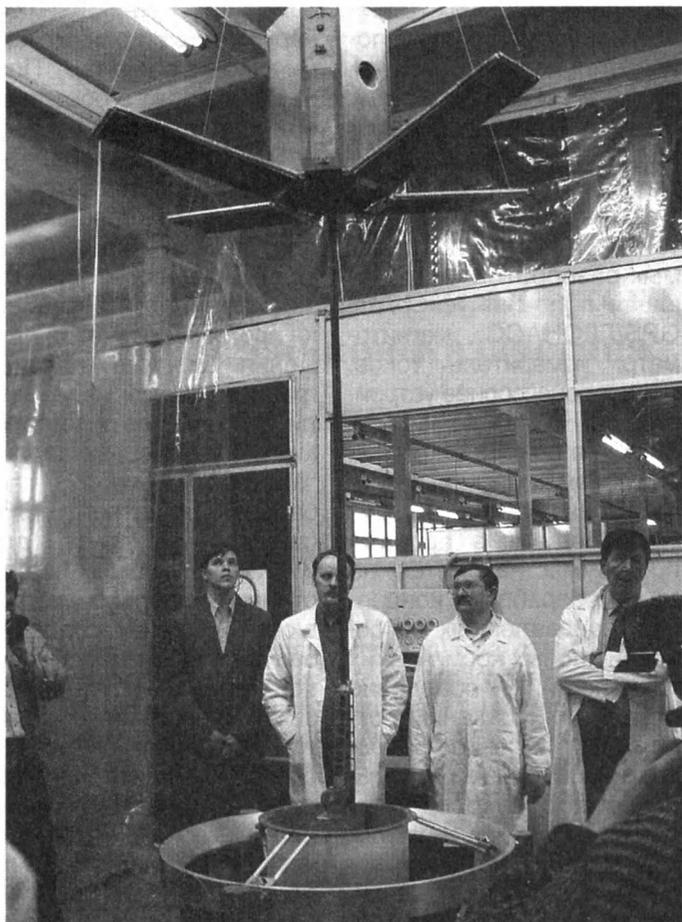
*Контрольный выброс из пускового контейнера при испытаниях "Колибри-2000". Аналогичный контейнер расположен на грузовом КК "Прогресс М1-7".*

Первый проект должен показать свою целесообразность (и даже необходимость), принципиальную возможность осуществления подобных проектов при определенных организационных и финансовых условиях. Каждый из последующих проектов программы будет реализовываться в основном за счет внебюджетных источников (предполагается участие различных фондов, необходимы вклады российских и зарубежных участников, инвестиции из федерального и регионального бюджетов).

#### ДРУГИЕ ПРОЕКТЫ МИКРОСПУТНИКОВ

Реализация проекта "Колибри-2000" ("**Микроспутник-1**") станет первым пунктом выполнения программы и послужит отправной точкой при разработке перспективных научно-технических задач для серии микроспутников.

В задачи "**Микроспутника-2**" входит получение мелко- и крупномасштабных снимков поверхности Земли в интересах изучения географии и использования в прикладных целях (экология, лесное хозяйство, ландшафтоведение и др.). Наряду со школьниками к работе по проекту "Колибри-2000" привлекаются



специально сформированные группы, в том числе международные, для изучения поверхности Земли и дешифрирования космических снимков. В комплекс аппаратуры "Микроспутника-2" включены: феррозондовый магнитометр, измеритель индуцированного электрического поля для исследования экваториальных плазменных явлений, анализатор энергичных частиц для изучения динамики радиационных поясов и приэкваториальных аномалий, мелкомасштабная телевизионная камера (цифровой фотоаппарат) с охватом съемки 500–600 км и

разрешением около 1–2 км в видимом диапазоне, крупномасштабная телевизионная камера (цифровой фотоаппарат) с охватом съемки 20–50 км и разрешением около 100–200 м в ближней инфракрасной области спектра, навигационный приемник системы GPS/ГЛОНАСС для точного определения параметров орбитального полета. Перечислим некоторые технические характеристики "Микроспутника-2". В его конструкции, близкой к устройству "Колибри-2000", улучшены массогабаритные характеристики служебных систем. Для

передачи больших объемов информации предполагается использовать частоту 2.4 ГГц. В систему ориентации и стабилизации войдут как магнитогравитационная система (идентичная "Колибри-2000"), так и система управляемых разворотов, включающая приемник системы GPS/ГЛОНАСС, магнитометр, измеритель токов, микропроцессорное устройство. ШНКУ модернизируется для приема информации объемом несколько Мегабит за сеанс связи.

Последующие проекты программы находятся на этапе разработки концепций, направленных на освоение новых космических технологий, проведение опыта по созданию отдельных элементов микроспутников силами школьников под руководством специалистов из институтов Академии наук, университетов, ведущих предприятий космической промышленности.

**"Микроспутник-3"** – усовершенствованный проект предыдущих КА. Его особенность заключена в использовании тросовой системы. Исследование ее динамики – важная научная задача – очень привлекательно для школьной образовательной программы. Задачей **"Микроспутника-4"** станет маневрирование на орбите с помощью микродвигателя. Он будет наблюдать за

большими спутниками и обнаруживать утерянные космические объекты. Проблема состоит в обеспечении длительного ресурса работы такого аппарата. На нем предполагается испытать микроволновый плазменный микродвигатель. В качестве учебной задачи видится разработка программ расчетов движения микроспутника в гравитационном поле Земли и алгоритмов перестройки орбит. Основные задачи **"Микроспутника-5"** – глобальная пакетная связь (электронная почта) для ШНКУ и школьных радиостанций, использование ее в сети Интернет; создание баз данных по космической физике, спутниковой связи, управлению полетом; развитие средств и способов мониторинга окружающей среды с трансляцией данных в Интернет. Предполагается, что перечисленные спутники будут запущены на полярную круговую и солнечно-синхронную орбиты высотой 600–1500 км и наклоном 63–90°.

Разработка комплексной программы требует нового подхода к организации и срокам проведения работ. Важнейший фактор, определяющий успех программы, – ее ориентация на негосударственное (спонсорское) финансирование. Авторы программы полагают, что удастся привлечь достаточное число участ-

ников, каждый из которых внесет посильный вклад в ее реализацию и финансирование. В рамках организации "Микроспутник" будут работать авторы и соавторы проекта, ассоциированные члены проекта (школы и другие учебные учреждения) и привлеченные спонсоры.

Создание каждого микроспутника предполагает **четыре этапа**: 1-й этап (3–4 месяца) – формирование творческого коллектива, рабочий семинар потенциальных участников; 2-й этап (4 месяца) – проектирование и отработка его отдельных узлов; 3-й этап (6 месяцев) – интеграция систем, полный цикл наземных испытаний и сертификация; 4-й этап – выведение микроспутника на орбиту, проверка его функционирования, выполнение образовательной и научно-исследовательской программ за период активного существования.

Таким образом, результаты работы над микроспутником "Колибри-2000" помогут в каждом новом проекте повысить научно-образовательный потенциал программы. Реализация всех ее пяти проектов позволит получить бесценный опыт для развития исследовательских и учебных проектов с применением самых современных космических технологий.

## Обсерватория Республиканского Дворца школьников Казахстана

В. И. ЗАГАЙНОВА,  
Заведующая отделом науки и техники  
Республиканского Дворца школьников Казахстана

---

### АСТРОНОМИЯ В ШКОЛЕ: НОВАЯ СИТУАЦИЯ

Цели и задачи школьного и внешкольного (дополнительного) образования общие. Но в ходе реформы образования, проводимой в Республике Казахстан, меняются их роль и относительное значение. В первую очередь это касается формирования астрономических знаний учащихся. Наблюдается (и не только в Казахстане) устойчивая тенденция отхода от изучения астрономии (фундаментальной науки!) как самостоятельной дисциплины и включения ее в виде отдельного небольшого раздела в школьный курс физики. **Интеграция астрономии с физикой** разрушает целостность астрономических знаний, уже сложившуюся в школе, и обязывает разрабатывать систему, объединяющую физические и астрономические знания. А это не так просто.

Пригодиться могут возможности дополнительного образования и накопленный опыт. **Поэтапное знакомство с астрономией**, которое предлагается ввести в школе, реализуется в астрономических кружках. Во Дворце школьников ученик 9–10 лет начинает знакомиться с астрономией с элементарного ориентирования по небесным светилам, а в X–XI классах уже выполняет самостоятельные работы с элементами научных исследований. Такой ход в изучении астрономии следует распространить и в школах.

Помочь могут не только профессионалы, но и любители астрономии. Эти люди, посвятившие свою жизнь развитию интереса к астрономии у детей и юношества, владеют прекрасными методиками проведения астрономических наблюдений, занятий, праздников, исследовательских работ. Они осуществляют

постоянную связь со школой, проводят семинары, консультации для учителей астрономии, читают для них курсы лекций.

Внешкольные организации располагают широким полем деятельности для отработки программ, методик, для научного поиска и эксперимента, проведения анкетирования и различных опросов. Здесь есть специалисты, а также оборудование, литература, видеофильмы, программное обеспечение по астрономии. Низкий уровень преподавания астрономии в школе – то, из-за чего ломаются копыта, – легко повысить во внешкольных организациях, которые могут стать основными помощниками школе в этом вопросе.

Есть и другие причины, по которым роль внешкольной работы в формировании у учащихся астрономических знаний в последнее время особен-

но возросла. На фоне грандиозных завоеваний человечества в космосе расцвели астрология и магия, способные подменить в сознании учащихся естественнонаучную картину мира. Именно дополнительное астрономическое образование в рамках внешкольных организаций играет основную роль в борьбе с лженауками и суевериями.

В нашей республике накоплен богатый **опыт внеклассной и внешкольной работы по астрономии**. Более 30 лет в Казахстане активно работают астрономические кружки в городах Алматы, Рудном, Актюбинске, Талдыкоргане, Ленинске, Сатпаеве, Чимкенте, Павлодаре, Кызыл-Орде. Конечно, открытие новых кружков при Дворцах школьников, станциях юных техников, школах сопряжены с трудностями в создании материальной базы и привлечении специалистов-астрономов. Но и их можно преодолеть, если есть энтузиасты, влюбленные в астрономию.

#### ДЕТСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ В АЛМАТЫ

Гордостью юных астрономов Казахстана всегда была **Обсерватория Республиканского Дворца школьников**. Наличие уникального оборудования (немецкий аппарат "Планетарий" ZKP-2, японский телескоп "Марубени" с диаметром объектива 250 мм), методической литературы, программного обеспечения, видео- и диафильмов решает проблему качественного преподавания астроно-

мии и создания системы астрономических знаний у учащихся.

У Обсерватории богатые традиции. Например, "День зимнего солнцестояния", который задумывался как праздник торжества дня над ночью, со временем приобрел и другой смысл – подведение итогов работы астрономов. С 1996 г. он стал еще и днем встречи выпускников.

Детская Обсерватория – настоящая экспериментальная площадка как для испытанных форм популяризации астрономических знаний, так и для еще не апробированных методов. Дворец школьников выступил инициатором новой формы работы со школами – проведения дневных и вечерних наблюдений, а также занятий астрономией на базе Обсерватории.

С 1986 г. Обсерватория Республиканского Дворца школьников приглашает по специальному графику все сто с лишним алматинских школ. Два часа отводится на вечерние наблюдения звездного неба в осенне-зимний период и столько же – на наблюдения Солнца весной. Это начинание вызвало живой отклик в школах. При Обсерватории открыт новый кружок – "Практическая астрономия". Постепенно выявились школы, которым уже недостаточно четырех часов наблюдений. Они захотели, чтобы профессионалы рассказали школьникам и о теоретических проблемах. За 14 лет менялись формы и мето-

ды работы, но одно оставалось неизменным – интерес школ к проведению хотя бы разовых занятий в планетарии Обсерватории РДШ и с телескопом.

За эти годы окончательно определились темы, которые привлекали школьников, были им интересны. На первый взгляд в обсерватории РДШ предлагались для рассмотрения те же темы, что и в школе. Весь вопрос был в том, как они преподносились.

#### ИЗ ОПЫТА ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

С целью выявления общих подходов в астрономическом образовании учащихся, было проведено анкетирование среди учителей школ. Ситуацию с преподаванием астрономии в школах можно охарактеризовать следующим образом:

- не преподают астрономию вообще (заменяют ее другими предметами), но в Алматы таких школ немного и данные об этом не афишируются;

- преподают астрономию на среднем уровне (астрономию ведет физик или другой предметник, школа заказывает одно наблюдательное занятие на телескопе или знакомство со звездным небом в Планетарии). По данным разосланных нами анкет, таких школ около 60%;

- преподавание астрономии на хорошем уровне (астрономию ведет специалист-астроном или физик, получивший астрономическую подготовку). Как правило, именно эти школы

заказывают полный курс астрономии в Обсерватории или, по крайней мере, лекции на темы, по которым нет возможности провести квалифицированные уроки. (Школы №№ 133, 60, 17, 28 и другие);

– преподавание астрономии на высоком уровне (школы с астрономическим или физическим профилем обучения, например, Лицей космического природоведения, Школа-гимназия № 38 и некоторые другие).

Более половины учителей предпочитают такие формы работы со школьниками, как лекции, устные ответы на вопросы, реферативные сообщения. Причем последние наиболее популярны. Вероятно, учителю легче поправить ученика, чем подготовить материал, иногда не очень понятный ему самому. Но в результате у учащихся может сложиться впечатление, что изучение астрономии состоит из написания реферативных докладов и решения задач.

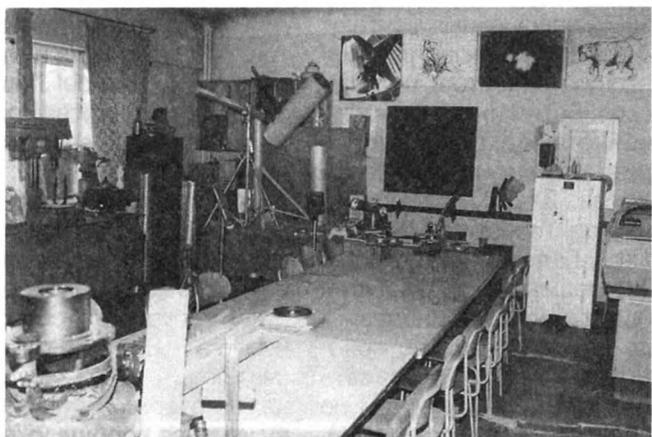
Уроки астрономии в школе в основном проводят учителя физики (70%). Трудность преподавания учителя видят в отсутствии астрономического оборудования и приборов (90%), литературы и методических рекомендаций (70%), программного обеспечения по астрономии и компьютеров (95%), видеофильмов по астрономии и видеоаппаратуры (95%) и только 30% – в отсутствии специалиста по астрономии. Особенно сложными для преподавания оказались следующие разделы:



*На занятиях кружка «Астроклуб "Плеяды"» при Обсерватории Республиканского Дворца школьников Казахстана. Занятия ведет автор статьи.*



*Класс для теоретических занятий. Элемент "Слепая карта звездного неба". С ребятами занимаются выпускники Обсерватории, а ныне ее сотрудники Л.Ю. Съедина и Т.В. Пляскина.*



*Лаборатория телескопостроения при Обсерватории Республиканского Дворца школьников Казахстана.*

элементы сферической астрономии (85%), вопросы космологии (75%), наблюдение небесных объектов (80%), а также решение задач (70%). Пути улучшения преподавания астрономии учителя видят в применении равноуровневых программ (80%), переносе преподавания курса астрономии в IX или X класс (70%), в приглашении в школу специалиста-астронома для чтения курса астрономии (до 50%). Предложение РДШ изучать курс астрономии (с аттестацией) в базовых центрах (обсерваториях, планетариях, хорошо оснащенных астрономическим оборудованием школах) поддерживают более 30% учителей. Астрономию в школе преподают в основном по учебнику Е.П. Левитана (65%).

Приводим анализ анкетирования учащихся XI кл., проведенного в Обсерватории Дворца школьников на занятиях по астрономии.

Прежде всего выяснилось, что **наблюдения вызывают у учащихся стойкий интерес**. Практически 100% опрошенных мечтают о наблюдениях астрономических объектов в телескоп. Детям интересны **изучение звезд, планет, история астрономии и космологии** (40–50%). Совершенно неинтересно подавляющему большинству учащихся решение задач. Они практически единодушны во мнении, что астрономии следует преподавать в школе (90%), причем не позднее X класса (40%). Почти все ученики, регулярно посещающие Обсер-

ваторию (95%), сошлись во мнении, что изучение астрономии на базе Обсерватории Республиканского Дворца школьников полезно и интересно.

#### КАК РАЗВИВАТЬ ИНТЕРЕС К АСТРОНОМИИ

Исходя из анализа анкет и опыта работы со школами, была построена **программа “Практическая астрономия”** в помощь изучающим астрономию в школе. Она способствует переходу от уроков в школе к обучению в высших учебных заведениях.

Занятие (длительность – два академических часа) разбивается на три части:

– теоретическая часть (лекции с обязательным резюме о последних достижениях в этой области);

– закрепление теории (просмотр видеофильмов);

– практическая часть (наблюдения Солнца, звездного неба, практические занятия в Планетарии и т.д.).

Не было ежедневного опроса по пройденной теме, это время отводилось для ответов на вопросы детей. Ведь их всегда интересует очень многое! Лишь в завершение курса проводилось тестирование знаний кружковцев.

Занятия со старшеклассниками начинаются не так, как в школе. Когда школьники приходят в первый раз, их обуревают сложные чувства. Во-первых, они считают, что всё уже знают; во-вторых, большинство учиться вообще уже надоело; в-третьих, в этом возрасте у них болезнен-

ное самолюбие; в-четвертых (и это самое главное), астрономия для них – “терра инкогнита”, и им хотелось бы кое-что о ней узнать, если это будет интересно. И вот здесь важно не упустить этот шанс. Первые два-три занятия строятся таким образом, чтобы полностью завладеть вниманием детей, удивить их, показать, как захватывающе интересна Вселенная с ее масштабами и происходящими в ней процессами.

**Первое занятие – знакомство со звездным небом** в Планетарии. Большинство детей здесь впервые. Тем не менее необходимо, по крайней мере каждые десять минут, подогревать их интерес. Занятие проходит следующим образом.

1. Садится Солнце, наступает ночь. Звучат стихи о звездном небе, ведущий рассказывает мифы и легенды, связанные с созвездиями Большой Медведицы, Орла, Лебедя, Лиры. (Внимание начинает ослабевать.) Приводят в движение звездное небо для перехода к новой группе созвездий. Ребята приходят в полное восхищение от увиденного.

2. Лектор обращается к другим созвездиям, расположенным вблизи Кассиопеи и Ориона. Внимание опять начинает ослабевать. Чтобы избежать этого, лектор вызывает желающих показать световой указкой уже изученные созвездия, а потом детям сообщается о происхождении слова “каникулы”.

3. Говоря о зодиакальных созвездиях, которые всех интересуют, уместно сказать о возникновении астрологии и наносимом ею вреде. Прошло более половины занятия. Чувствуется общая усталость, необходимо чем-то особенным заинтересовать детей.

4. Мы это делаем, переходя к рассказу о планетах, которые, как известно, всегда наблюдаются вблизи эклиптики. Следующие десять минут дети с интересом смотрят на свод планетария и слушают рассказ о планетах. Они узнают, что у планет-гигантов нет твердой поверхности; если бы нашелся такой океан, в который можно поместить Сатурн, то он там плавал бы из-за своей малой средней плотности; условия на Венере напоминают ад и т.д.

5. И в заключение – прогулки по звездному небу. Показываются слайды на тему мифов и легенд о созвездиях.

Во время лекции звучит органная музыка, на заключительном этапе начинают петь птицы, наступает рассвет.

После такого занятия дети с удовольствием приходят на следующее. Важно удержать их внимание на таком же захватывающем уровне, по крайней мере, еще пару занятий. Необходимо умело использовать все аудиовизуальные средства обучения: (слайды, видеофильмы) и постараться проводить наблюдения с телескопом.

Не следует углубляться в специальные вопросы



*Традиционный праздник юных астрономов "День зимнего солнцестояния".*



*Праздник "День зимнего солнцестояния". Сценка "Телец защищает сестер Плеяд от нападающего Ориона".*



*Наблюдения на телескопе Обсерватории Республиканского Дворца школьников Казахстана (фирма "Марубени", Япония, диаметр зеркала 25 см).*

и не надо пугать терминами (например, синодические и сидерические периоды).

Не надо стараться поражать детей глубиной своих знаний, лучше вовлечь их в диалог и в каждой теме найти изюминку, заставить взглянуть на мир новыми глазами.

Мы стараемся рассказывать интересные факты из биографий великих астрономов.

После трех вводных занятий дети с удовольствием прослушают курс из 17 двухчасовых лекций, охотно вступают в дискуссии, задают массу вопросов. Их как бы «порывает» за все годы, когда они хотели, но не могли узнать об астрономии.

#### ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ

Проследим эволюцию эксперимента со школами. В 1986 г. Обсерватория предлагала всего четыре часа наблюдений, в 1987 г. к ним добавились семь лекционных занятий, в 1990 г. предлагалась тематика из 16 лекционных занятий, а с 1995 г. – 17 занятий по школьной программе с наблюдениями Солнца и звездного неба.

В сентябре составляется график посещения Обсерватории на год. В конце учебного года подводится итог: количество школ, классов и учащихся, побывавших на Обсерватории.

Спад активности в зимние и летние месяцы легко объяснить. Зимой многие болеют, а летом в Обсерваторию приходят не организованные группы, а

отдельные посетители. Хорошая посещаемость осенью вызвана тем, что в это время рано наступает темнота, и в Обсерватории проводятся массовые наблюдения звездного неба. Весной, с приближением выпускных экзаменов, старшеклассники стараются получить знания по астрономии для хорошей оценки в аттестате.

Эксперимент, начатый 15 лет назад, успешно продолжается. От него в выигрыше все: школы снимают с себя заботу о квалифици-

рованном преподавании предмета и поисках дорогостоящего и редкого оборудования, ученики узнают много интересного для себя. Лекторы Обсерватории РДШ общаются с детьми (популяризация астрономии – их главная задача).

Астрономия всегда привлекала необычностью происходящих в космосе событий, грандиозностью открытий во Вселенной. Когда об этом рассказывают детям квалифицированные астрономы с применением современной аппара-

Таблица 1

**Посещаемость Обсерватории школьниками г. Алматы и области в 1985–1999 гг.**

Годы	Количество учащихся	Количество школ
1985	500	10
1986	1000	20
1987	1300	30
1988	1700	30
1989	2000	40
1990	2100	45
1991	2300	45
1992	2500	45
1993	2800	45
1994	3000	50
1995	3800	60
1996	5000	70
1997	8000	80
1998	9000	90
1999	12000	100
Сейчас Обсерваторию ежегодно посещают 12–13 тыс. человек.		

Таблица 2

**Посещаемость Обсерватории школьниками г. Алматы и области по месяцам**

Январь–февраль	Март	Апрель	Май	Июнь–август	Сентябрь–ноябрь	Декабрь
800	1200	1100	800	600	1200	1000

туры, эффект очень большой. Ведь недаром даже в Лондоне можно встретить очереди только в нескольких местах, и одно из них – лондонский Планетарий. Очень немногие планетарии на всей территории бывшего СНГ могут похвастаться такой посещаемостью, как алма-атинский.

Многoletнее общение с ребятами на занятиях астрономического кружка и на занятиях с 11-классниками на базе Обсерватории позволило автору сделать следующие выводы.

Астрономия должна преподаваться не позднее чем в VIII–IX классах средней школы. Мы обосновываем это следующим:

– общее образование дети получают до X класса;

– многие ученики после окончания IX класса уходят из школы. Одни – получать среднее специальное образование, другие – работать. Примерно с 15 лет школьники начинают думать о выборе специальности и стараются изучать те предметы, которые им понадобятся в будущем. Поэтому в школах проводится разделение на биологические, математические и другие направления. Некоторые ученики уходят в специализированные школы и гимназии;

– наибольший пик интереса к астрономии у ребят 12–15 лет. Они уже способны осознанно воспринимать и обсуждать про-

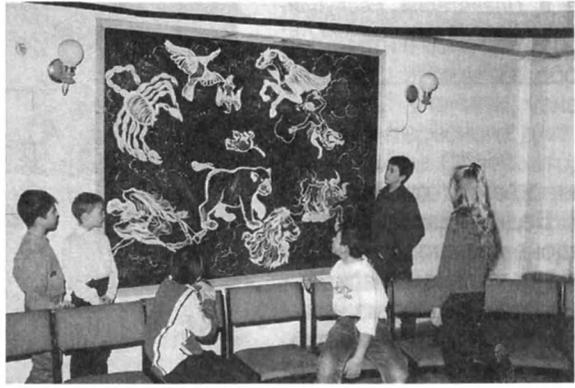


блемы окружающего мира и их интерес к познанию особенно велик. В этом возрасте еще жива жажда нового и уже есть начальные знания, необходимые для того, чтобы понять фундаментальную науку – астрономию.

#### ЕЩЕ РАЗ О МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ АСТРОНОМИИ

Вопросы астрономии, включенные в физику, необходимо рассматривать

в тесном взаимодействии с освещением астрономии в учебных программах. К сожалению, как уже отмечалось, это уже не самостоятельный курс астрономии. А ведь именно последний должен стать курсом, завершающим не только (и не столько!) физико-математическое образование учащихся, но и их философское и экологическое образование, нравственное и эстетическое воспитание. Это неоднократно и аргументированно обосно-



вывалось в ряде работ Е.П. Левитана.

Особая проблема – решение задач по астрономии на уроках и дома. Надо сказать, что это убивает интерес учеников к астрономии. Лучше решать задачи на уроках физики и математики, наполняя их астрономическим содержанием. Таких задач существует множество. Так, например, зная о свойствах прилежащих углов к параллельным прямым, Эратосфен еще в III в. до н.э. определил размеры Земли, а Аристарх Самосский, применяя правила прямоугольного треугольника, – относительные расстояния до Луны и Солнца.

Школьникам будет полезно и интересно узнать, что именно из астрономии пришло в математику деление окружности на  $360^\circ$  (один шаг по небу Солнца или Луны); что по наблюдениям спутников Юпитера впервые определили скорость света; что при наблюдениях солнечного затмения можно получить подтверждение общей теории относительности; почему месяц делится на 4 недели по 7 дней; поче-

му в сутках 24 часа и многое-многое другое.

Возьмите любую тему в астрономии – будь то история астрономии, освоение космического пространства, планеты, галактики, – всегда можно найти связь с какой-то другой наукой: философией, математикой, химией, физикой. Именно на стыке наук делаются величайшие открытия. Объяснять детям суть наблюдаемых явлений, научить их познавать необъятное, показать величие человека, проникшего взглядом в глубины Вселенной на миллиарды световых лет, убедить, что Вселенную можно использовать как огромную физическую лабораторию, – вот что важно сделать, преподавая астрономию.

На практике преподавание астрономии нередко удачно сводится к проведению нескольких двухчасовых занятий астрономом-специалистом.

Астронома-профессионала или просто энтузиаста-любителя астрономии можно найти в любом городе. Не надо сбрасывать со счетов и учителей фи-

*Элементы оформления Планетария Республиканского Дворца школьников Казахстана.*

зики или математики, увлеченных астрономией, знающих и любящих ее. Таких тоже найдется немало. Как правило, у них есть простейшие астрономические приборы и школьные телескопы, много специальной литературы, диафильмов, видеофильмов. Они следят за новостями астрономии, широко используя журнал “Земля и Вселенная”.

Такой подход к организации преподавания астрономии имеет, по нашему мнению, тройную пользу: школам не приходится заменять уроки астрономии другими предметами, дети, по существу, из первых рук узнают об одной из интереснейших наук, и, наконец, квалифицированный преподаватель астрономии будет обеспечен стабильным заработком.

Предстоит создать национальные учебники, которые должны быть ориентированы на новые разноразличные программы: для

обычных школ, физико-математических, с естественно-научным уклоном в изучении предметов, с гуманитарным уклоном и т.д. Сделать это будет нелегко.

Возможно все-таки придеться в качестве соавто-

ров приглашать авторов самых лучших российских учебников.

Кроме того, учителям в их работе понадобятся различные методические рекомендации и инструкции к проведению уроков,

внеклассных занятий, астрономических наблюдений и т.д. Надеюсь, что в этом пригодится наш многолетний опыт, накопленный за годы работы в Республиканском Дворце школьников Казахстана.

---

## Информация

---

### Что такое планета?

Вопрос, поставленный в заголовке, показался бы странным всего несколько лет назад. Действительно, этому слову насчитывается уже около 3 тыс. лет, и уже в древнегреческом языке оно означало “блуждающая” или “бродячая”, что отличало такие подвижные небесные тела от “неподвижных” звезд. Между прочим этимологически слово “планета” родственно глаголу “планировать”. Во всех западноевропейских языках оно употребляется, по крайней мере, с XIII в.

Мы привыкли к тому, что полным правом так называться обладают планеты Солнечной системы – Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон, хотя недавно относительно последнего и была предпринята попытка “разжаловать” его в астероиды. Но вот в конце 90-х гг. одна за другой были открыты планеты вне Солнечной системы, и ныне их количество уже перевалило за полсотни. В отношении большинства из них термин “планета” тоже, несомненно, применим, разве что для точности следует добавлять – “находящаяся вне Солнечной системы” – или указывать, в каком созвездии находится звезда, вокруг которой обращается эта планета.

Другое дело, когда речь идет о “гибриде”. Так, недавно астрономы, руководимые Марией-Розой Сапато Осорио из Калифорнийского технологического института в Пасадене (США) сообщили об открытии холодных (как планеты) объектов в молодых звездных скоплениях созвездий Ориона и Персея. Открытые ими объекты назвали планетами не только из-за низкой тем-

пературы, но и потому, что их массы всего в 5–10 раз превышают массу “нашего” Юпитера (а у звезд они обычно бывают намного больше). С другой стороны, все известные доселе планеты обращаются вокруг своих звезд. Новые объекты существуют, очевидно, независимо.

Учитывая все эти странности, другие астрономы стали осторожно называть “новичков” по-разному – “объекты с планетарной массой”, “изолированные планеты-гиганты”, “свободно плавающие”, “суперпланеты”. Обилие предлагаемых названий отражает различные воззрения на процессы образования и эволюции Вселенной.

Вот, например, группа специалистов, возглавляемая М. МакКогрином из Астрофизического института в Потсдаме (Германия) и включающая еще семерых его коллег из Великобритании, США и Австралии, настаивают, чтобы новооткрытые тела впредь именовались “коричневыми карликами низкой массы”.

Напомним, что известные науке коричневые карлики – это как бы “несостоявшиеся” звезды. Их масса обычно не превышает 7.2% массы Солнца. Поэтому давление и температура в центре такого тела оказываются недостаточными, чтобы там начался процесс синтеза атомных ядер. Едва начав светиться, такие объекты быстро теряют яркость всего за какие-то десятки миллионов лет.

При еще меньших массах, например ниже 1.3 солнечной (а это, все же, равно приблизительно 13 Юпитерам!), дейтерий (тяжелый изотоп водорода, составляющий немалую часть звездного вещества), “решительно отказывается” синтезироваться. Поэтому именно такую массу предлагают считать пограничной между массами коричневых карликов и планет... Но нельзя забывать, что горение дейтерия – относительно второстепенный процесс в

эволюции небесного тела. Оно может задержать его охлаждение на несколько миллионов лет сразу после рождения. Так что разграничивать коричневые карлики и планеты только по этому признаку, пожалуй, не стоит.

Тем не менее терминологически выделять тела с массами ниже 1.3% солнечной необходимо. Однако М. МакКогрин с коллегами считают, что называть их планетами – это ошибка. Ведь наука живет не в вакууме, а в общей культурной среде, и слово “планета” употребляется уже тысячелетия. Сегодня термин “планета” обычно означает небесное тело малой массы, обращающееся вокруг значительно более массивного “родительского” объекта (звезды).

А те, что обнаружены теперь в созвездиях Ориона и Персея, напроць изолированы и, по всей видимости, были порождены коллапсом (обрушением) и раздроблением ядра некоего молекулярного космического облака, – т.е. так же, как возникают обычные звезды и коричневые карлики. Называть “новичков” планетами – это значит, предполагать, что некогда целые “рои Юпитеров” внезапно оторвались от своих “родительских” звезд, а такая гипотеза сейчас уже практически никем не поддерживается.

Все это и привело единомышленников МакКогрина к идее называть непривычные пока объекты “коричневыми карликами малой массы”. Если же кто-то сочтет этот термин громоздким или будет настаивать на определении, основанном лишь на массе тела, то можно ввести новый – “серые карлики”. Так мы избавимся от путаницы при упоминании их наряду с давно знакомыми планетами-гигантами нашей Солнечной системы...

Science, 2001, 291, 1487

## НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ:

май–июнь 2002 г.

### ЗАТМЕНИЯ

В мае–июне 2002 г. произойдут **три затмения**: одно **солнечное** кольцеобразное (10/11 июня) и **два полутеневых лунных** (26 мая и 24 июня). Полоса наибольшей фазы солнечного затмения пройдет по Тихому океану от о-ва Сулавеси и Моллукских о-вов Индонезии до тихоокеанского побережья Мексики. Частные фазы будут видны на российском Дальнем Востоке. Наилучшие условия для наблюдений будут в Южно-Курильске ( $\Phi = 0.369$  в  $23^{\circ}00^{\text{м}}$  УТ) и Петропавловске-Камчатском ( $\Phi = 0.318$  в  $23^{\circ}27.5^{\text{м}}$  УТ).

Во Владивостоке фаза частного затмения достигнет 0.228, в Южно-Сахалинске – 0.280.

Полутеневое лунное затмение **26 мая** будет видно на Дальнем Востоке России, **24 июня** – в Европейской части России и на юго-западе Сибири. Напомним, что зрительно оно будет выражаться только в небольшом потемнении части лунного диска, почти незаметном для невооруженного глаза, но вполне определяемом на фотографиях Луны.

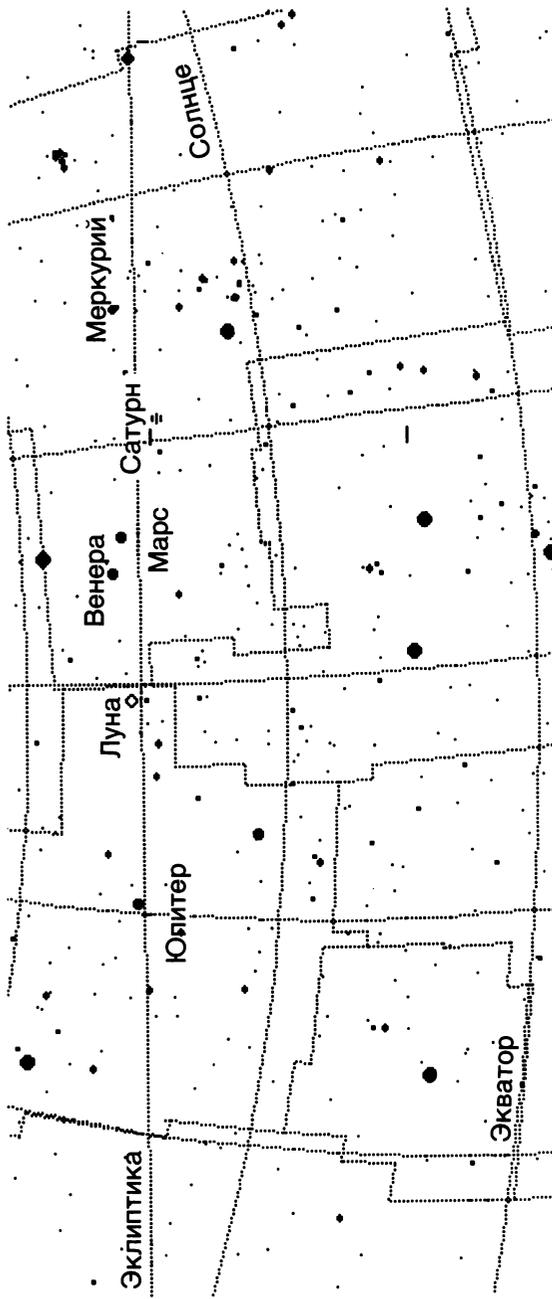
Таблица I

### ЛУННЫЕ ЗАТМЕНИЯ

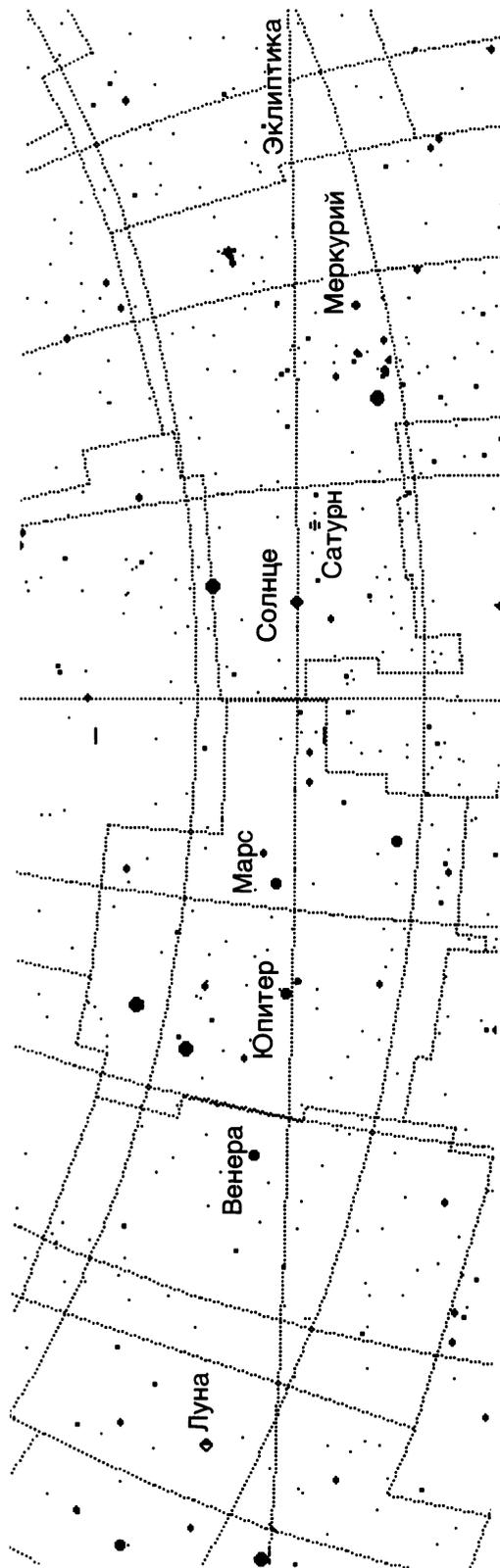
Обстоятельства затмения	26 мая 2002 г.	24 июня 2002 г.
Вступление Луны в полутень	$10^{\circ} 12^{\text{м}} 43^{\text{с}}$	$20^{\circ} 18^{\text{м}} 28^{\text{с}}$
Момент наибольшей фазы	$12^{\circ} 03^{\text{м}} 20^{\text{с}}$	$21^{\circ} 27^{\text{м}} 07^{\text{с}}$
Выход Луны из полутени	$13^{\circ} 53^{\text{м}} 49^{\text{с}}$	$22^{\circ} 35^{\text{м}} 28^{\text{с}}$
Наибольшая фаза	0.716	0.236
Угловой радиус Луны	16.1'	15.7'
Угловой радиус земной тени	44.5'	42.9'
Угловой радиус полутени	76.7'	75.0'

## АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В МАЕ–ИЮНЕ 2002 г.

Дата	Время UT	Явление
Май 4	4 <sup>ч</sup>	Меркурий в наибольшей восточной элонгации, 21°
Май 4	7 <sup>ч</sup> 16 <sup>м</sup>	<b>Луна в последней четверти</b>
Май 6	4 <sup>ч</sup>	Максимум метеорного потока $\eta$ -Аквариды
Май 7	18 <sup>ч</sup>	Венера на 2° севернее Сатурна
Май 7	19 <sup>ч</sup> 14 <sup>м</sup>	Луна в апогее (405 483 км)
Май 10	21 <sup>ч</sup>	Венера на 0.3° севернее Марса
Май 12	10 <sup>ч</sup> 46 <sup>м</sup>	<b>Новолуние</b>
Май 13	14 <sup>ч</sup>	Нептун: стояние, переход от прямого движения к попятному
Май 14	8 <sup>ч</sup>	Луна на 1° к северу от Сатурна
Май 14	19 <sup>ч</sup>	Луна на 1° к югу от Марса
Май 14	23 <sup>ч</sup>	Луна на 1° к югу от Венеры
Май 16	5 <sup>ч</sup>	Меркурий: стояние, переход от прямого движения к попятному
Май 16	12 <sup>ч</sup>	Луна на 2° к северу от Юпитера
Май 19	19 <sup>ч</sup> 42 <sup>м</sup>	<b>Луна в первой четверти</b>
Май 23	15 <sup>ч</sup> 32 <sup>м</sup>	Луна в перигее (364 985 км)
Май 26	11 <sup>ч</sup> 51 <sup>м</sup>	<b>Полнолуние</b>
Май 26	12 <sup>ч</sup> 03 <sup>м</sup> 20 <sup>с</sup>	Полутеневое лунное затмение
Май 27	7 <sup>ч</sup>	Меркурий в нижнем соединении
Май 27	9 <sup>ч</sup> 39 <sup>м</sup>	Луна в нисходящем узле
Июнь 3	0 <sup>ч</sup> 05 <sup>м</sup>	<b>Луна в последней четверти</b>
Июнь 3	7 <sup>ч</sup>	Уран: стояние, переход от прямого движения к попятному
Июнь 3	18 <sup>ч</sup>	Венера на 2° севернее Юпитера
Июнь 4	12 <sup>ч</sup> 57 <sup>м</sup>	Луна в апогее (404 522 км)
Июнь 8	11 <sup>ч</sup>	Меркурий: стояние, переход от попятного движения к прямому
Июнь 9	11 <sup>ч</sup>	Сатурн в соединении с Солнцем
Июнь 10	20 <sup>ч</sup> 00 <sup>м</sup>	Луна в восходящем узле
Июнь 10/11	20 <sup>ч</sup> 34 <sup>м</sup> –2 <sup>ч</sup> 37 <sup>м</sup>	Кольцеобразное <b>солнечное затмение</b> ( $\Phi = 0.997$ )
Июнь 10	23 <sup>ч</sup> 46 <sup>м</sup>	<b>Новолуние</b>
Июнь 13	4 <sup>ч</sup>	Луна на 2° к северу от Юпитера
Июнь 13	21 <sup>ч</sup>	Луна на 1° к северу от Венеры
Июнь 18	0 <sup>ч</sup> 29 <sup>м</sup>	<b>Луна в первой четверти</b>
Июнь 19	7 <sup>ч</sup> 30 <sup>м</sup>	Луна в перигее (369 309 км)
Июнь 21	13 <sup>ч</sup> 24 <sup>м</sup>	<b>Летнее солнцестояние</b>
Июнь 21	14 <sup>ч</sup>	Меркурий в наибольшей западной элонгации, 23°
Июнь 23	18 <sup>ч</sup> 39 <sup>м</sup>	Луна в нисходящем узле
Июнь 24	21 <sup>ч</sup> 27 <sup>м</sup> 07 <sup>с</sup>	Полутеневое лунное затмение
Июнь 24	21 <sup>ч</sup> 42 <sup>м</sup>	<b>Полнолуние</b>



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



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

### КООРДИНАТЫ И УСЛОВИЯ ВИДИМОСТИ ПЛАНЕТ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Видимый диаметр	Блеск	Восход	Заход
					( $\lambda = 0^h \quad \varphi = 56^\circ$ )	
<b>Меркурий</b>						
Май 1	3 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 34.5 <sup>s</sup>	22°51'37"	7.3"	0.0 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup>
11	4 27 52.6	23 57 05	9.5	–	4 22	22 01
21	4 29 01.8	21 49 42	11.6	–	4 04	20 59
31	4 09 21.6	18 12 35	12.1	–	3 34	19 31
Июнь 10	4 00 42.4	16 24 12	10.6	–	2 59	18 34
20	4 19 43.0	17 44 43	8.4	0.7	2 29	18 27
<b>Венера</b>						
Май 1	4 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 31.8 <sup>s</sup>	22°07'46"	11.3"	–3.9 <sup>m</sup>	5 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup>
11	5 09 31.2	24 07 20	11.7	–3.9	5 03	22 50
21	6 02 19.5	24 58 58	12.2	–4.0	5 08	23 11
31	6 54 56.0	24 39 35	12.8	–4.0	5 24	23 20
Июнь 10	7 46 19.9	23 11 16	13.4	–4.0	5 51	23 16
20	8 35 41.8	20 40 41	14.2	–4.0	6 23	23 03
<b>Марс</b>						
Май 1	4 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 14.5 <sup>s</sup>	23°00'18"	4.0"	1.6 <sup>m</sup>	5 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup>
11	5 09 14.1	23 48 52	3.9	1.7	5 05	22 44
21	5 38 17.6	24 17 05	3.8	1.7	4 50	22 38
31	6 07 15.7	24 24 51	3.8	1.7	4 39	22 28
Июнь 10	6 36 01.4	24 12 31	3.7	1.7	4 30	22 15
20	7 04 27.1	23 40 44	3.6	1.7	4 24	21 59
<b>Юпитер</b>						
Май 1	6 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 36.6 <sup>s</sup>	23°12'01"	35.0"	–2.0 <sup>m</sup>	7 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	24 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>
11	6 54 52.2	23 03 52	34.2	–2.0	6 57	24 19
21	7 02 45.7	22 53 31	33.4	–1.9	6 27	23 46
31	7 11 09.5	22 40 51	32.9	–1.9	5 58	23 14
Июнь 10	7 19 57.1	22 25 46	32.4	–1.9	5 30	22 41
20	7 29 02.6	22 08 15	32.0	–1.9	5 02	22 08
<b>Сатурн</b>						
Май 1	4 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 09.6 <sup>s</sup>	21°04'15"	16.8"	0.1 <sup>m</sup>	5 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup>	22 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>
11	4 54 14.0	21 13 59	16.7	0.1	5 13	22 03
21	4 59 32.7	21 23 15	16.6	0.1	4 38	21 30
31	5 05 00.8	21 31 50	16.5	0.0	4 03	20 58
Июнь 10	5 10 34.0	21 39 38	16.5	0.0	3 28	20 25
20	5 16 07.6	21 46 31	16.5	0.0	2 53	19 52

Примечание: В таблицах III, IV прямое восхождение и склонение даются на 0<sup>h</sup> UT, время восхода и захода светил указано в UT.

## ЧТО МОЖНО УВИДЕТЬ

В мае – июне будут хорошие условия для наблюдений **шаровых скоплений** М 13 (созвездие Геркулеса), М 15 (Пегас), М 3 (Гончие Псы), М 5 (Змея), **рассеянных звездных скоплений** М 11 (Щит), М 39 (Лебедь),  $\eta$  и  $\chi$  Персея. Светлые ночи июня препятствуют наблюдениям диффузных объектов, поэтому в июне их можно

будет наблюдать только вблизи полуночи (в мае – почти всю ночь). Это **планетарные туманности** М 27 (Лисичка) и М 57 (Лири), **диффузные туманности** М 8 и М 17 – в Стрельце, М 16 в Змее, а также **галактики** М 81 и М 82 – в Большой Медведице, М 51 и М 94 – в Гончих Псах, М 87 и М 104 – в Деве.

Таблица IV

### СОЛНЦЕ

Дата	Прямое восхождение	Склонение	Восход	Заход	Восход	Заход
			$(\lambda = 0^h \ \varphi = 50^\circ)$		$(\lambda = 0^h \ \varphi = 56^\circ)$	
Май 1	2 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 07.88 <sup>s</sup>	14°57'20.2"	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup>	19 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup>	4 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup>	19 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup>
11	3 10 46.91	17 46 38.9	4 20	19 33	3 55	19 59
21	3 50 21.58	20 06 14.1	4 07	19 47	3 37	20 17
31	4 30 48.67	21 51 26.7	3 57	19 59	3 23	20 33
Июнь 10	5 11 58.19	22 58 48.8	3 51	20 08	3 15	20 44
20	5 53 31.01	23 25 52.2	3 50	20 13	3 13	20 50

Пример: вычислить время восхода Солнца в Туле ( $\varphi = 54^\circ 12'$ ,  $\lambda = 2^\circ 30.3''$ ) 4 мая 2002 г. Начнем с интерполяции на дату. На широте  $50^\circ$  восход Солнца в этот день произойдет в  $4^h 37^m + 0.3 \times (4^h 20^m - 4^h 37^m) = 4^h 32^m$ . Аналогично найдем для широты  $56^\circ$ : время восхода –  $4^h 10.4^m$ . Теперь интерполируем по широте:  $4^h 32^m + 0.7 \times (4^h 10.4^m - 4^h 32^m) \approx 4^h 17^m$  UT. Приведем к поясному времени:  $4^h 17^m + 4^h - 2^\circ 30.3'' \approx 5^h 47^m$ .

### ИНФОРМАЦИЯ О ПЛАНЕТАХ, ВИДИМЫХ В МАЕ–ИЮНЕ 2002 г.

Из планет можно будет наблюдать по вечерам **Меркурий** (в начале мая) и **Венеру**, в созвездии Тельца. Вечерняя видимость **Марса** и **Юпитера** постепенно сокращается. Марс переместится из созвездия Тельца в созвездие Близнецов, Юпитер и **Сатурн** будут в Близнецах. Вечерняя видимость Сатурна заканчивается в начале мая.

## МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

Название потока	Созвездие	Радиянт		V, км/с	Часовое число	Даты видимости
		$\alpha$	$\delta$			
$\eta$ -Аквариды	Водолей	22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	-1°	-	-	19.04–28.05
Сагиттариды	Стрелец	16 28	-22	30	5	15.04–15.07
Писциды	Рыбы	0 48	19	-	-	6–10.05
Офиухиды	Змееносец	18 00	-23	-	20	14.05–2.07
Боотиды	Волопас	14 56	48	18	-	26.06–2.07

В.А. ЮРЕВИЧ

## Информация

## Звездная корона

Во время полного солнечного затмения вокруг Солнца видна ярко светящаяся солнечная корона. В 1869 г. была обнаружена слабая эмиссионная линия в зеленом участке ее спектра, которую первоначально не смогли отождествить с линиями известных химических элементов. Пришлось приписать ее новому элементу, который назвали коронием. Позже обнаружили еще несколько корональных линий.

Только через 70 лет удалось доказать, что источником двух линий служат атомы железа, потерявшие почти половину из своих 26 электронов. А к 1941 г. были опознаны все корональные линии: они принадлежали высоко ионизированным атомам различных химических элементов. Но, чтобы ионизировать атомы до такой степени, нужна температура выше  $10^6$  К. Между тем температура поверхности Солнца не превышает  $6 \times 10^3$  К. Ученые потратили много усилий, чтобы обосновать механизмы передачи энергии в атмосфере Солнца, приводящие к нагреву короны, но полной ясности нет до сих пор.

Газ, нагретый до миллиона градусов, сильно излучает в рентгеновском диапазоне. Данное излучение обнаружили при первых же запус-

ках рентгеновских детекторов за пределы атмосферы в 1949 г. Но Солнце – рядовая звезда Галактики, и можно ожидать, что коронами, подобными солнечной, обладают и другие звезды. Впервые такие сведения получили в 1975 г., когда рентгеновское излучение было зарегистрировано от Капеллы,  $\alpha$  Возничего. Причем произошло это случайно: яркую звезду Капеллу выбрали в качестве гидрируемой при переходах от одного объекта наблюдений к другому. Неожиданно для исследователей Капелла оказалась очень сильным источником рентгеновского излучения – в 1000 раз более мощным, чем Солнце. Позже искусственные спутники, оборудованные рентгеновскими телескопами, обнаружили рентгеновскую эмиссию у десятков тысяч звезд, окончательно доказав, что звездные короны – обычное явление в мире звезд.

А нельзя ли увидеть звездные короны в обычных оптических лучах, в тех же самых солнечных “корональных” линиях, что и у Солнца? Проблема в том, что здесь невозможно освободиться от яркого излучения звездной поверхности, как это мы делаем в случае с Солнцем. Остаётся надеяться, что применение больших телескопов и чувствительных детекторов света поможет выявить корональные линии среди множества линий, излучаемых поверхностью звезд. Группа немецких астрономов из Гамбурга, возглавляемая Юргеном Шмиттом, использовала для этой цели спектрограф УВЭС (UVES – Ultraviolet-Visual Echelle Spectrograph), установленный

на втором 8.2-м зеркале (Кьюйен) Очень Большого Телескопа (ОБТ) Европейской Южной Обсерватории.

Телескоп направили на звезду CN Leo (переменная звезда CN Льва), находящуюся очень близко (в астрономических масштабах, конечно) от Солнца – на расстоянии 8 св. лет. CN Leo – красный карлик спектрального класса M 5.5. Он также сильный источник рентгеновского излучения.

В зафиксированном на УВЭС спектре звезды действительно была обнаружена линия с длиной волны 338.81 нм (ультрафиолетовый участок спектра), принадлежащая двенадцатикратно ионизованному железу. От расположенной рядом линии однократно ионизованного титана она отличалась большей шириной. Это явно указывало на то, что линии возникают при разных температурах: первая – при очень высокой температуре звездной короны, вторая – при “низкой” температуре в хромосфере звезды.

Итак, доказано, что можно наблюдать звездные короны с помощью наземных телескопов. Это, в первых, намного дешевле, чем из космоса, а во-вторых, открывает возможность мониторинга, т.е. постоянного наблюдения звездных корон. Вероятно, удастся установить, существуют ли у других звезд циклы активности, подобные солнечному 11-летию циклу.

ESO Press Release 17/01  
1 August 2001

Ф.СП-1	<p style="text-align: center;"><b>АБОНЕМЕНТ</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>на <u>газету</u> на <u>журнал</u></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <p><b>70336</b></p> <p><small>(индекс издания)</small></p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><b>Земля и Вселенная</b></p> <p style="text-align: center;"><small>(наименование издания)</small></p> <p style="text-align: center;">на ___ год по месяцам:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th> </tr> <tr> <td> </td><td> </td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Куда</b> _____</p> <p style="text-align: center;"><small>(почтовый индекс)</small></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><small>(адрес)</small></p> </div> </div> <div style="margin-top: 5px;"> <p><b>Кому</b> _____</p> <p style="text-align: center;"><small>(фамилия, инициалы)</small></p> </div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																										
	<p style="text-align: right;">ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><small>ПВ</small></td> <td style="text-align: center;"><small>место</small></td> <td style="text-align: center;"><small>литер</small></td> <td style="text-align: center;">на <u>газету</u> на <u>журнал</u></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <p><b>70336</b></p> <p><small>(индекс издания)</small></p> </td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align: center;"> <p><b>Земля и Вселенная</b></p> <p style="text-align: center;"><small>(наименование издания)</small></p> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><small>Стоимость</small></td> <td style="text-align: center;"><small>подписки пере- адресовки</small></td> <td style="text-align: center;">_____ руб. _____ коп.</td> <td style="text-align: center;">_____ руб. _____ коп.</td> <td style="text-align: center;">Количество комплектов</td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td colspan="12" style="text-align: center;">на ___ год по месяцам:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td> </tr> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Куда</b> _____</p> <p style="text-align: center;"><small>(почтовый индекс)</small></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><small>(адрес)</small></p> </div> </div> <div style="margin-top: 5px;"> <p><b>Кому</b> _____</p> <p style="text-align: center;"><small>(фамилия, инициалы)</small></p> </div>													<small>ПВ</small>	<small>место</small>	<small>литер</small>	на <u>газету</u> на <u>журнал</u>	<p><b>70336</b></p> <p><small>(индекс издания)</small></p>								<p><b>Земля и Вселенная</b></p> <p style="text-align: center;"><small>(наименование издания)</small></p>												<small>Стоимость</small>	<small>подписки пере- адресовки</small>	_____ руб. _____ коп.	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов								на ___ год по месяцам:												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
<small>ПВ</small>	<small>место</small>	<small>литер</small>	на <u>газету</u> на <u>журнал</u>	<p><b>70336</b></p> <p><small>(индекс издания)</small></p>																																																																																	
<p><b>Земля и Вселенная</b></p> <p style="text-align: center;"><small>(наименование издания)</small></p>																																																																																					
<small>Стоимость</small>	<small>подписки пере- адресовки</small>	_____ руб. _____ коп.	_____ руб. _____ коп.	Количество комплектов																																																																																	
на ___ год по месяцам:																																																																																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																										

*Дорогие читатели!*

*Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу зеленого цвета “Пресса России” (I полугодие 2002 г., с. 197) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.*

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

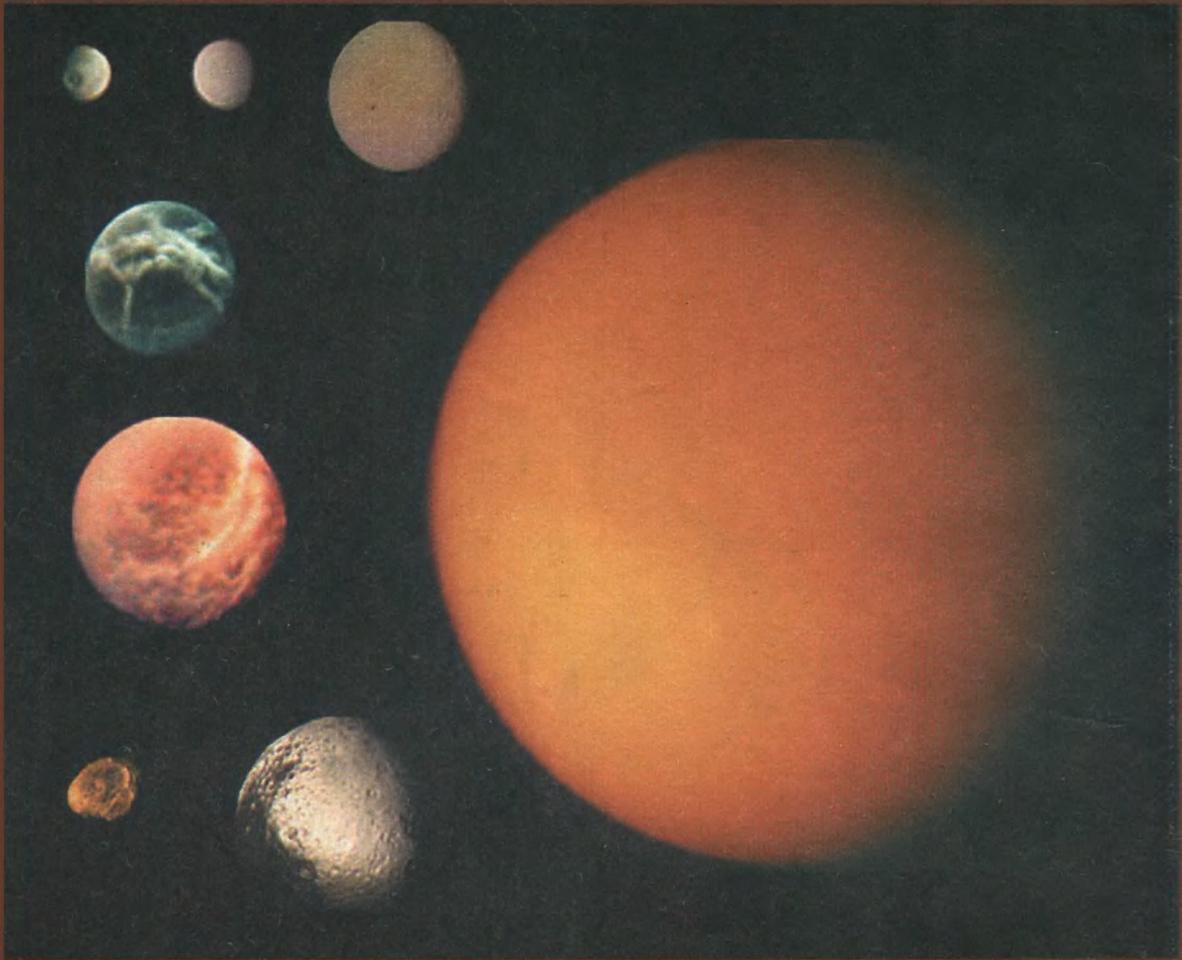
**Художественные редакторы** О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина  
**Литературный редактор** О.Н. Фролова.  
**Мл. редактор** Л.В. Рябцева.  
**Корректор** Н.А. Моисеева.  
**Обложку оформила** О.Н. Никитина.

Сдано в набор 04.01.2002 Подписано в печать 11.02.2002. Формат бумаги 70×100<sup>1/16</sup>  
Офсетная печать Уч.-изд. л. 12.1 Усл.печ. л. 9.1 Усл.кр.-отт. 8.6 тыс. Бум. л. 3.5  
Тираж 940 экз. Заказ № 5347

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

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90  
Адрес редакции: 119991 Москва, Мароновский пер., 26  
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66  
Отпечатано в ППП “Типография Наука”





“Наука”  
Индекс 70336