

ISSN 0044-3948

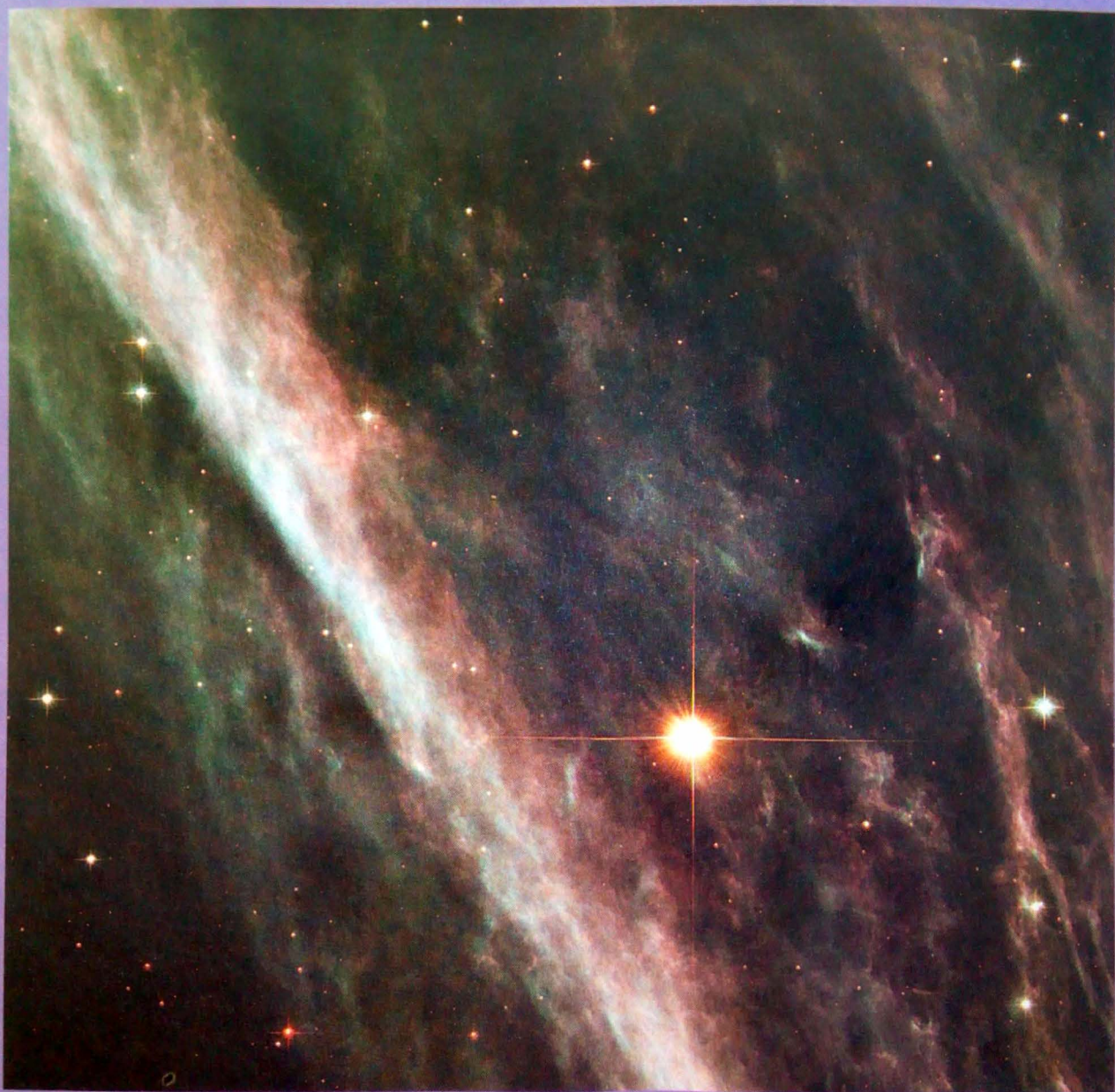
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

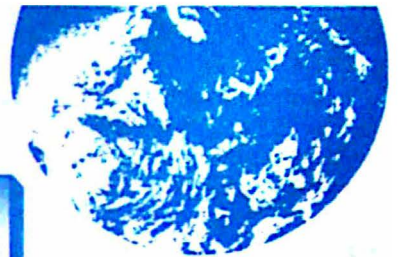
КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

НОЯБРЬ — ДЕКАБРЬ

6/2003







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

6/2003

Новости науки и другая информация: Солнце в июне – июле 2003 г. [12]; Солнце в рентгеновских лучах [35]; Проверка в космосе теории относительности [43]; Новые книги [52, 59, 66]; Поздравляем Романа Львовича Хотинка [60]; Красный Прямоугольник [64]; Отравляющие озера [73]; «Envisat-1» – год работы на орбите [83]; Европейско-российское космическое сотрудничество [88]; Водяной лед на Марсе [110]

В номере:

- 3 ПОПОВ С.Б. Черные дыры и нейтронные звезды в эллиптических галактиках
- 14 СУРКОВ Ю.А., ХАРИУКОВА В.П. Космическая пыль в Солнечной системе
- 26 ЗВЯГИНЦЕВ А.М. Судьба озоносферы Земли
- 36 КУИМОВ К.В. Современная астрометрия (окончание)

ЭКОЛОГИЯ

- 44 ЗОНН И.С. Мировые ресурсы пресной воды

ЛЮДИ НАУКИ

- 53 КАРДАШЕВ Н.С., ДУБИНСКИЙ Б.А. Владимир Александрович Котельников (к 95-летию со дня рождения)
- 61 БРОНШТЭН В.А. Патрик Мур (к 80-летию со дня рождения)
- 65 Памяти Георгия Алексеевича Трошкова

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 67 КОСАРЕВ А.Н., КОСТЯНОЙ А.Г. Проблемы кризисных морей и озер
- 74 ГРИГОРЯН С.С. Юбилей Тунгусского "пришельца"

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 84 Небесный календарь: январь–февраль 2004 г.

ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 89 ГЕРАСИЮТИН С.А. Таблица запусков космических аппаратов в 2002 г.
- 105 Указатель статей и заметок о Луне, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.
- 107 Указатель статей, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 2003 г.



© Российская академия наук,
Академиздатцентр "Наука", 2003 г.

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

На стр. 1 обложки: Европейский КА дистанционного зондирования Земли и экологического контроля "Envisat-1". Внизу спутника укреплены панель солнечной батареи и антенна радара с синтезированной апертурой для мониторинга суши и океана. Рисунок ESA (к стр. 83).

На стр. 2 обложки: Туманность NGC 2736 (Карандаша) в созвездии Парусов – остаток вспышки сверхновой, взорвавшейся свыше 10 тысяч лет назад. Расстояние – 815 св. лет (250 пк). Фотография охватывает область около 3 св. лет (размер всей туманности 114 св. лет). Синий цвет соответствует излучению наиболее горячих частей туманности (ионизированный кислород), а красный – менее горячих (атомы водорода). Снимок сделан KTX 5 июня 2003 г. Фото NASA.

На стр. 3 обложки: Вверху – спутниковое изображение (в условных цветах) исчезающих Каспийского и Аральского морей, залива Кара-Богаз-Гол и озера Саракмыш. Фото получено с помощью радиометра МСУ-СК российского спутника "Ресурс-О1". 1998 г. Фото NASA (к ст. А.Н. Косарева и А.Г. Костянова). Внизу – южная часть Байкала. Как известно, Байкал – крупнейший резервуар пресной воды, в котором содержится 20% ее мирового запаса. Фото И.Е. Тимашева (к ст. И.С. Зонна).

На стр. 4 обложки: Симметричная биполярная туманность Красный Прямоугольник. В ее центре находится тесная двойная звездная система HD 44179. Фото ESO (к стр. 64).

In This Issue:

- 3 POPOV S.B. Black Holes and Neutron Stars in Elliptic Galaxies
- 14 SURKOV Yu.A., HARYUKOVA V.P. Cosmik Dust in Solar System
- 26 ZVYAGINTZEV A.M. Destiny of Farth's Ozone Sphere
- 36 KUIMOV K.V. Modern Astrometry (Final Part)

ECOLOGY

- 44 ZONN I.S. Word Resources of Fresh Water

PEOPLE OF SCIENCE

- 53 KARDASHEV N.S., DUBINSKY B.A. Vladimir Alexandrovich Kotel'nikov (to the 95th Birthday)
- 61 BRONSHTAN V.A. Patrik Moore (to the 80th Birthday)
- 65 To the Memory of Georgy Alexeyevich Troshkov

SIMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 67 KOSAREV A.N., KOSTYANOY A.G. Problem of Crisis Seas and Lakes
- 74 GRIGORYAN S.S. Jubilee of Tungus "Alien"

AMATEUR ASTRONOMY

- 84 Celestial Calendar: January–February 2004

DOSSIET FOR THE CURIOUS

- 89 GERASYUTIN S.A. Launch List of Spacecraft in 2002
- 105 Index of Articles and News on Sun Published in "Earth and Universe" in 1965–2003
- 107 Index of Articles Published in "Earth and Universe" in 2003

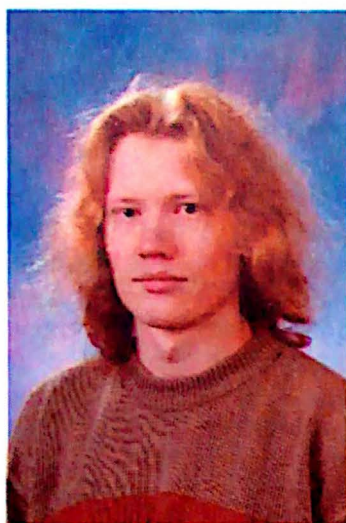
Редакционная коллегия

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

Черные дыры и нейтронные звезды в эллиптических галактиках

С. Б. Попов,
кандидат физико-математических наук
Университет Падуи (Италия), ГАИШ МГУ

Наблюдения на космической рентгеновской обсерватории “Чандра” показали наличие большого числа маломассивных рентгеновских двойных звезд в эллиптических и линзовидных галактиках, а также в балджах (центральных сферических компонентах) дисковых галактик. Распределение источников по светимостям хорошо описывается двумя компонентами, граница между которыми соответствует светимости (степенному закону с изломом) поряд-



ка $2-3 \times 10^{38}$ эрг/с. Так как эта величина примерно

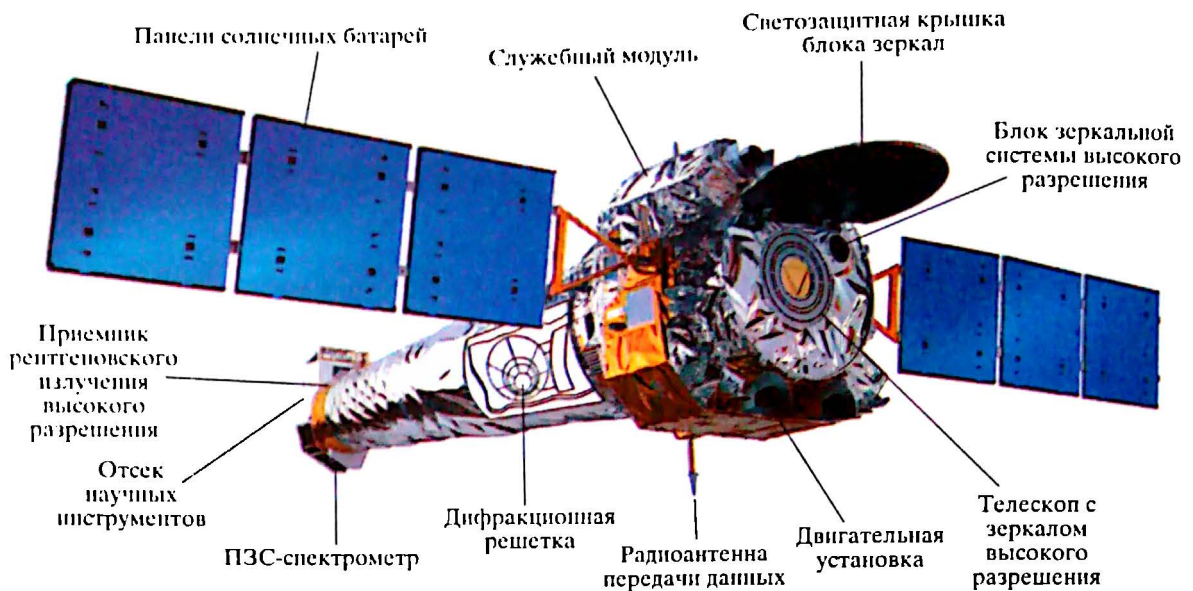
равна максимальной (эддингтоновской) светимости нейтронной звезды с массой $1.4 M_{\odot}$, то, возможно, более мощные источники – это аккрецирующие черные дыры, а менее мощные – нейтронные звезды. С некоторой долей уверенности можно говорить, что мы видим в галактиках ранних типов (эллиптических и линзовидных) тесные двойные системы с черными дырами (самые яркие источники) и с нейтронными звездами (менее яркие).

ГЛАВНАЯ ОСОБЕННОСТЬ АСТРОНОМИИ

От всех естественных наук астрономию отличает отсутствие прямых экспериментов с исследуемыми объектами. Лишь в Солнечной системе мы

можем очень редко “потрогать руками” небесные тела, но эта часть астрономии уже практически выделилась в самостоятельную дисциплину (даже в несколько разных дисциплин, часто более близких к изучению Зем-

ли, чем к исследованию далекого космоса). Астрономия – наука наблюдательная. Поэтому основной прогресс в этой области исследования природы связан с появлением новых средств наблюдений (телескопы, сеть телеско-



пов, космические обсерватории; Земля и Вселенная, 1993, № 5; 1998, № 6) и новых методов обработки информации (интерферометрия, компьютерные программы, ПЗС-матрицы). В последние несколько лет много интересных результатов получено в **рентгеновском диапазоне** (Земля и Вселенная, 1993, № 6; 2000, № 6). Это прямое измерение сверхсильного магнитного поля нейтронной звезды в источнике мягких повторяющихся гамма-всплесков, определение природы рентгеновского фона, новые сведения о скоплениях галактик, открытие структуры пульсарных туманностей. Связаны такие достижения в том числе и с работой двух космических обсерваторий: европейской **“ИксММ-Ньютон”** (“ХММ”, запущена в декабре 1999 г.) и американской **“Чандра”** (“СХО”, запущена в июле 1999 г.), названной в честь нобелевского лауреата С. Чандрасекара. Оба спут-

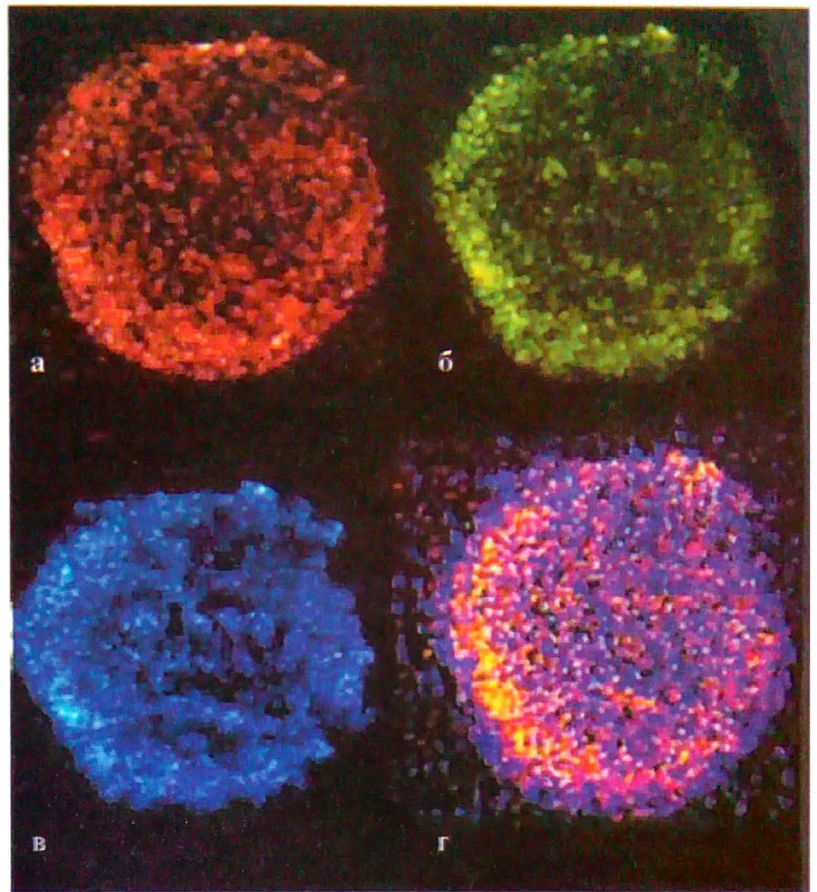
ника совершили большой шаг вперед в развитии рентгеновских наблюдений, их эффективность на порядок превышает возможности приборов предыдущих КА. Эти обсерватории не дублируют, а дополняют друг друга, так как их создатели максимизировали разные параметры инструментов (Земля и Вселенная, 2000, № 4). Благодаря рекордной собирающей площади телескопа – 4650 см² (аналог площади объектива у обычных телескопов) – **“ИксММ-Ньютон”** может фиксировать спектры очень высокого качества для рентгеновского диапазона. В астрономии излучение (в первую очередь электромагнитное) – единственный источник информации, поэтому нужно попытаться “выжать” из него как можно больше, так сказать, “препарировать” излучение, то есть тщательно проанализировать его спектры. Например, наблюдая остаток сверхновой, **“ИксММ-Нью-**

Космическая рентгеновская обсерватория “Чандра”. Ее телескопы работают в диапазоне 0.1–10 кэВ, их разрешение – лучше 1” (у “ИксММ-Ньютон” разрешение примерно в 6 раз хуже). Рисунок NASA.

тон” может рассмотреть, как в ней распределены различные химические элементы.

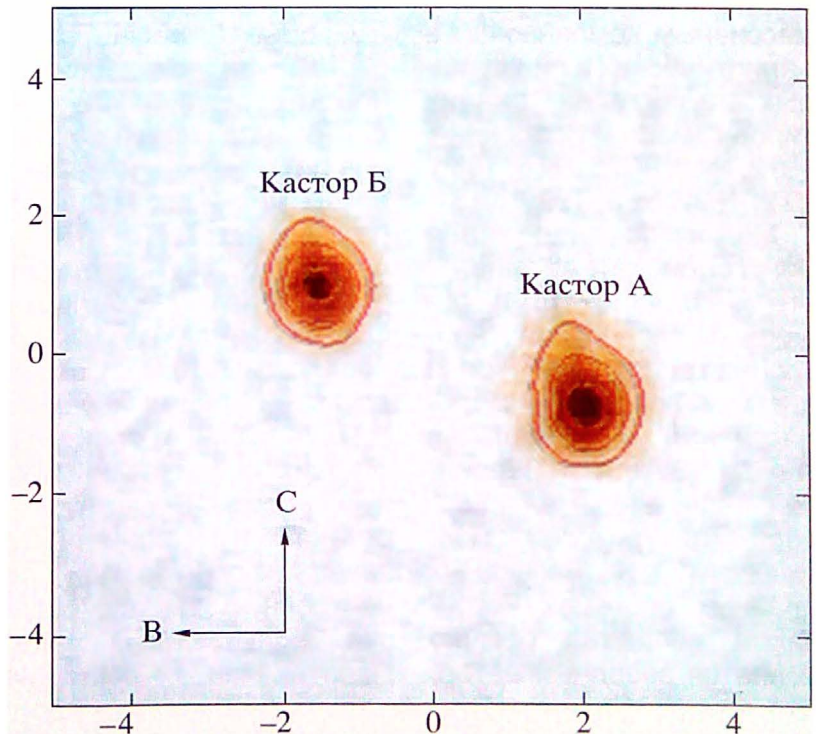
Обсерватория **“Чандра”** обладает невиданным доселе в области высоких энергий угловым разрешением – 0.5”. Поэтому ее результаты более известны: их легче представить в наглядной форме. **“Чандра”**, в первую очередь, получает потрясающие рентгеновские снимки, на спутнике, конечно, есть и спектральная аппаратура. Взаимная дополняемость обсерваторий была недавно продемонстрирована на примере исследования звезд в созвездии Близнецов – Кастор А и Б. **“Чандра”** обладает единственным в мире телескопом, который мо-

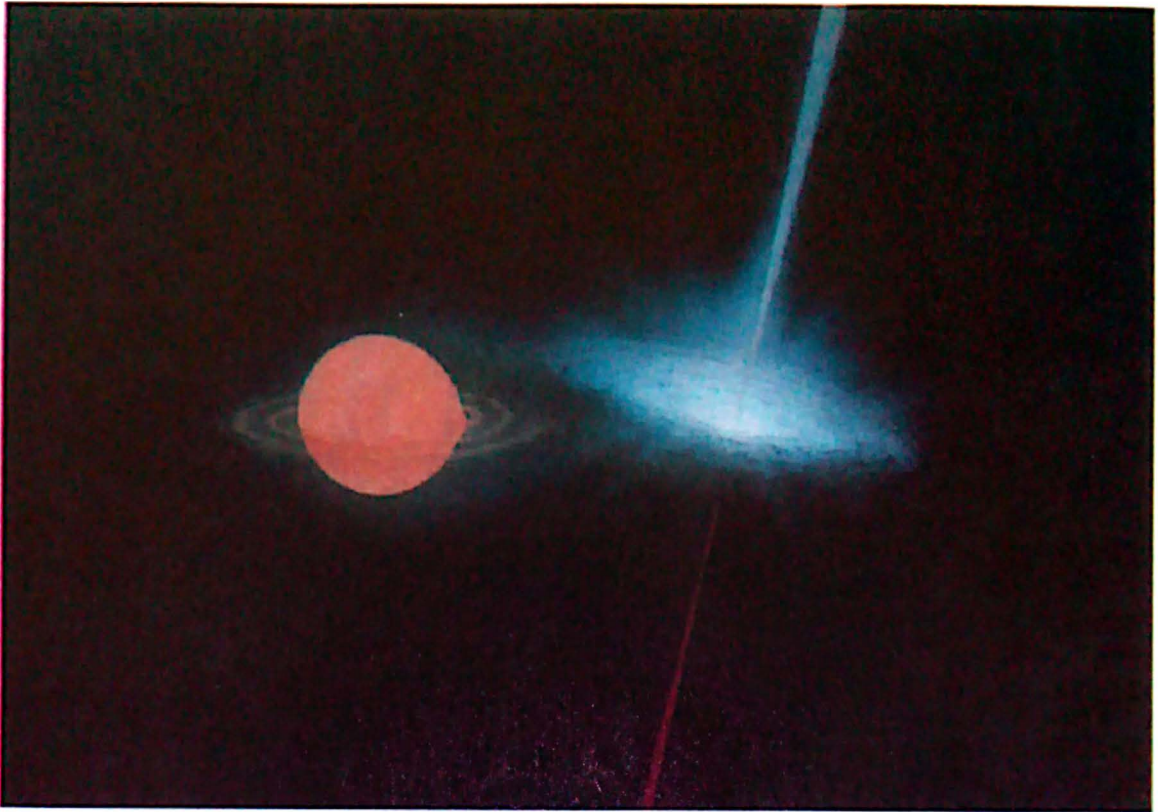
Остаток сверхновой Тихо, взорвавшейся более 400 лет назад. Показано четыре изображения (в условных цветах), соответствующие линиям химических элементов. Спутник "ИксММ-Ньютон" позволяет не только узнать, из чего состоит остаток, но и как в нем распределены различные элементы: а) кальций, б) сера, в) железо и г) кремний. Фото ESA.



жет дать исчерпывающую информацию об этой звездной паре и даже разглядеть третий компонент. На самом деле Кастор — **шестикратная система**, каждый из трех ее компаньонов, в свою очередь, является тесной двойной системой, что для рентгеновской аппаратуры пока недоступно. Получить нужные спектры звезд в отдельности спутник не смог. Однако совместные наблюдения на обсерваториях "Чандра" и "ИксММ-Ньютон" дали ученым хорошие рентгеновские спектры обеих звезд и помогли изучить некоторые другие их свойства. Благодаря своему высокому угловому разрешению и высокой проникающей способности "Чандра" предоставила возможность впервые детально исследовать популяции рентгеновских источников за пределами Местной группы.

Звезды Кастор А и Б в рентгеновских лучах, излучающие в этом диапазоне благодаря активности их корон. Чтобы рассмотреть их по отдельности в рентгеновском диапазоне, понадобился один из самых совершенных инструментов — космическая обсерватория "Чандра". Фото NASA.





АККРЕЦИРУЮЩИЕ ОБЪЕКТЫ

Мы коснемся в основном исследований **аккрецирующих нейтронных звезд и черных дыр** в тесных двойных системах с маломассивным компаньоном в эллиптических и линзовидных галактиках ранних типов (Земля и Вселенная, 1972, № 2; 1975, № 6; 1986, № 2; 1992, № 3; 1999, № 3).

Маломассивная тесная рентгеновская двойная — это звездная система, где аккретором служит нейтронная звезда или черная дыра, а донором — маломассивная нормальная звезда (Земля и Вселенная, 1994, № 2). Важно определить критерий “массивности”. В массивных двойных системах источником вещества обычно является звездный ветер. Это довольно широкие па-

ры, где хватало места двум массивным звездам, пока более массивная не взорвалась. Часто аккреционный диск не образуется: вещество квазисферически падает на компактный объект. Жизнь таких систем как ярких рентгеновских источников недолговечна (менее миллиона лет), так как невелико время жизни звезды-донора, соответственно и все ее эволюционные стадии будут очень короткими. Обычно масса звезды-донора больше $10 M_{\odot}$. Совсем другая ситуация в маломассивных двойных, представляющих собой очень тесные системы. Вещество перетекает с нормальной звезды на черную дыру или нейтронную звезду, образуя аккреционный диск. Перетекание вещества в таких системах идет дол-

Дисковая аккреция на черную дыру. Вещество с маломассивной звезды перетекает на компактный объект, образуя аккреционный диск, дающий обычно основной вклад в светимость всей системы. Часть вещества может выбрасываться в виде двух струй — джетов. Из-за большого гравитационного потенциала вблизи компактного объекта скорость вещества в джетах нередко достигает релятивистских значений. Как известно, это оценивается по величине доплеровского смещения в спектре. Поэтому джет, направленный на нас (более яркий), показан синим цветом, а от нас — красным, и он более слабый. Рисунки.

го — сотни миллионов или миллиарды лет. Источники в маломассивных двойных могут быть весьма мощными, их светимость определяется темпом аккреции, а он (в случае диска) может быть очень большим. Как

Модель аккреционного диска в тесной двойной системе. Вещество перетекает с нормальной звезды (на рисунке не показана) на компактный объект, изображенный в виде яркой точки в центре. В модели удалось отразить трехмерную структуру диска с учетом неустойчивости. Эта задача очень сложная, и расчеты структуры реальных аккреционных дисков еще приближительные. Рисунок М. Оуэна и Д. Блондина.



правило, масса звезды-донора меньше одной солнечной.

А что же с системами, где массы нормальных компонент лежат в пределах 1–10 M_{\odot} ? Такие системы, конечно же, есть, однако увидеть рентгеновский источник в такой паре непросто. Некоторые эффекты селекции делают небольшим числом наблюдаемых систем промежуточных масс. В таких парах нормальная звезда недостаточно массивна, чтобы давать сильный звездный ветер, а эпизод дисковой аккреции обычно оказывается очень скоротечным – около тысячи лет. Тем не менее мы знаем несколько галактических источников, которые относят к системам с нормальной компонентой промежуточной массы: Геркулес X-1, Лебедь X-2 и V404 Лебедя.

То, что маломассивные тесные рентгеновские двойные видны в эллиптических и линзовидных галактиках, а также в балджах дисковых, неудивительно. Массивных двойных там быть не должно, так как последние миллиарды лет темп звездообразования в та-

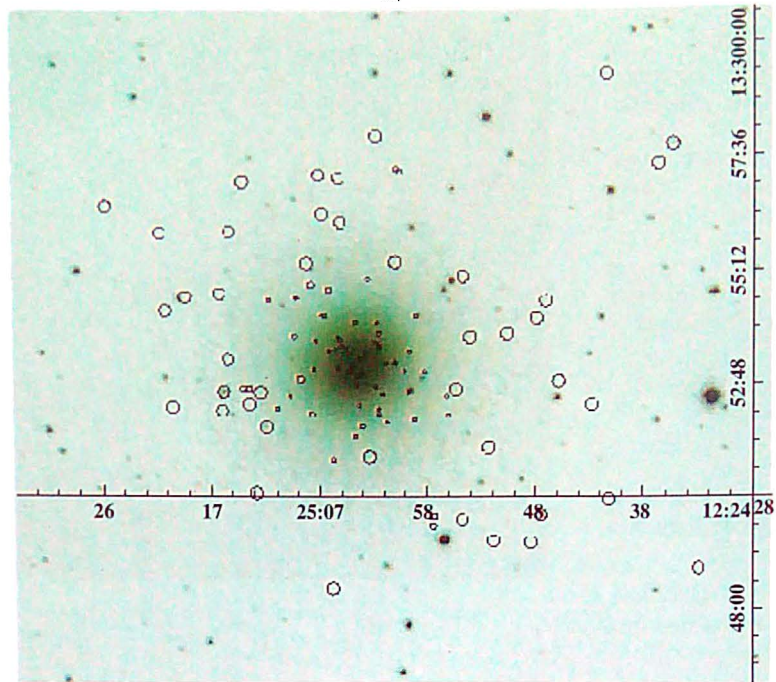
ких системах был очень низким. В галактиках ранних типов массивных звезд просто нет. А вот компактные остатки их эволюции есть! Миллиарды лет назад, когда в этих галактиках шло активное формирование новых звезд, образовывались и массивные. Затем они, пройдя свой эволюционный путь, взорвались, оставив компактный объект – черную дыру или **нейтронную звезду** (Земля и Вселенная, 1985, № 2; 1992, № 3; 2000, № 2). Если массивная звезда входила в пару со звездой много меньшей массы и при этом система не распалась после взрыва **сверхновой** (Земля и Вселенная, 1968, № 5; 1982, № 3; 1998, № 2), то через сотни миллионов или даже миллиарды лет мог появиться рентгеновский источник. Кроме того, маломассивная двойная может образоваться в результате захвата: компактный объект и нормальная звезда в результате гравитационного взаимодейст-

вия способны образовать пару. Как правило, для этого необходимо участие и третьей звезды. Такая ситуация вполне возможна в **шаровых скоплениях** (Земля и Вселенная, 1975, № 6; 1978, № 4; 1984, № 6). Но пока остановимся на наблюдательных данных.

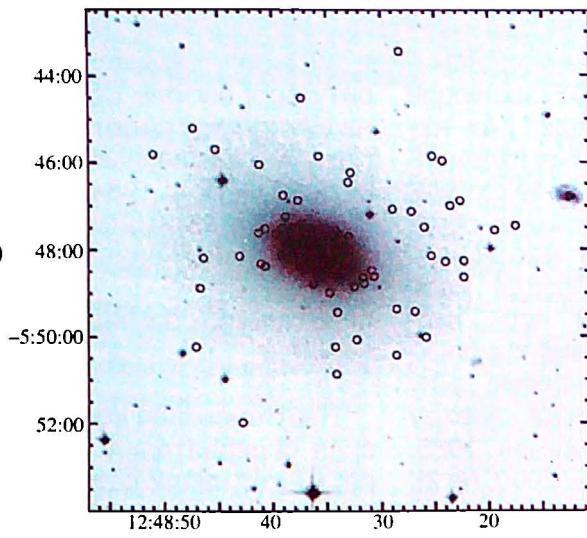
ПРИСТАЛЬНЫЙ ВЗГЛЯД “ЧАНДРЫ”

Рентгеновская космическая обсерватория “Чандра” может наблюдать в десятки раз более слабые источники (по сравнению с предшествующими инструментами), она обладает очень высоким для рентгеновского диапазона угловым разрешением. Поэтому в галактиках, удаленных от нас на десятки мегапарсек, спутник различает десятки отдельных источников со светимостями выше 10^{38} эрг/с. На расстоянии, соответствующем скоплению в созвездии Девы, этот предел будет еще ниже. Например, в эл-

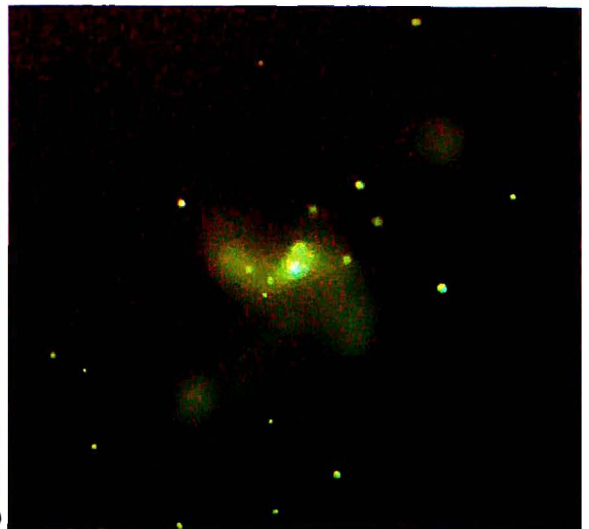
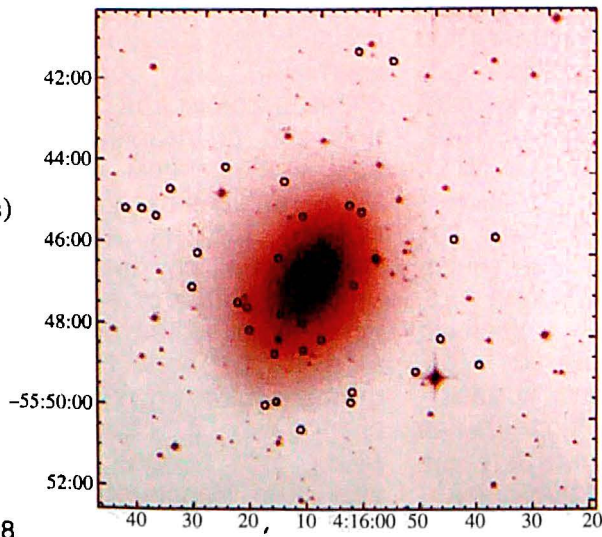
a)



б)



в)



На оптическое изображение (в условных цветах), полученное в цифровом обзоре неба, наложены рентгеновские источники, зарегистрированные спутником "Чандра": а) эллиптическая галактика M84; б) эллиптическая галактика NGC 4697. Слева – в рентгеновском спектре, справа – в видимом, заметны точечные источники и диффузное излучение горячего газа; в) линзовидная галактика NGC 1553. Слева – в рентгеновском спектре, справа – в видимом, на периферии наблюдаются те же процессы, что и в центре, где, возможно, находится сверхмассивная черная дыра. Однако источник, связанный с ней, будучи самым ярким на снимке, не очень мощный по внегалактическим меркам, то есть галактика не относится к числу активных. Снимки получены обсерваторией "Чандра". Фото NASA.

липтической галактике M84 (скопление в Деве) "Чандра" рассмотрела около сотни отдельных источников, представляющих собой маломассивные двойные системы. В эллиптической галактике NGC 4697 их около 90, из них маломассивных двойных – примерно 90%. В линзовидной галактике NGC 1553, находящейся на расстоянии почти 25 Мпк от нас, видно полсотни дискретных источников. И это считается неудачным сеансом наблюдения! Получить спектр отдельного источника не удастся, за исключением самых ярких; приходится изучать всю популяцию в целом. Здесь обнаружена интересная особенность.

Напомним, что в астрономии часто используют такое распределение: по

горизонтальной оси откладывают светимость объектов, а по вертикальной – число источников со светимостью выше данной. При этом обычно используют не сами величины, а их логарифмы. Если нарисовать такую картинку для маломассивных рентгеновских двойных в галактиках ранних типов, то мы увидим, что данные хорошо описываются двумя прямыми линиями. Излом в распределении приходится примерно на $2-4 \times 10^{38}$ эрг/с, что объяснить можно по-разному. Рассмотрим два возможных варианта.

ЧТО НАМ СВЕТИТ
В ВЫШИНЕ...

Одно из возможных объяснений заключается в том, что источники до и после излома родились в разное время, то есть в результате двух эпизодов **звездообразования**. Первый эпизод дал одно распределение источников по светимости, второй – другое. Например, более яркие источники родились в недавнем эпизоде, а те, что слабее, – на более раннем этапе формирования звезд. Яркие объекты, образовавшиеся в первом эпизоде, уже погасли. Мы видим на графике их сумму, которая выглядит как изломанная прямая. Другое объяснение сводится к тому, что менее яркие источники до излома являются нейтронными звездами, а объекты с более высокой светимостью содержат аккрецирующую черную дыру. Такая идея связана с тем, что для свети-

мости аккрецирующего объекта есть предел, называемый **эддингтоновским**. Он возникает, когда при большом темпе аккреции мощный поток излучения начинает "выдувать" часть падающего вещества. Светимость в первом приближении прямо пропорциональна темпу, с которым вещество течет на нейтронную звезду или черную дыру. Но если вещества слишком много, эта линейная зависимость нарушается: все больше вещества падает, а светимость не растет. Часть вещества может быть выброшена из двойной системы. На компактный объект попадет лишь доля вещества, примерно соответствующая полной эддингтоновской светимости, поэтому при очень больших темпах аккреции большая часть падающей материи будет выброшена в виде двух струй – **джетов**. Такие образования наблюдаются у очень многих объектов, например у знаменитого **SS433** (Земля и Вселенная, 1980, №№ 1, 4; 1991, № 4).

Разумеется, из-за того что мы рассматриваем баланс двух сил, одной из которых является гравитация, в формулу для предела входит масса **аккретора**. Эддингтоновский предел равен $1.3 \times 10^{38} M/M_{\odot}$ эрг/с. Соответственно, чем больше масса аккретора, тем выше предел. Например, в центре **квазара**, возможно, находится сверхмассивная черная дыра (Земля и Вселенная, 1973, № 3; 1994, №№ 3–6). Массы таких объектов в сотни миллионов раз больше массы

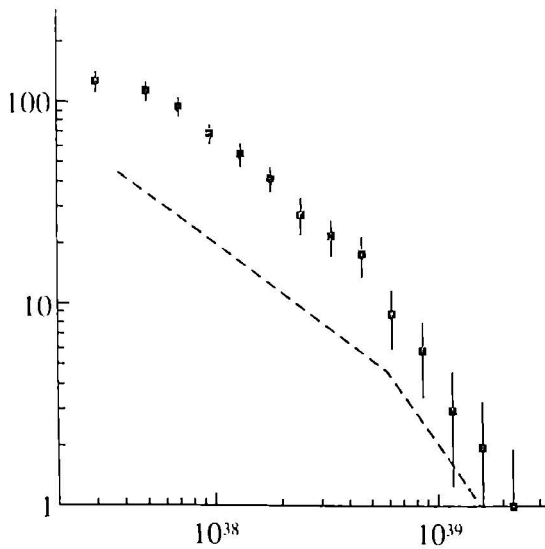


График распределения числа маломассивных рентгеновских двойных, зарегистрированных в галактике M84 (созвездие Девы). Светимость отложена по горизонтальной оси (в эргах в секунду). Точки соответствуют наблюдательным данным. Сплошная линия описывает слабые источники, не исключено, что это нейтронные звезды. Штриховая линия — возможный вклад фоновых источников, например далеких галактик, не имеющих отношение к M84. Хорошо виден "излом" в распределении светимости примерно на уровне $3-4 \times 10^{38}$ эрг/с.



Шаровое скопление M55 в Стрельце. В таких объектах за счет тесных сближений происходит очень активное формирование тесных двойных систем с нейтронными звездами и черными дырами. Фото ESO.

Солнца. Значит, предел будет около 10^{47} эрг/с. Действительно, мы не видим квазаров со светимостью до 10^{49} эрг/с. Это является дополнительным подтверждением того, что **активность ядер галактик** порождается аккрецией на черные дыры больших масс (Земля и Вселенная, 1980, № 5; 1985, № 2; 1990, № 4). Как видно, для нейтронных звезд, массы которых заключены в достаточно узком интервале вблизи 1.4 массы Солнца, предел будет равен $2-3 \times 10^{38}$ эрг/с. Чтобы получить большую светимость, надо поместить в двойную систему более

массивный объект — черную дыру, так как нейтронные звезды не могут быть тяжелее $2-3 M_{\odot}$.

Массы **черных дыр в двойных системах** (Земля и Вселенная, 1976, № 4; 1999, № 1) могут быть слишком разными: от $3-4 M_{\odot}$ до $20-30 M_{\odot}$. Типичным значением принято считать $7-10 M_{\odot}$, точное распределение черных дыр по массам пока неизвестно. Значит, аккрецирующая черная дыра в двойной системе может наблюдаться как источник со светимостью до 10^{39} эрг/с и даже немного выше.

Интересно, что наблюдаются небесные объекты,

выделяющие больше энергии, "**сверхмощные**" источники (ultraluminous). Если использовать формулу для эддингтоновского предела светимости, то мы получим для этих источников массы компактных объектов в несколько десятков масс Солнца! Например, в эллиптической галактике NGC 720 обнаружено 9 таких объектов. Это могут быть действительно массивные черные дыры. Однако теория не предсказывает существование большого числа черных дыр со столь большими массами. Возможно, что источник просто излучает несимметрично. Тогда, переводя на

блюдаемый поток в светимость, мы завышаем ее, если предполагаем сферически-симметричное излучение. При наличии выделенного направления (джетов) источник с обычной черной дырой может выглядеть очень ярким, если наблюдатель смотрит в самое жерло выброса вещества со скоростями, близкими к скорости света. В любом случае сверхмощные источники наверняка содержат черные дыры.

МАЛАЯ РОДИНА МАЛОМАССИВНЫХ СИСТЕМ

Наблюдения показывают, что, хотя количество маломассивных рентгеновских двойных, как правило, выше у больших, более массивных галактик, эта корреляция является не очень хорошей. Могут быть две галактики с одинаковым количеством звезд, а значит с одинаковой массой и оптической светимостью, но число маломассивных систем будет заметно отличаться. Если мы подсчитаем количество шаровых скоплений в этих галактиках, то увидим, что их больше там, где больше маломассивных двойных.

Данный результат не стал неожиданным. В нашей Галактике 20% маломассивных рентгеновских двойных находятся в шаровых скоплениях, причем на скопления приходится лишь 0.1% звезд. Отсюда следует, что образование таких звездных пар в шаровых скоплениях идет гораздо более эффективно. Например, в нашей Галактике маломассивные сис-

темы образуются в шаровых скоплениях в 200 с лишним раз эффективнее, чем в галактическом диске! Учитывая этот факт, мы можем прийти к выводу, что практически все маломассивные двойные образовались в скоплениях, но потом по какой-то причине покинули их. Например, скопление могло распаться или система была выкинута из-за взаимодействия с другими звездами. Более высокий темп формирования маломассивных двойных объясняется тем, что при большой плотности звезд достаточно часто происходят такие тесные сближения, при которых возможен захват звезд.

В эллиптических галактиках обычно много шаровых скоплений, а потому неудивительно, что в них наблюдается много рентгеновских источников, связанных с тесными двойными звездами. Современная техника позволяет непосредственно определить, что источник в далекой галактике находится в шаровом скоплении. Так, в галактике NGC 720 примерно 10 источников размещены в скоплениях.

ПРЕДСТОИТ ЕЩЕ МНОГО СДЕЛАТЬ

Современные рентгеновские телескопы позволяют рассмотреть отдельные источники в далеких галактиках. Наблюдения галактик ранних типов на спутнике "Чандра" выявила большую популяцию маломассивных рентгеновских двойных систем. Ве-

роятно, большинство из них образовалось в многочисленных шаровых скоплениях. Самые яркие источники со светимостью более 3×10^{38} эрг/с, по всей видимости, представляют собой аккрецирующие черные дыры. Нейтронные звезды слишком легкие, чтобы породить стационарные сферически-симметричные источники такой мощности. Находят в эллиптических галактиках и сверхмощные источники, также связанные с черными дырами.

В жестком рентгеновском диапазоне мы видим компактные остатки массивных звезд, когда-то светивших в эллиптических галактиках. Впервые стало возможным рассуждать о количестве черных дыр и нейтронных звезд в галактиках ранних типов на основе количественных наблюдательных данных, что важно для теоретиков, изучающих **эволюцию двойных звезд**.

К счастью, развитие науки не стоит на месте, и от каждого поколения инструментов мы получаем поразительные данные. Будь то рентгеновский диапазон или любой другой, мы можем ожидать новых открытий. Не исключено, что когда-нибудь удастся увидеть в далеких галактиках **радиопульсары** (Земля и Вселенная, 1971, № 1; 1974, № 2) или молодые горячие нейтронные звезды и, может быть, даже одиночные компактные объекты, аккрецирующие вещество межзвездной среды.

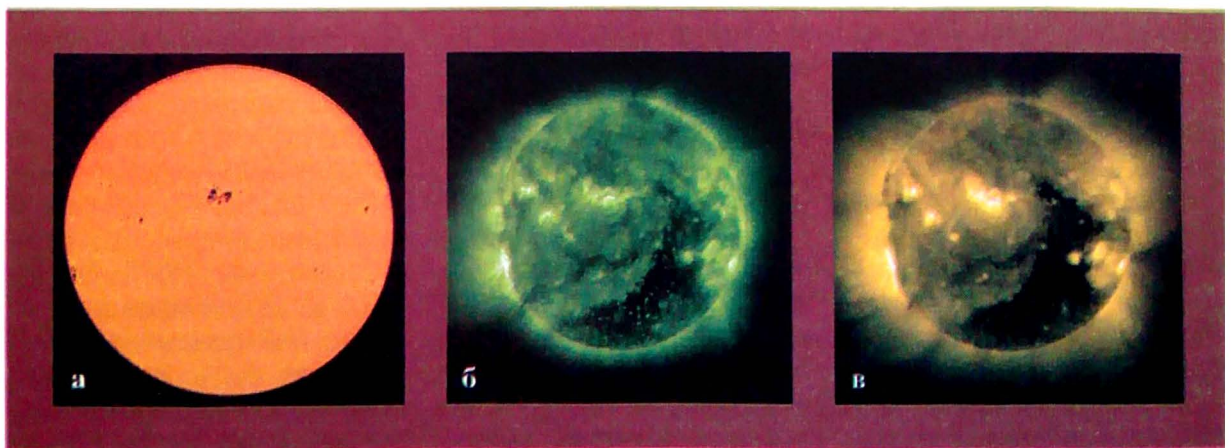
Солнце в июне–июле 2003 г.

Солнечная активность в первые два месяца лета 2003 г. несколько повысилась по сравнению с предыдущим периодом. Значения относительного числа солнечных пятен: $W_{\text{июня}} = 77.4$ и $W_{\text{июля}} = 85.0$. С июля 2002 г. текущий солнечный цикл вошел в фазу спада своей активности. Напомним, что максимум текущего солнечного цикла наступил в апреле 2000 г. (Земля и Вселенная, 2003, №№ 2–4).

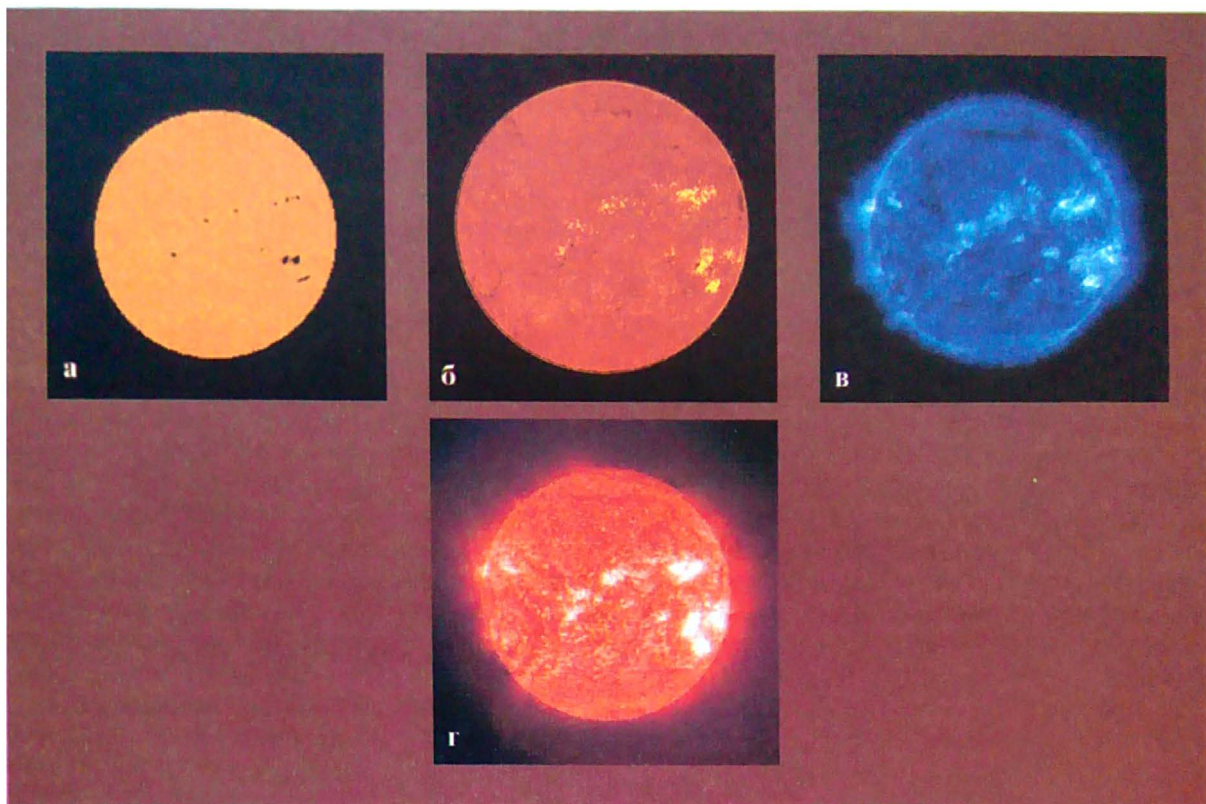
В июне 2003 г. пятнообразовательная активность Солнца оставалась на среднем уровне, кроме второй недели, когда число пятен было на высоком уровне. Максимальное относительное чис-

ло пятен ($W = 116$) наблюдалось **11 июня**, а минимальное ($W = 38$) – **2 июня**. На видимом диске Солнца постоянно отмечалось от 4 до 9 групп солнечных пятен. Период высокой вспыхечной активности в основном связан с появлением на видимом диске Солнца двух активных областей: большой группы пятен Северного полушария Солнца (6 больших и 14 средних вспышек за 54 ч с 9 по 12 июня, из них 3 рентгеновского балла X) и группы пятен Южного полушария, которая при выходе на восточный лимб Солнца 15 и 17 июня дала две большие вспышки, одна из них – балла X. В группе пятен

Южного полушария возникла серия больших геоэффективных вспышек еще в конце мая 2003 г. Последняя из них осуществилась 2 июня. Всего за месяц наблюдалось 4 вспышки балла X, 40 вспышек рентгеновского балла M и 20 выбросов солнечных волокон. Геомагнитная обстановка снова была возмущенной практически весь месяц (28 сут) в основном за счет рекуррентных высокоскоростных потоков солнечного ветра от корональных дыр. Умеренная магнитная буря произошла 16–18 июня, а малые магнитные бури зафиксированы 1–4, 7–8, 9–10, 14 и 27–30 июня. В околозем-



Вид Солнца 07.06.2003 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б, в) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 195 \text{ \AA}$, 284 \AA ("SOHO").



Вид Солнца 22.07.2003 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии в видимой части спектра H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолета $\lambda = 171 \text{ \AA}$, 304 \AA ("SOHO").

Все снимки взяты в Интернете со страниц Службы Солнца (www.sec.noaa.gov).

ном космическом пространстве на геостационарных орбитах 24 сут регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В июле 2003 г. пятнообразовательная активность Солнца держалась на высоком уровне с 14 по 23 июля, в остальное время – на среднем. Наибольшее относительное число пятен наблюдалось 20 июля ($W = 161$), а наи-

меньшее ($W = 28$) – 26 июля. Во вспышечном отношении второй месяц лета был спокойным – всего пять вспышек среднего балла. Кроме того, в июле зафиксировано 14 выбросов солнечных волокон. Количество корональных дыр практически не уменьшилось. В околоземном космическом пространстве отмечено 17 возмущенных дней, порог малой гео-

магнитной бури был превышен 4, 11–12, 15–17, 26–27 и 29–30 июля. Информацию о текущем состоянии солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.rssi.ru/space/solar/forecast.html>). Страница обновляется каждый понедельник.

*В.Н. Ишков
ИЗМИРАН*

Космическая пыль в Солнечной системе

Ю. А. СУРКОВ,

доктор физико-математических наук

В. П. ХАРЮКОВА

Институт геохимии и аналитической химии РАН
им. В.И. Вернадского



Одна из фундаментальных проблем современного естествознания – происхождение планет Солнечной системы. До сих пор не ясно, как они сформировались, хотя уже разработаны моде-

ли и развиты представления о природе и физических условиях в протосолнечной туманности, процессах фракционирования, конденсации и аккумуляции вещества, приведших к образованию тел Солнечной системы. Решение этой проблемы требует анализа всей совокупности данных о строении планет, их спутников и колец, малых тел Солнечной системы, о структуре и свойствах межпланетного пространства, составе Солнца, строении Галактики, то есть всей совокупности научных знаний, накопленных в космологии и сравнительной



планетологии к настоящему времени. Ключевым звеном в раскрытии загадки происхождения планет станет понимание природы метеорного вещества в межпланетном пространстве.

ИЗУЧЕНИЕ МЕЖПЛАНЕТНОГО
ПЫЛЕВОГО ОБЛАКА

Напомним, что **метеорное тело**, или **метеороид**

(meteoroid), – это космический объект, размер которого меньше астероида и больше атома или молекулы, движущийся в межпланетном пространстве (Земля и Вселенная, 1965, № 6; 1975, № 3; 1980, № 6; 1990, № 2). Части-

цы в межпланетном пространстве (Земля и Вселенная, 1965, № 6; 1975, № 3; 1980, № 6; 1990, № 2). Части-

цы размером менее 100 мкм называют **микрометеороидами** или **космической пылью**. Метеорное тело, достигшее поверхности больших и малых планет, – метеорит (meteorite); если его размер менее 1 мм – микрометеорит. **Метеор** – это явление “вспышки” метеорного тела, вторгшегося в атмосферу планеты из межпланетного пространства. Под метеорным потоком подразумевают совокупность метеорных тел с приблизительно одинаковыми орбитами. Метеороиды больших размеров встречаются крайне редко, а основную массу представляют мелкие частицы и космическая пыль.

О существовании **облака пылевых частиц** в межпланетном пространстве узнали по его оптическим проявлениям, когда был открыт **зодиакальный свет**, изучение которого астрономическими методами продолжается уже более трех веков (Земля и Вселенная, 1991, № 6). Это тусклое свечение над горизонтом лучше всего видно в течение одного часа до и после захода Солнца. Еще в 1683 г. французский астроном Д. Кассини первым дал научное описание зодиакального света, предположив, что это солнечный свет, рассеянный мириадами мельчайших пылевых частиц. Такое объяснение не опровергнуто до сих пор. С помощью наземных телескопов можно исследовать зодиакальный свет только в пределах пояса астероидов. Заглянуть дальше мешает фоновый свет звезд.

Новый этап в исследовании космической пыли наступил с появлением космической техники. АМС “Пионер-10 и -11” зарегистрировали космическую пыль на

всей трассе полетов к планетам-гигантам Юпитеру и Сатурну (Земля и Вселенная, 1974, № 2). Обнаружено возрастание пылевых частиц вблизи небесных тел. Межпланетный зонд “Улисс”, предназначенный для изучения полярных областей Солнца, провел измерения в космическом пространстве вне плоскости эклиптики вплоть до 5 а.е. – области орбиты Юпитера (Земля и Вселенная, 1991, № 1; 1995, № 5; 1996, № 3). Данные, полученные станциями “Пионер-10 и -11”, подтвердились. Было установлено, что пылевое облако находится во внешней области Солнечной системы и расположено вне плоскости эклиптики. Облако пылевых частиц, которое тянется от Главного пояса астероидов по направлению к Солнцу, названо **зодиакальным**, поскольку обнаружить его помог зодиакальный свет. Близкие к Солнцу области пылевого облака изучали на отечественных и зарубежных межпланетных станциях, направлявшихся к Луне, Марсу, Венере и комете Галлея, а более отдаленные – американские АМС, совершившие полеты к планетам-гигантам (Земля и Вселенная, 1998, № 4; 1999, № 6).

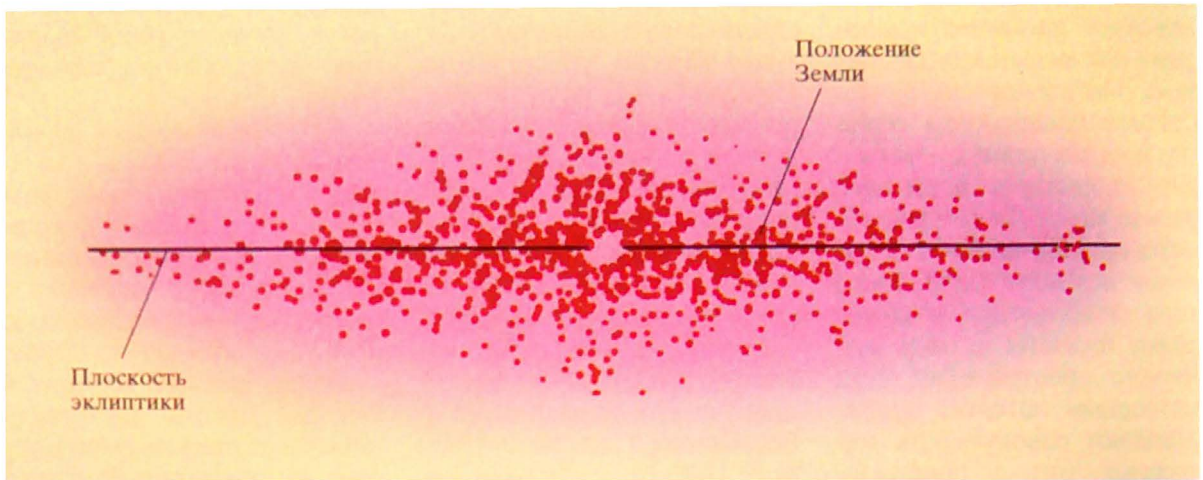
Исследования с помощью АМС показали, что частицы космической пыли встречаются практически везде, но концентрация их в различных областях космического пространства не одинакова. Яркость зодиакального света с приближением к плоскости эклиптики увеличивается, что свидетельствует о возрастании концентрации пылевых частиц. Так как яркость зодиакального света возрастает по мере приближения к Солнцу, было вы-

двинуто предположение о росте концентрации пылевых частиц в его окрестностях.

Астрономические и космические исследования зодиакального света позволили построить **модель межпланетного пылевого облака**. Она оказалась похожей по форме на чечевичное зерно или двояковыпуклую линзу, в центре которой находится Солнце. Детали распределения в облаке пылевых частиц до сих пор еще плохо изучены. Понятно лишь, что облако вытянуто вдоль плоскости эклиптики, контуры одинаковой плотности в распределении частиц имеют форму эллипса с отношением осей примерно 1:7. Вдоль эклиптики пылевое облако простирается за Юпитер, причем в пределах этой плоскости его плотность падает по экспоненте с показателем степени 1.3 (а вне эклиптики – обратно пропорционально расстоянию от Солнца).

В космическое пространство метеороиды попадают в результате различных коллизий: разрушения более крупных тел из-за приливных сил больших планет; испарения и рассеяния вещества комет, ударных взаимодействий метеороидов между собой и с другими небесными телами, физико-химических процессов в межпланетном пространстве.

Наглядный пример – разрушение ядер комет. В ядре, диаметр которого порядка километра, сосредоточена практически вся масса кометы. Как правило, оно покрыто оболочками замороженных газов и льдов с вкраплениями пылевых частиц. По мере приближения к Солнцу (до 11 а.е.) образуется газовая оболочка (кома),



которую вместе с ядром принято называть головой кометы. Затем, в 3–4 а.е. от Солнца, у кометы начинает развиваться хвост (иногда несколько), который становится хорошо заметным на расстоянии 2 а.е. Хвосты бывают разной формы, в зависимости от природы составляющих ядро частиц. На частицы действует сила гравитационного притяжения, зависящая от их массы, и сила давления света, обусловленная площадью поперечного сечения частиц (Земля и Вселенная, 1965, № 5; 1974, № 4; 1983, № 5).

“Природным холодильником”, в котором сосредоточено большинство комет, принято считать **облако Оорта**, обволакивающее планетную систему на расстоянии 1.7×10^4 – 10^5 а.е. до Солнца. По разным оценкам, в нем находятся сотни или даже тысячи миллиардов кометных ядер. Большое скопление комет (внутренняя часть облака Оорта) может начинаться сразу за орбитой Нептуна. Некоторые из комет время от времени различными возмущениями выталкиваются к Солнцу. Они пополняют внутренние области Солнечной системы

газами и твердыми пылевыми частицами.

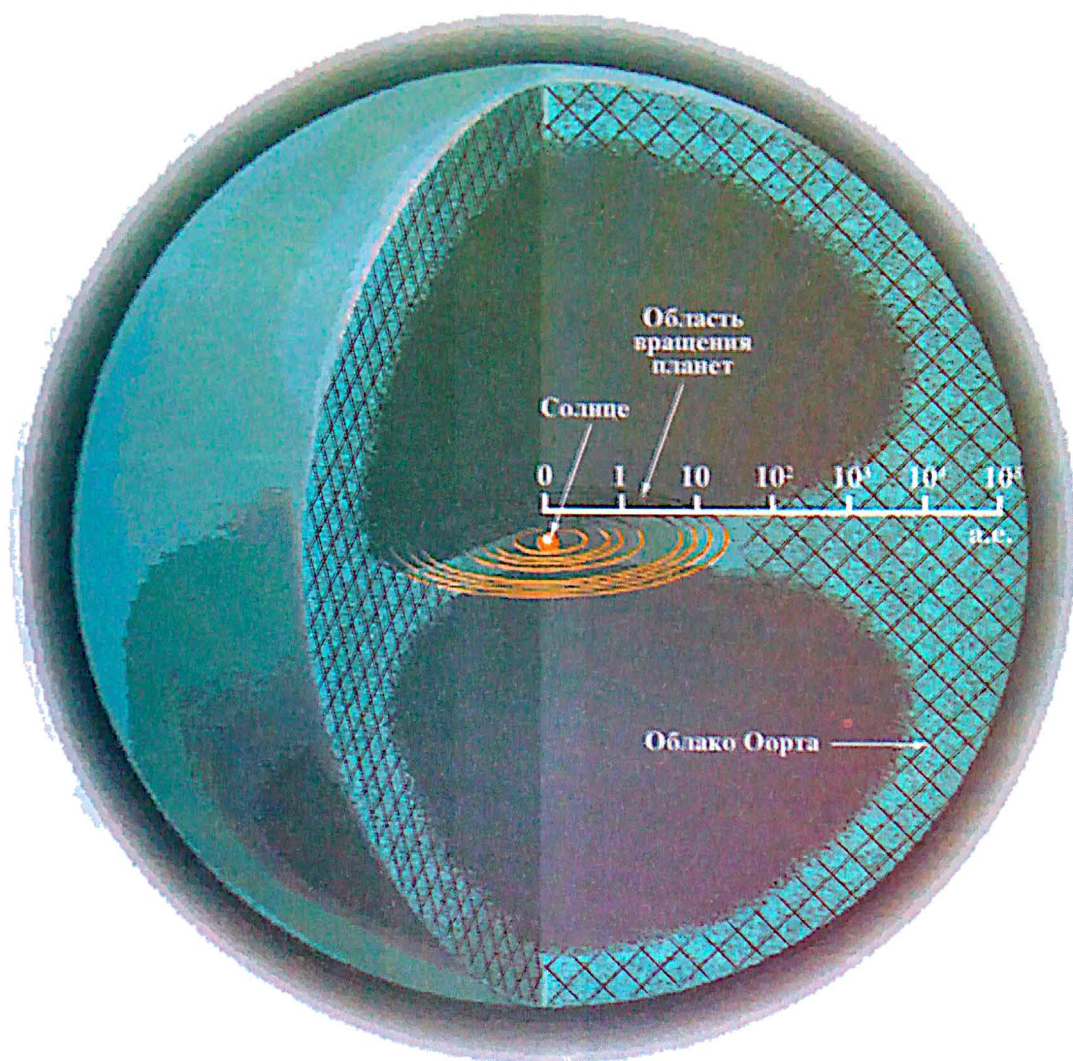
Столкновения между частицами обычно приводят к слипанию (образованию конгломератов) или к дроблению и образованию более мелких частиц. Пылевые частицы субмикронного размера, или **β -метеороиды**, получившиеся в результате дробления, выбрасываются за пределы Солнечной системы под воздействием давления солнечной радиации. Они образуются в окрестности Солнца, где концентрация пылевых частиц наивысшая и, следовательно, наибольшая вероятность их столкновений. β -метеороиды принадлежат к единственной популяции самых мелких частиц космической пыли, движение которых направлено не к Солнцу, а к границам Солнечной системы.

Образовавшиеся в разрушительных процессах частицы и обломки тел движутся в межпланетном пространстве с огромными скоростями – до 70 км/с. Если орбита такой частицы пересечется с орбитой небесного тела, не имеющего атмосферы, то образуется кратер, конфигурация которого зависит от угла столкновения. Вещество, выброшен-

Вид зодиакального облака в плоскости, перпендикулярной плоскости эклиптики. Рисунок.

ное в результате ударного процесса, вновь выпадает на поверхность либо частично может улететь в межпланетное пространство, если гравитационное поле мало, а скорости, приобретенные частицами в ударном процессе, превысят скорость ухода (третья космическая). Удар частицы приводит к выбросу множества пылевых частиц. На поверхности тел, не имеющих атмосферы, например на Луне и Меркурии, существуют ударные кратеры, доказывающие, что их постоянно бомбардируют тела разных размеров и скоростей. На образцах **лунного грунта** обнаружены микрократеры, образованные от соударений с мельчайшими частицами космической пыли. Вот почему ударные процессы также вносят вклад в пополнение межпланетного пылевого облака.

Ударные процессы на поверхности таких небесных тел, как Луна, приводят к образованию слоя мелкозерни-



Облако Оорта, обволакивающее нашу планетную систему на расстоянии $1.7 \times 10^4 - 10^5$ а.е. от Солнца. Рисунок.

стой сыпучей породы – **реголита** (Земля и Вселенная, 1968, № 2; 1980, № 4). Конечно, реголит может образовываться и в результате других физико-механических процессов, в частности температурных, но ударные процессы играют в его образовании наиболее важную роль. Ударные процессы происходят на

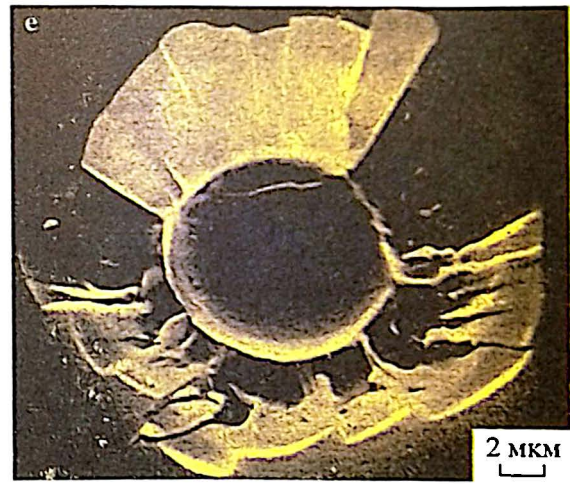
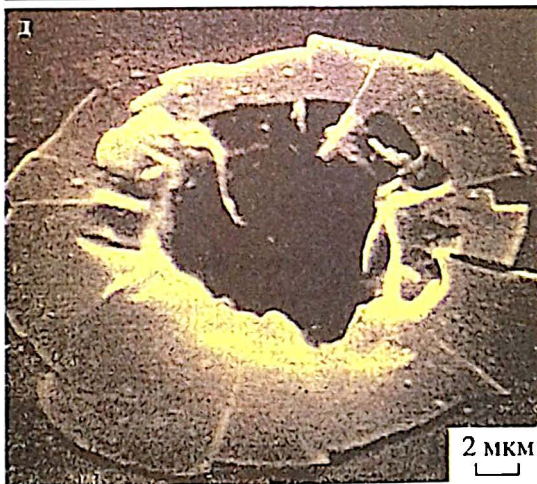
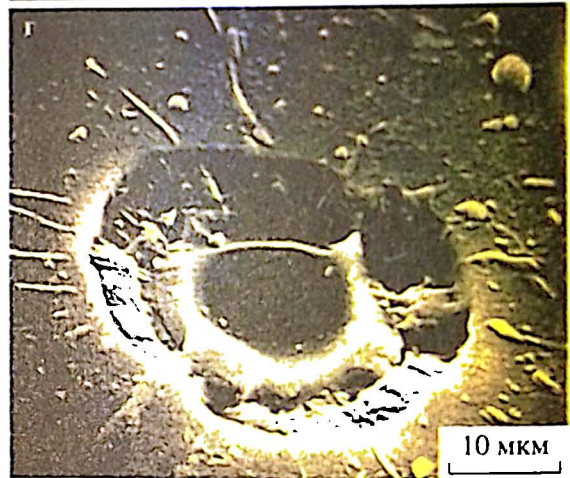
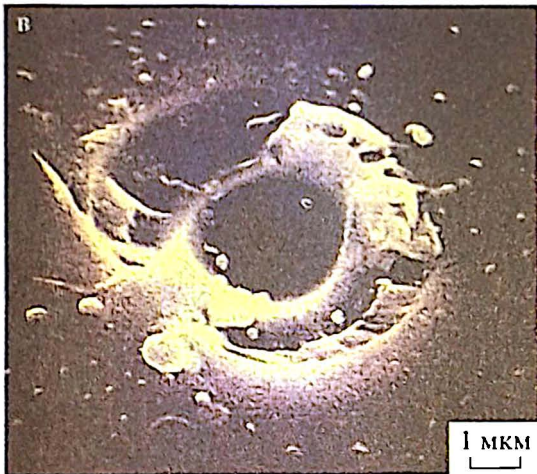
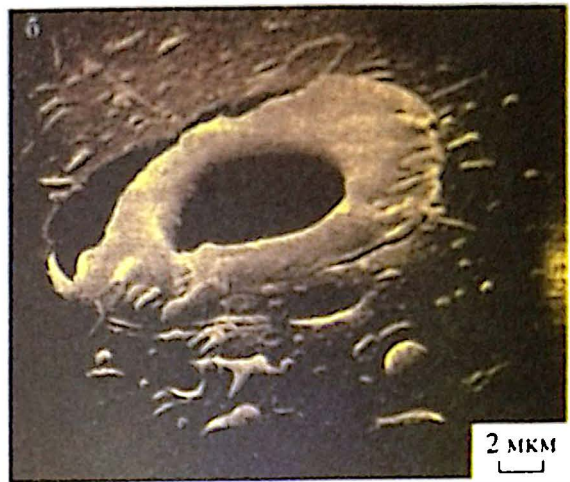
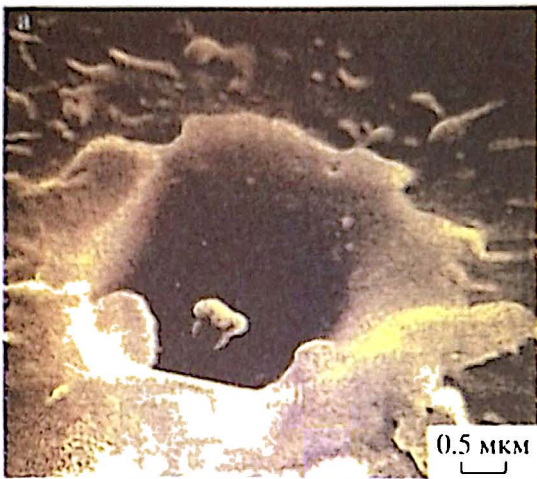
поверхности небесных тел в течение миллиардов лет, поэтому их верхние слои существенно переработаны. Если к ним добавляется еще и ветровой перенос, существующий, например, на Марсе, то характеристики поверхностного слоя небесного тела с течением времени сильно изменяются.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЫЛЕВОГО ОБЛАКА

Метеороиды имеют различные орбиты, скорости, массу, плотность, химический и минералогический состав. Сходство состава от-

ражает химический и минералогический состав метеороидов с небесными телами, с которых они улетели, и свидетельствует об условиях образования небесного тела в определенной области космического пространства или о физико-химических условиях на его поверхности.

Каждая частица в пылевом облаке движется по своей орбите вокруг Солнца спиралеобразно, приближаясь к нему. Время жизни частицы в облаке составляет $10^4 - 10^5$ лет. Межпланетное облако теряет пылевые час-



тицы в ходе образования β -метеороидов и испарения их вблизи Солнца. Другая часть пылевых частиц, попав в зону гравитационного притяжения планет, выпадает на их

поверхность или сгорает в атмосфере. Это один из механизмов диссипации облака, при котором потеря массы соответствует 10^4 кг/с. Если бы пыль постоянно не добав-

Микрократеры – следы ударных процессов – образованы космической пылью на стекловидных частицах лунного грунта. Микрофотографии ГЕОХИ им. В.И. Вернадского.

Сравнительная оценка общей массы небесных тел различных классов

Небесное тело	Масса в % от массы Солнечной системы
Солнце	99.866
Планеты	0.134
Кометы	3×10^{-4}
Спутники планет	4×10^{-5}
Астероиды	10^{-7}
Межпланетная пыль	10^{-12}

лялась в межпланетное облако, то оно исчезло бы вместе с зодиакальным светом, поэтому межпланетное пылевое облако по сравнению с Солнечной системой – молодое образование. Оно – не остаток **протопланетного облака**, из которого образовались планеты и другие тела в результате процессов аккреции на раннем этапе существования Солнечной системы, хотя отдельные реликтовые зерна могли сохраниться внутри более крупных частиц или тел, например в ядрах комет.

Межпланетное пылевое облако крайне разрежено. На расстоянии 1 а.е. от Солнца концентрация частиц радиусом $1-10^3$ мкм составляет всего несколько "пылинок" в 1 км^3 . Их плотность – примерно 10^{-19} кг/м^3 , а общая масса облака, $10^{16}-10^{17} \text{ кг}$, эквивалентна массе одной большой кометы. Это пренебрежимо малая величина по сравнению с массой всех тел Солнечной системы.

Сегодня получено много информации о межпланетном пылевом облаке. Вместе с накоплением данных идет непрерывный процесс их осмысления. Несмотря на динамичный характер межпланетной пылевой среды, ее эволюции в пространстве, времени и внутренней структуре, ученые пытаются найти закономерность изменений, чтобы прогнозировать ее состояние. Созданы **теоретические модели** для описания пространственного распределения частиц. Одной из последних стала модель Н. Дайвина (1993). В этой модели, согласующейся с экспериментальными данными, межпланетное пылевое облако описано пятью популяциями частиц в зависимости от размера. Каждая из них

имеет область распространения, диапазон изменений эксцентриситетов и наклонов орбит. Для повышения безопасности полета КА приходится заранее рассчитывать число пылевых частиц, с которым он может встретиться. Несмотря на новизну, модель уже пересмотрена после получения новых данных.

МЕТЕОРОИДЫ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

При движении к Солнцу пылевые частицы попадают в околоземное пространство и под воздействием гравитационного поля Земли могут существенно изменить свою орбиту. При определенных исследованиях частицы могут остаться на околоземной орбите, улететь в межпланетное пространство либо к поверхности Земли. Частицы, влетевшие в земную атмосферу, тормозятся, нагреваются, плавятся, и мы видим их на ночном небе как "падающие звезды". Это **спорадические метеоры**. Большинство пылевых частиц сгорают в земной атмосфере, и лишь небольшая часть выпадает на ее поверхность, существенно потеряв кинетическую

энергию. По оценкам исследователей, поток метеоритной массы на земную поверхность составляет $4.3 \times 10^{-17} \text{ г/м}^2 \text{ с}$, в основном это частицы с массой от 10^{-6} до 10^{-4} г . Общая масса вещества, выпадающего за день на земную поверхность, – 40 т. При столкновении с Землей крупные **метеориты**, как правило, взрываются, образуя кратеры, и разлетаются на мелкие фрагменты. Но есть примеры выпадения на Землю громадных масс без существенных разрушений, например метеорит Гоба (60 т) и Гренландский метеорит (34 т). Найденные метеориты попадают в музеи, где хранятся коллекции внеземного вещества, одна из них находится в ГЕОХИ им. В.И. Вернадского (Земля и Вселенная, 1996, № 3; 2003, № 1). Исключительно интересен и лунный грунт, доставленный на Землю с помощью автоматических и пилотируемых КА (Земля и Вселенная, 1967, № 6; 1970, № 3; 1980, № 4). Метеориты – лишь малая доля вещества, достигающего земной поверхности. В основном это вещество оседает в виде **космической пыли**. Разработаны методы для сбора частиц космической пыли в верхней ат-



Кольца Сатурна. Отдельные кольца получили нумерацию. А, В, С и т. д. (по мере открытия). Снимок получен АМС "Вояджер-2" при пролете около Сатурна 26 августа 1981 г. Фото NASA.

мосфере, ледниковом снеге и льду в полярных районах, в глубинных океанических осадках. Частицы затем тщательно отделяют от пыли земного происхождения (естественного и техногенного). Внеземные частицы, как и метеориты, сохраняются в коллекциях. Наиболее крупная коллекция космических пылевых частиц находится в университете Нью-Йорка.

К другой пылевой компоненте, падающей на Землю, относятся частицы **метеорных потоков** (Земля и Вселенная, 1996, № 4). Наша планета ежегодно встречается с тремя сотнями метеорных потоков различной активности (число регистрируемых метеоров в час). Метеоры движутся по близким к параллельным орбитам с фиксированным радиантом, то есть точкой выхода. Метеорные потоки связывают с выбросами существующих или остатками давно исчезнувших и разрушившихся комет, а также с потоками частиц из пояса астероидов. Метеорные потоки состоят

главным образом из частиц размером 10 мкм – 10 см. Потере более крупных частиц препятствуют силы гравитации кометы. У пылевых частиц астероидного пояса более низкие эксцентриситеты и наклоны орбит по сравнению с кометными частицами. Поэтому они легче захватываются, образуя **пылевые кольца** вокруг небесных тел, как, например, у Сатурна (Земля и Вселенная, 1979, № 5; 1981, № 2).

Голландская космическая инфракрасная обсерватория "IRAS" (запущена 26 января 1983 г.) открыла на расстоянии около 1 а.е. вокруг Солнца, одно из резонансных пылевых колец. Земля вращается синхронно с этим кольцом, находясь вблизи его внутренней границы. Аналогичные кольца обнаружены и у Земли, но они очень разрежены и частицы в них распределены неравномерно. Сгущения метеорных тел, двигаясь по орбитам со скоростями, зависящими от их удаления от Земли, в определенные моменты располагались в пространстве

так, что ИСЗ, двигавшийся по эллиптической орбите, пересекал их. Анализ данных показал, что регистрировалось пылевое образование вокруг Земли, плотность которого возрастает. Это могло быть вызвано появлением на околоземных орбитах **техногенной** компоненты космической пыли ("космического мусора").

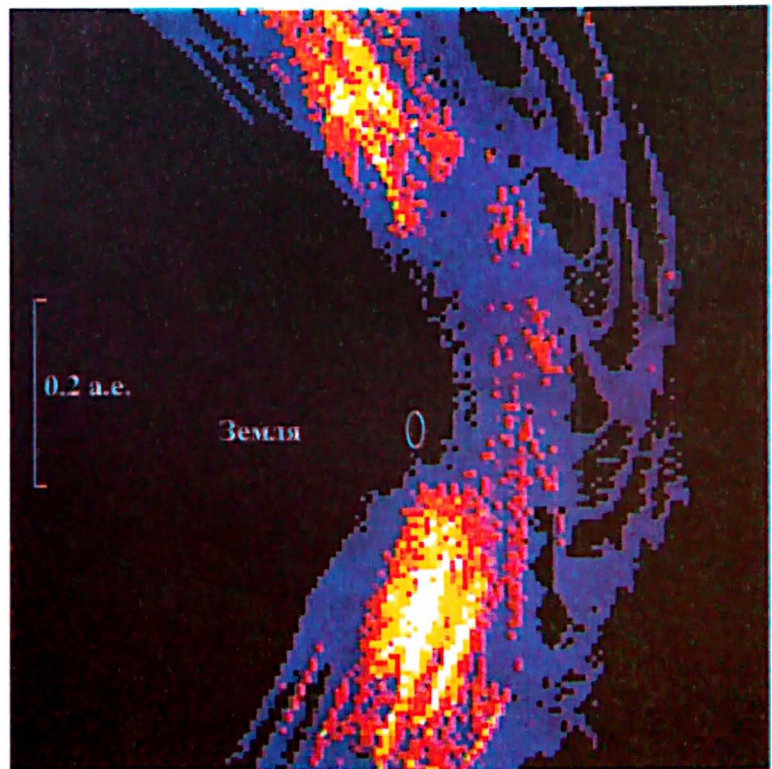
Если размеры метеороидов в основном около 0.01 см, то размеры частиц техногенной пыли могут быть от субмикронных до нескольких метров. В настоящее время уже существует специальная служба наблюдения за траекториями движения крупных объектов (Земля и Вселенная, 2001, № 6). Вероятность столкновений с ними космических аппаратов постоянно увеличивается. Например, согласно расчетам, число техногенных частиц на орбитах с высотой от 400 км до 800 км может возрасти на порядок за 100 лет, несмотря на непрерывное прекращение их существования. Крупные метеороиды или осколки техногенной деятельности обнаруживаются с помощью наземных оптических и радиотелескопов. В настоящее время в околоземном пространстве отслеживаются траектории частиц размерами больше 4 см. Для изучения меньших частиц создаются приборы, запускаемые в верхние слои атмосферы или на орбиту. Наиболее эффективными для исследования космичес-

кой пыли стал сбор пылинок в верхней атмосфере с помощью ловушек, поднимаемых на ракетах, аэростатах и высотных самолетах, а также сбор и селекция пыли космогенного происхождения в изолированных от антропогенных загрязнений областях Земли, таких как льды Арктики и Антарктики, глубоководные донные отложения.

КОСМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

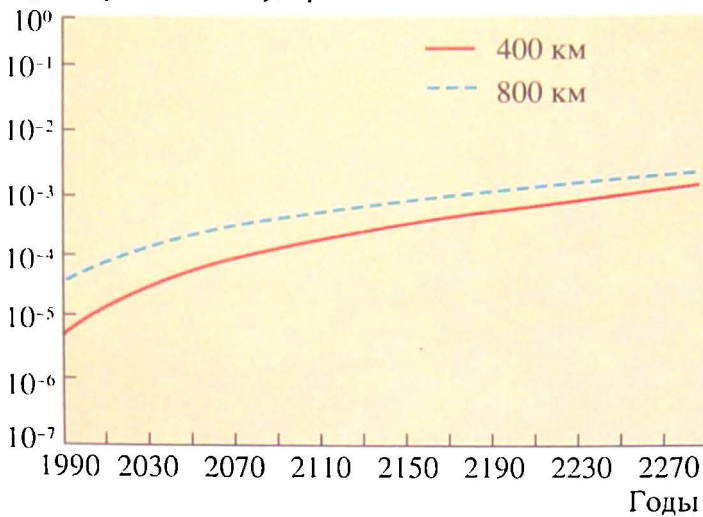
В нашей стране исследования метеороидов с геофизических ракет и ИСЗ начаты в 1954 г. Первый эксперимент по изучению метеорного вещества проведен 28 ноября 1970 г. на ракете "Вертикаль". В космосе экспонировался образец из полированной меди, вернувшийся на Землю со следами ударов метеорных тел. После этого метеорное вещество регулярно исследуется с помощью космических средств.

Частицы космической пыли характеризуются физическими и динамическими параметрами (масса, плотность, скорость, направление полета) и химическим составом. Первым и наиболее простым методом исследования частиц с помощью КА было использование **микрофонных и пенетрационных детекторов** космической пыли. Микрофонные детекторы регистрировали удары частиц об экспонируемые пластины или солнечные панели. Так определялась интенсивность потока частиц по трассе полета спутника. В пенетрационных детекторах частица, попадая на мишень, пробивает фольгу, закрывающую ячейку с газом. Давление газа уменьшается, что позволяет регистрировать собы-



Компьютерная модель структуры гелиоцентрического кольца частиц космической пыли, синхронно вращающегося с Землей (внизу – в более крупном масштабе). Яркими цветами показана наиболее высокая плотность пылевых частиц.

Суммарное число ударов на м² в год



Динамика состояния околоземного пространства на высотах 400 км и 800 км, где присутствует "космический мусор". Данные рассчитаны до 2300 г.

тие. По скорости истечения газа можно судить о величине отверстия и о кинетической энергии частицы. Пенетрационные детекторы использовались на АМС "Пионер-10 и -11", спутниках "Pegasus" (запущены в 1965 г.) и других КА. Позднее физико-динамические параметры частицы определялись пенетрационными детекторами конденсаторного типа, в которых частица ионизует газовую среду конденсатора. Такие детекторы устанавливались на некоторых ИСЗ серии "Космос" и пилотируемых орбитальных станциях "Салют" и "Мир" для контроля метеорной обстановки на трассах их полетов.

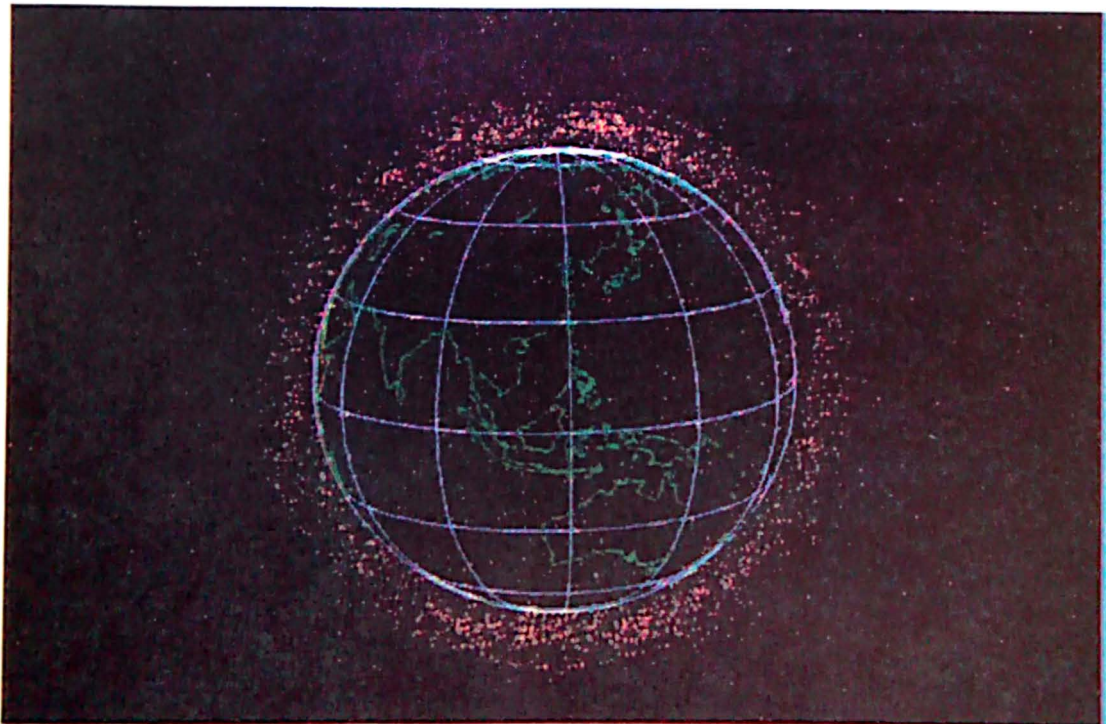
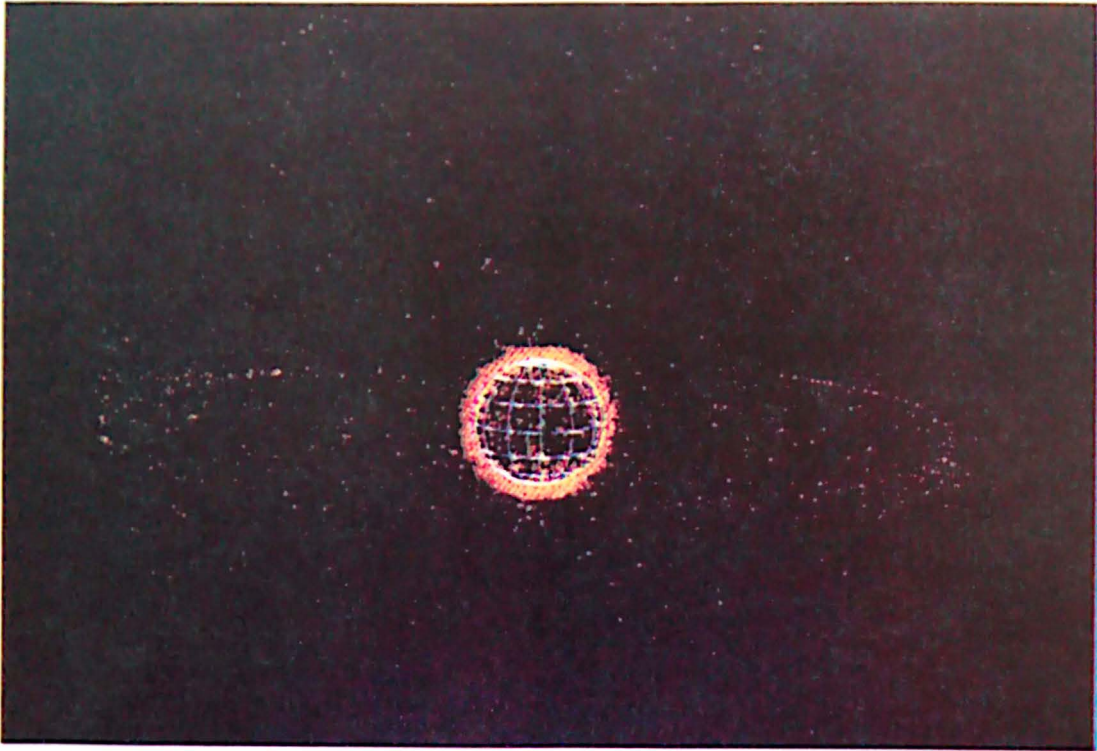
Следующий шаг в исследовании космической пыли — сбор частиц в **коллекторы**, покрытые силиконовой смазкой. Такой способ, возможный только для частиц со скоростью менее 7 км/с, успешно применялся на высотных самолетах, аэростатах и спутниках. При более высокой скорости происходит полное разрушение частицы. Коллекторы различались в основном собирающей поверхностью. Среди других современных разработок для

сбора космической пыли — ячейки захвата. Например, на ОС "Салют-7" использовалась сложная структура ячеек захвата, разработанная авторами статьи совместно с французскими специалистами (Земля и Вселенная, 1984, № 3). Прибор КМП (коллектор метеорной пыли) состоял из четырех кассет, заполненных ячейками, которые укреплялись на корпусе станции снаружи. Команды на открытие и закрытие кассет подавались космонавтами во время полета. Ячейки монтировались в кассету в стерильных условиях, чтобы избежать загрязнения земной пылью. Перед установкой покрытие ячеек тщательно изучалось под микроскопом. Каждая кассета состояла из 144 маленьких ячеек площадью ~ 2 см², сделанных из чистейшего материала — 99.99% золота или никеля и закрытых с двух сторон тончайшей майларовой пленкой с золотым покрытием. Прибор содержал 576 ячеек захвата. Три кассеты были открыты в космосе в течение 6 суток, чтобы уловить частицы из потока, связанного только с кометой Джакобини-Цин-

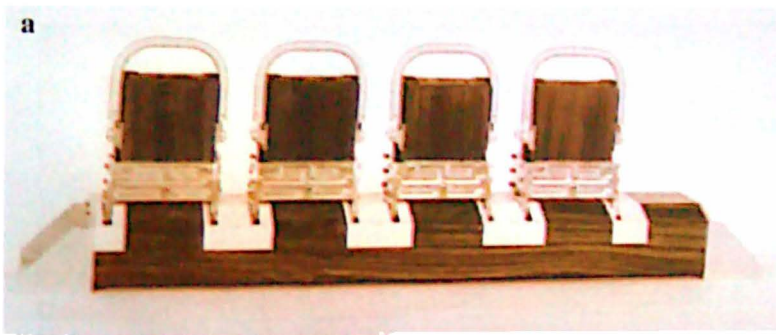
нера. Четвертая кассета улавливала частицы более 20 суток, пока в нее не попали частицы из кометы Галлея. По величине и количеству образовавшихся пробоев в покрытиях определяли скорость потока и оценивали массу частиц, а по элементам, оставшимся на стенках ячеек, устанавливали химический состав частиц.

Другой метод захвата космической пыли используется на американской АМС "Стардаст" (запущена 7 февраля 1999 г.). При пролете около кометы Вильда-2 в 2004 г. запланирован сбор частиц комы (Земля и Вселенная, 1999, № 3). В качестве **ловушки для сбора пылевых частиц** на трассе полета используется аэрогель (инертная микропористая субстанция на кремниевой основе с низкой плотностью ~0.02 г/см³), которая позволяет захватывать высокоскоростные частицы с минимальными физическими и химическими изменениями. Аэрогель экспонируется в космосе и укладывается в кассету для образцов после пролета кометы. Капсула с образцами вернется на Землю в 2006 г.

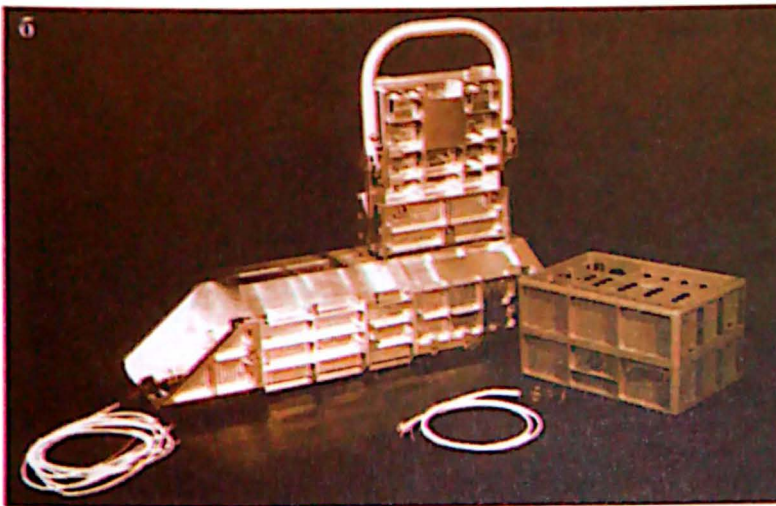
Кометы, содержащие много летучих материалов, формируются в условиях низких температур на окраинах Солнечной системы. Их изучение представляет особый интерес для понимания ранней истории планет. Поэтому запуски к кометам планируют осуществить и другие страны. Например, целью миссии



Вид из дальнего космоса на Землю, окруженную облаком "космического мусора" и функционирующими спутниками. Изображение построено с помощью компьютерного моделирования (декабрь 1990 г.). На верхнем рисунке показаны геосинхронные орбиты, на которых техногенные осколки и спутники могут существовать в течение тысяч лет; на нижнем – орбиты высотой до 2000 км.



а) Прибор КМП для сбора космической пыли в собранном виде, б) одна из кассет прибора. Фото ГЕОХИ им. В.И. Вернадского.



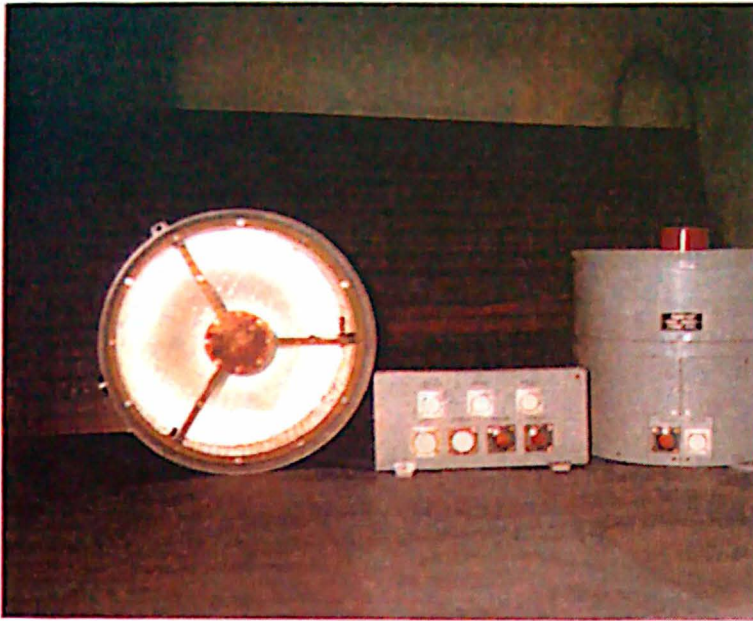
“Розетта” (ESA) определены встреча с кометой и пролет вблизи двух астероидов (Земля и Вселенная, 2002, № 4). Программа изменилась, поскольку запуск АМС перенесен. В этом проекте впервые запланирована посадка аппарата на поверхность кометы для исследования процессов дегазации пыли и газа. На орбитальный и посадочный аппараты АМС “Розетта” установлены приборы для определения скорости и других характеристик пылевых частиц.

В настоящее время планы исследования космической пыли связаны не только с окрестностью Земли, но и других планет. Например, японский проект “Planet-B” (запуск запланирован на 2008 г.) по изучению Марса рассчитан на обнаружение в околomarсианском пространстве пылевого кольца вокруг Фобоса и Деймоса. На АМС будет установлен пылеударный счетчик.

Сегодня на КА наиболее часто используются **ударные ионизационные детекторы**, предназначенные для исследования физико-динамических параметров метеороидов. Принцип действия



Комета Веста на расстоянии примерно 1 а.е. от Земли. Видны голова кометы и несколько ее хвостов. В начале марта 1976 г. она пролетела на расстоянии всего 0,8 а.е. от Земли. Находясь на наименьшем расстоянии от Солнца, комета раскололась на четыре фрагмента.

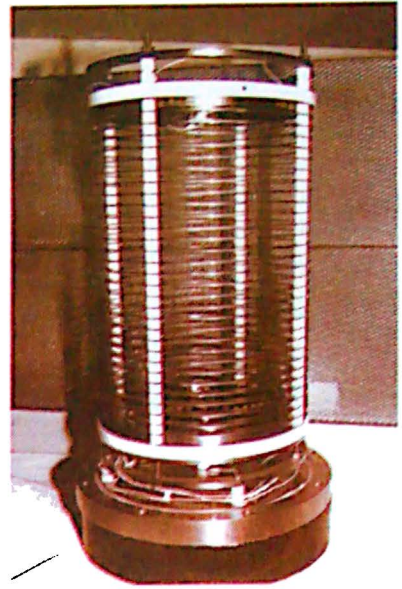


Прибор АФДП для определения физико-динамических характеристик пылевых частиц, состоящий из двух ионизационных детекторов и электронного блока. Проект "Марс-96". Фото ГЕОХИ им. В.И. Вернадского.

этих приборов основан на регистрации электронов и ионов, образовавшихся в результате соударения пылевых частиц с поверхностью мишени. Собранный заряд зависит от кинетической энергии частицы. На величину заряда также влияет геометрия удара – под каким углом к поверхности мишени движется частица. Скорость частицы определяется по времени нарастания зарядового импульса. По величине энергии и скорости можно оценить массу частицы. Один из приборов такого типа – **АФДП** (анализатор физико-динамических параметров) – был создан в ГЕОХИ им. В.И. Вернадского и установлен на АМС, запущенной 16 ноября 1996 г. по

проекту "Марс-96" (Земля и Вселенная, 1996, № 4).

В последние годы созданы приборы, определяющие физико-динамические характеристики и химический состав космических пылевых частиц. Это достигается комбинацией детекторов ударно-ионизационного типа с **времяпролетными масс-спектрометрами**, в которых анализируется ионный состав газоплазменного облака, образовавшегося при ударе пылевой частицы о мишень. Приборы такого типа необходимы при изучении характеристик и динамики движения частиц космогенного и техногенного происхождения в околоземном космическом пространстве.



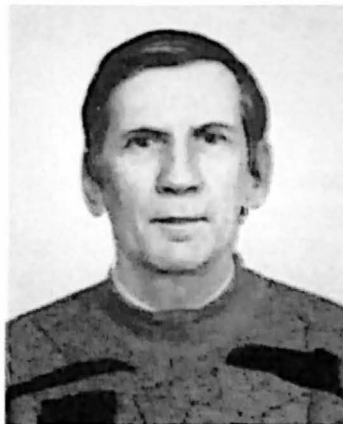
Недавно созданный масс-спектрометр. Он предназначен для определения физико-динамических характеристик и химического состава пылевых частиц. Площадь мишени – около 250 см². Эффективность сбора ионов (~ 80%) не зависит от места удара частицы о мишень. Это позволяет изучать метеорное вещество вблизи Земли, несмотря на малую пространственную плотность пылевых частиц. Фото ГЕОХИ им. В.И. Вернадского.

Заметим, что изучение потоков космических пылевых частиц имеет научное и прикладное значение, так как частицы воздействуют не только на поверхность нашей планеты, но и на космические аппараты. Поэтому изучение космической пыли очень важно для обеспечения безопасности полетов ИСЗ, особенно пилотируемых кораблей и станций.

Судьба озоносферы Земли

А. М. ЗВЯГИНЦЕВ,
кандидат физико-математических наук
Центральная аэрологическая обсерватория
Росгидромета (г. Долгопрудный)

Сегодня трудно найти человека, который не слышал бы об озоновой проблеме и опасностях, угрожающих озоновому слою нашей планеты (Земля и Вселенная, 1988, № 2; 1990, № 1; 1996, № 1; 1997, № 6; 1998, № 1). Как только в 80-х гг. XX в. были обнаружены изменения в концентрации озона над отдельными регионами Земли, возникло предположение, что озон разрушают определенные химические ве-



щества, поступающие в атмосферу с Земли, возможно антропогенные

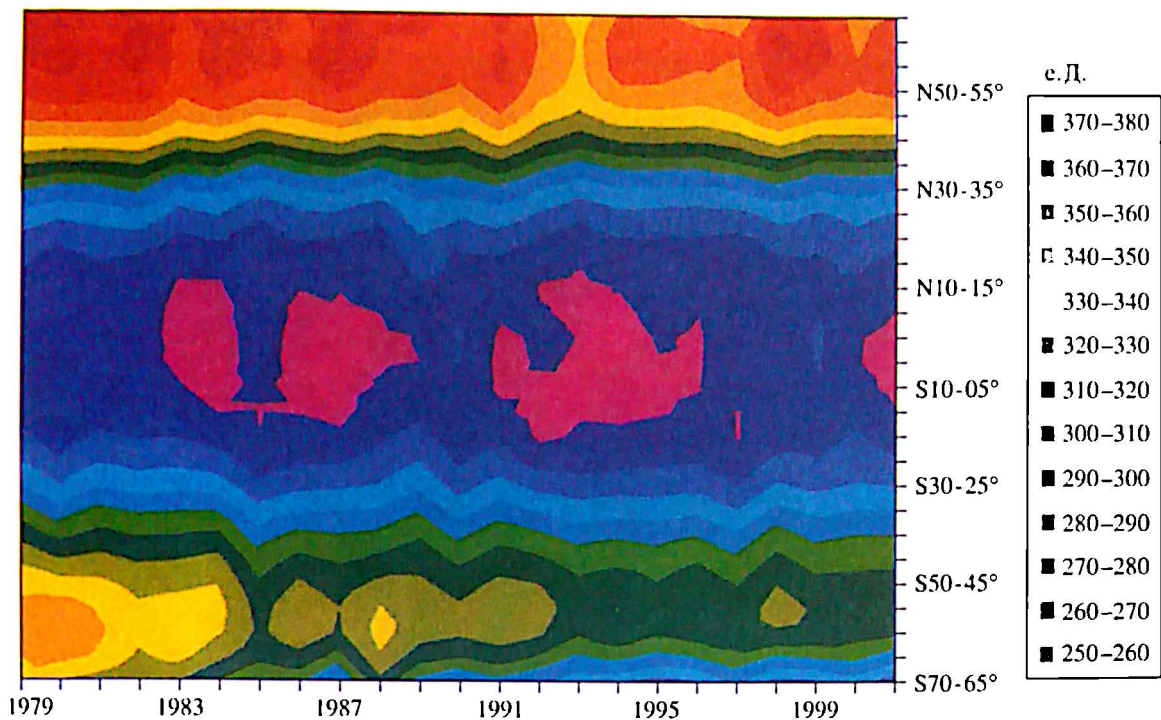
промышленные выбросы. И тогда, более 15 лет назад, были заключены международные соглашения о прекращении производства таких веществ, как хлорфторуглероды (фреоны). Выполнение этих договоренностей потребовало перестройки химической и связанных с ней отраслей промышленности, что очень дорого обошлось мировому сообществу. Оправданы ли эти затраты?

ГЛОБАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОЗОНА

Сильнейший окислитель среди малых газовых составляющих в атмосфере, озон (O_3) постоянно рождается в стратосфере при фотохимических реакциях, происходящих под воздействием ультрафиолетового (УФ) излучения Солнца. Другие химичес-

кие процессы, как в газовой фазе, так и на многих твердых поверхностях, его уничтожают. Озон погибает, попадая на почву, растительность, строительные сооружения, соприкасаясь с облачными частицами. Обычно говорят об "озоновом слое", но это не точно, потому что озон всегда перемешан с другими атмосферными газами.

При нормальном давлении и температуре толщина его однородного слоя составила бы всего около 3 мм (или 300 е.Д. – единиц Добсона, традиционно употребляемых в озонметрии). Количество озона зависит от интенсивности солнечной радиации, температуры, газового и аэрозольного состава атмосферы. Участки атмосферы,



Изменения среднегодовой величины общего содержания озона (ОСО) на различных географических широтах (данные озонметрической съемки со спутников). Над экватором содержание озона меньше, к полюсам оно увеличивается. Изменения на экваторе почти незаметны, в высоких же широтах Северного полушария ОСО уменьшилось за 20 лет на 20 е.Д., Южного – на 50 е.Д. По данным спутниковой аппаратуры TOMS (NASA).

где содержание озона гораздо ниже нормы, называют "озоновыми дырами", хотя речь идет лишь об уменьшении содержания озона в воздухе.

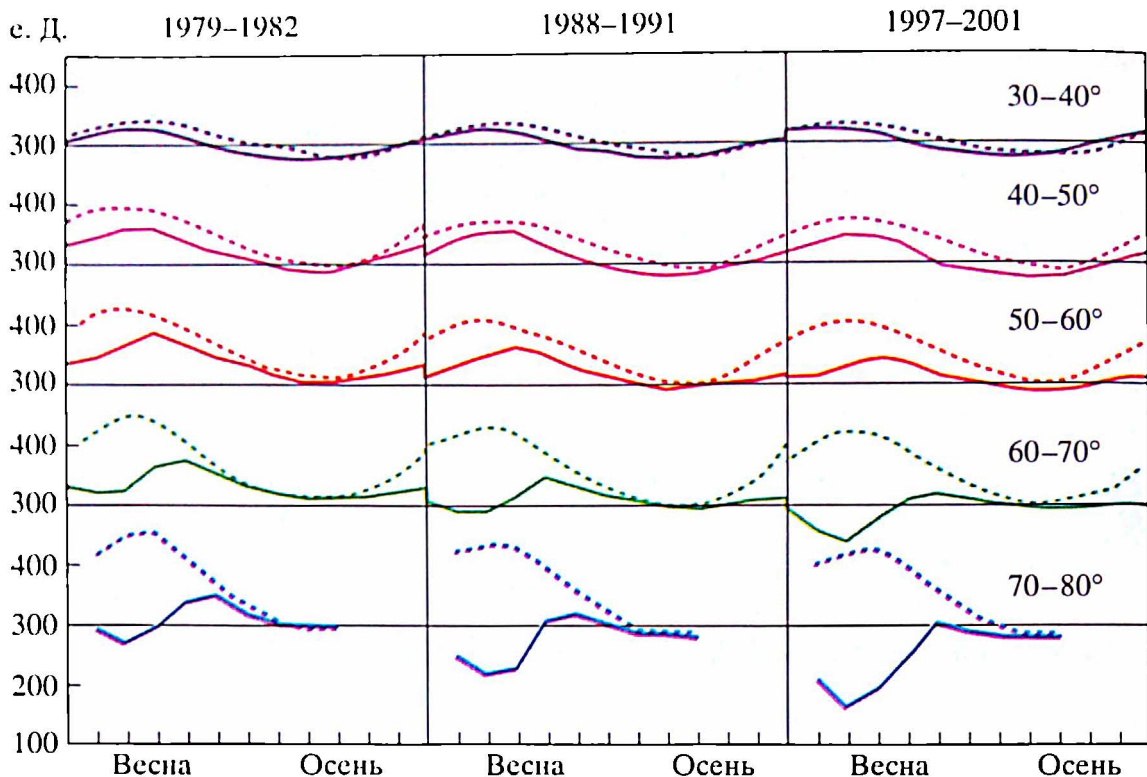
Озона в атмосфере очень мало, но он играет весьма важную роль, так как поглощает самую опасную часть поступающего от Солнца жесткого УФ-излучения, с длиной волны от 290 до 315 нм (УФ-Б), защищая живые организмы и

растительность на Земле. Менее разрушительное излучение, с длиной волны 315–400 нм (УФ-А), проходит через атмосферу почти беспрепятственно. Зависимость поглощения озона от длины волны в ультрафиолетовой области спектра используется для наиболее точных измерений **общего содержания озона (ОСО)**. Именно ОСО определяет степень защиты биосферы от УФ-Б.

В настоящее время регулярные наблюдения за озоном проводят почти 300 наземных станций, свыше 30 из них находятся на территории СНГ. Более 50 станций (в том числе российские: в Якутске и Салехарде) измеряют вертикальное распределение озона с помощью специальных зондов, поднимаемых до высоты около 30 км. Измерения ОСО выполняются почти ежедневно. Но очень важно знать

и вертикальное распределение озона, которое информирует обо всех изменениях в озоносфере. К сожалению, на большинстве станций вертикальный профиль озона получают не чаще одного раза в неделю. А ведь именно при постоянном получении вертикального профиля озона выявляются факторы, формирующие состояние озоносферы и все ее изменения.

Почти 80% всего количества O_3 сосредоточено в стратосфере на высотах от 15 до 30 км. Максимум абсолютного содержания озона в средних широтах находится на уровне 20–25 км; в полярных широтах он несколько ниже, в тропических – выше. У земной поверхности относительная концентрация озона от 10 до 50 миллиардных, при подъеме на 10 км она увеличивается до 100 миллиардных, а в стратосфере



ре, между 30 и 40 км, составляет чуть меньше одной стотысячной доли. Выше доля озона в газовой смеси падает, сначала медленно, потом резко.

Систематические исследования озонового слоя в глобальном масштабе стали возможны лишь благодаря космическим полетам. Наблюдения из космоса позволяют получить данные об общем содержании озона на освещенной Солнцем территории и, менее точно (по сравнению с озонозондами), о вертикальном его распределении.

Регулярные спутниковые измерения начаты в конце 70-х гг. прошлого века, когда стали замечать, что в озоновом слое происходят значительные изменения. В настоящее время имеются данные наблюдений ОСО аппарату-

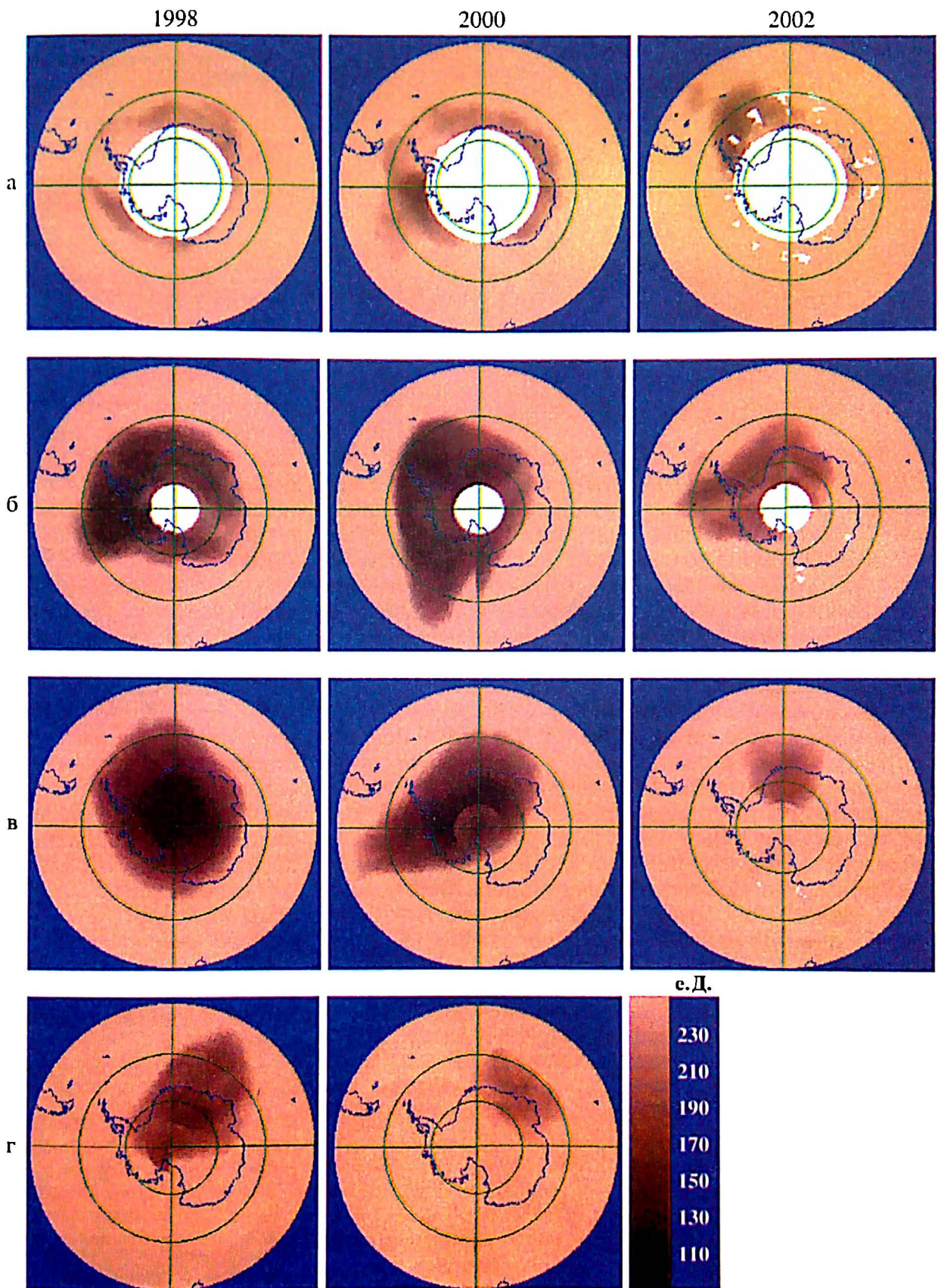
рой **TOMS** (Total Ozone Measuring System – Система измерения общего озона) на ИСЗ “**Nimbus-7**” (1978–1993 гг.), “**Метеор-3**” (1991–1994 гг.) и “**Earth Probe**” (1996–2003 гг.). Оперативный и надежный мониторинг озонового слоя по всей Земле позволяет строить глобальные карты ОСО. Считается, что в среднем абсолютная погрешность измерений ОСО аппаратурой TOMS на ИСЗ “Nimbus-7” и “Earth Probe” составляет около 3% за 14 лет, а на ИСЗ “Метеор-3” – 3% за 3 года. Наземные данные об ОСО используются в основном для градуировки и контроля спутниковых, а также оценок долговременных изменений озонового слоя. В средних широтах над Северной Америкой и Западной Европой большую часть озонометрической

Сезонный ход общего содержания озона в широтных поясах Земли в различные периоды времени, по данным озонометрической съемки со спутников. Сплошные линии – Южное полушарие, пунктирные – Северное. Весенние отрицательные аномалии ОСО характерны только для высоких широт Южного полушария.

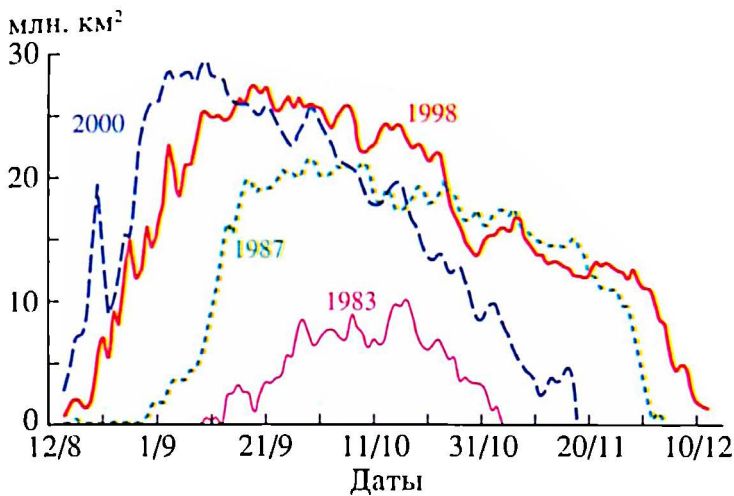
информации получают с помощью средств наземного базирования, на остальном же пространстве давно используют преимущественно **спутниковые измерения**.

**СЕЗОННОСТЬ
“ОЗОНОВЫХ ДЫР”**

Основная масса молекул озона рождается в экваториальной области и затем в результате крупномасштабных циркуляционных процессов движется



Общее содержание озона в единицах Добсона (е.Д.) в 1998 г., 2000 г. и 2002 г. Различные фазы развития весенней озоновой аномалии в Антарктиде: а) 18 августа; б) 15 сентября; в) 5 октября и г) 15 ноября. Видно, что аномалия усиливается весной и ослабляется зимой и летом.



Площади (млн. км²) весенней антарктической озоновой аномалии в период с августа по декабрь (общее содержание озона не превышает 220 е.Д.) в 1983 г., 1987 г., 1998 г. и 2000 г. По данным спутниковой аппаратуры TOMS (NASA).

к полюсам. Стратосфера над экватором начинается намного выше, чем у полюсов, при приближении к которым ОСО обычно возрастает. Исключение – период **весенней Антарктической озоновой аномалии (ВАОА)**.

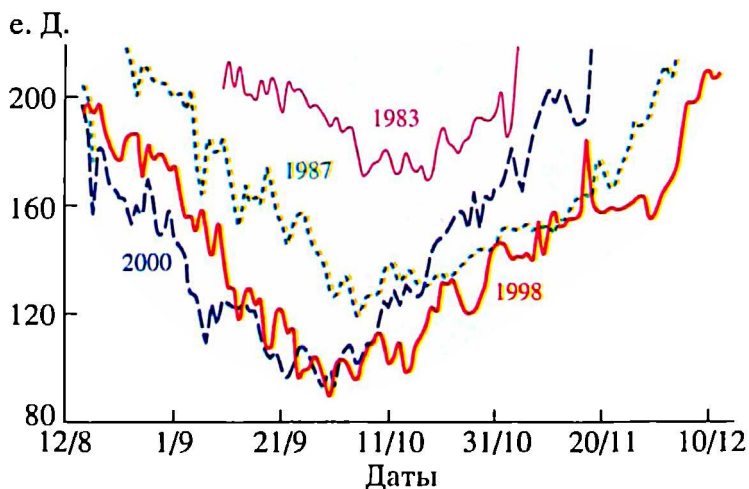
В экваториальной области значительных долговременных изменений общего содержания озона не наблюдается, там происходят лишь соответствующие солнечному циклу колебания с периодом 11 лет. В умеренных и высоких широтах Северного полушария **среднегодовое ОСО**

за последние 20 лет уменьшилось на 5–15 е.Д. (около 3%), в умеренных широтах Южного полушария – на 10–30 е.Д. (6%). Во внетропических широтах Северного полушария хорошо заметен “провал” ОСО в 1992 г. и 1993 г., вызванный извержением вулкана Пинатубо в июне 1991 г. (Земля и Вселенная, 1997, № 6); в других регионах этот эффект выражен менее четко. Наиболее значительно изменился среднегодовой уровень содержания озона в высоких широтах Южного полушария: в поясе

50–70° ю.ш. оно уменьшилось на 20%.

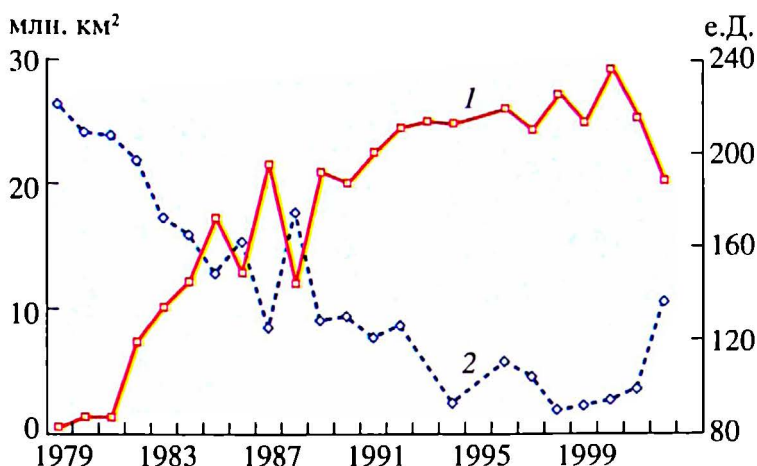
В средних широтах обоих полушарий и в высоких широтах Северного сезонный максимум озона приходится на начало весны. Еще в конце 50-х гг. XX в. основоположник системы наблюдений за озоновым слоем Г. Добсон отметил в Антарктиде аномальный сезонный ход ОСО (отсутствие максимума в весенний период). Именно здесь в период, когда возникает устойчивый циркумполярный вихрь (циркуляция вокруг полюса), ежегодно формируется весенняя Антарктическая “озоновая дыра”. Вихрь изолирует околополярную область от проникновения богатых озоном воздушных масс из средних широт, а сверхнизкие температуры (до –90°С и ниже) внутри него способствуют химическому разрушению молекул озона.

Антарктические аномалии разных лет обычно сравнивают по следующим основным параметрам: площадь территории,



Минимальное общее содержание озона в единицах Добсона (е.Д.) на разных широтах в период весенней антарктической озоновой аномалии в августе–декабре 1983 г., 1987 г., 1998 г. и 2000 г.

Максимальная площадь (млн. км²) весенней антарктической озоновой аномалии, на которой общее содержание озона не превышает 220 е.Д. (1), и минимальное общее содержание озона в период аномалии (2) по годам. Период наибольшего развития аномалии сменился в 1999 г. противоположной тенденцией.



на которой ОСО меньше 220 е.Д. (в том числе за весь период существования аномалии), минимальное содержание озона, даты начала и завершения аномалии.

В 80-х гг. XX в. наиболее глубокий озоновый минимум наблюдался антарктической весной (октябрь) 1987 г., а в следующем десятилетии – в 1998 г. В период существования “дыры” значения ОСО падают ниже 100 е.Д. Особо стоит отметить весеннюю аномалию 2002 г., которая была одной из самых необычных за историю спутниковых наблюдений. По основным показателям (малая по сравнению с несколькими предыдущими годами занимаемая площадь, небольшой дефицит ОСО, ранняя дата завершения) она значительно отличалась от аномалий всех предшествующих лет. Неоднородность величин ОСО вдоль географических параллелей указывает на то, что в 2002 г., как и в 2000 г., развитие аномалии определяли, в первую очередь, метеорологические условия. Циркумполярный вихрь над Антарктидой уже в конце сентября находился под воздействием вторжений воздушных масс из средних широт.

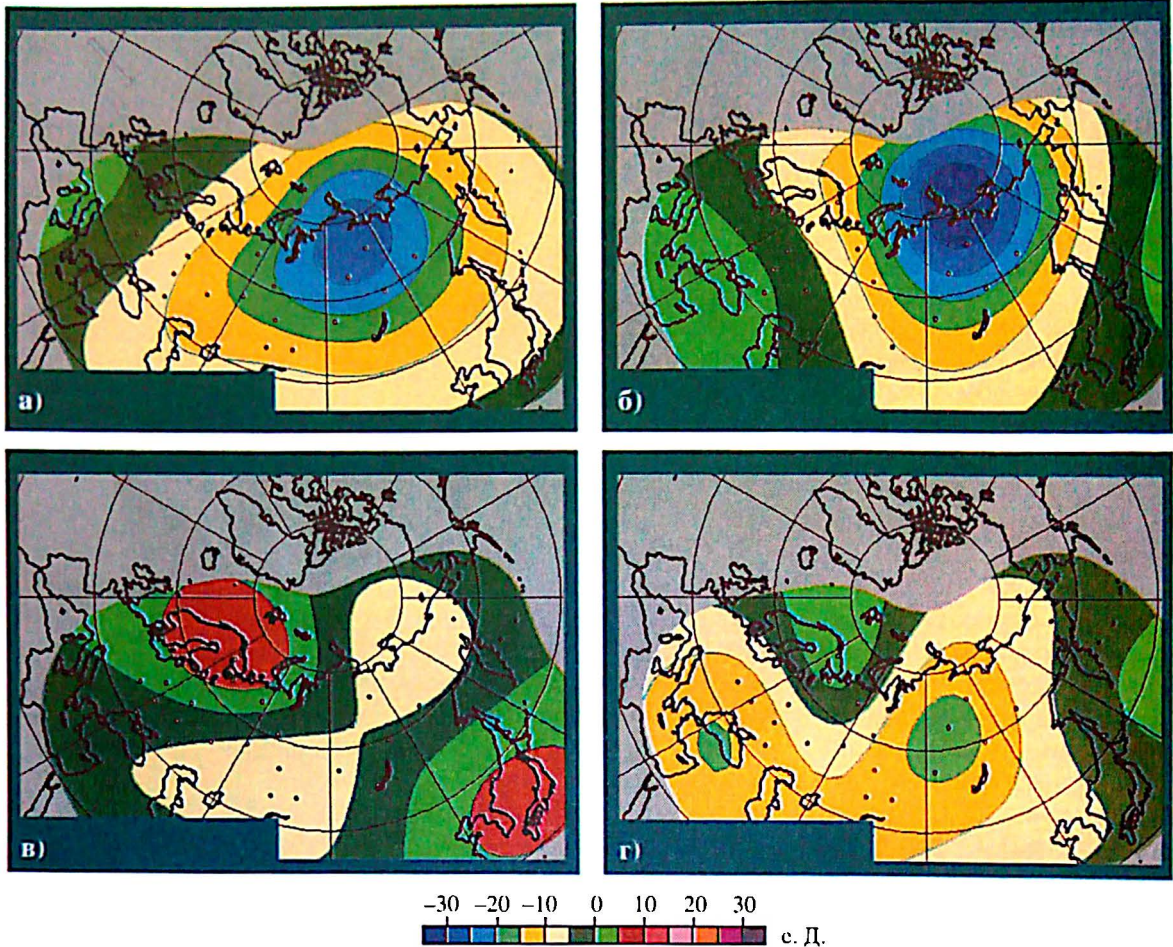
В Северном полушарии озоновые аномалии, по глубине и продолжительности сопоставимые с антарктическими, не наблюдались ни разу. Крайне низкие значения ОСО (“мини-дыры”) практически ежегодно в конце осени – начале зимы в течение нескольких дней отмечаются в районе Северного моря между Великобританией и Норвегией на площади до 1 млн. км². Там общее содержание озона меньше 200 е.Д. Рекордно низкое для Северного полушария значение – 165 е.Д. – было зарегистрировано 30 ноября 1999 г. Эти мини-аномалии переносятся западными стратосферными ветрами и в России – вплоть до Урала. Самые значительные из отмеченных в Северном полушарии озоновых аномалий существовали в течение месяца и более над Якутией весной 1995 г. и 1997 г. В 1995 г. центр аномалии в средних широтах располагался над Якутией, а в 1997 г. он находился вблизи Северного полюса, и аномалия захватила Северную Канаду.

В 2000 г. отклонения от нормы были примерно вдвое меньшими, чем в 1995 г. и 1997 г. В 1998 г., 1999 г., 2001 г. и 2002 г. повторилась ситуация, сложившаяся в 70-х гг. XX в. Времена наиболее сильных аномалий над территорией России, по-видимому, уже миновали.

ПРИЧИНА ФОРМИРОВАНИЯ АНОМАЛИЙ

Центральный вопрос озоновой проблемы – соотношение естественных и антропогенных факторов в долго сохраняющихся изменениях глобального озонового слоя, характеризующихся односторонними вариациями его средних параметров за длительный период (год и более).

В 1985 г. Международное Совещание руководителей национальных программ по исследованиям озонового слоя под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО) в Вене приняло конвенцию по охране озонового слоя. В ней указаны две воз-



возможные причины его изменений: естественная и антропогенная. В 1987 г. на аналогичном Совещании в Монреале (Канада) возобладала точка зрения специалистов по химии атмосферы. Основную ответственность за наблюдаемые долговременные изменения озонового слоя они возложили на увеличивающуюся концентрацию фреонов. Монреальский протокол (позднее к нему присоединился и СССР) обязал страны мира поэтапно прекратить производство этих соединений.

Прошло более 15 лет. По-прежнему большинство ученых за рубежом объ-

ясняют истощение озонового слоя воздействием продуктов разложения соединений, содержащих хлор. Очередной международный отчет ЮНЕП-ВМО "Научная оценка истощения озонового слоя: 2002" ("Оценка: 2002") пришел к такому заключению. Выводы основаны на моделировании фотохимических и химических превращений озона. Но модели содержат неопределенность в оценках будущих климатических изменений, они недостаточно учитывают изменения метеорологических параметров (поля атмосферного давления, температура воздуха, вет-

Карты отклонения ОСО от многолетних норм над территорией России и сопредельных стран в марте: а) 1995 г., б) 1997 г., в) 2001 г., г) 2002 г. Видна тенденция к уменьшению отклонений в 2001–02 гг. По данным Российского национального центра озонового мониторинга (г. Долгопрудный).

ра), которые несомненно влияют на озоновый слой.

Специалисты по озоновому слою в России считают, что существующие фотохимические модели недостаточно учитывают реальную динамику атмосферы. Российские ученые полагают, что она в значи-

тельной степени определяет долговременные изменения в озоновом слое и расходятся лишь в оценке соотношения естественных и антропогенных факторов.

Уже в первых дискуссиях о причинах этих процессов сторонники модельного подхода утверждали, что ряды данных глобального озонового мониторинга слишком коротки и на их основе делать какие-либо предсказания нельзя. Единственный способ оценить грядущие перемены, по их мнению, – моделирование, учитывающее расчеты антропогенных выбросов в атмосферу. **Однако ошибки оценок выбросов составляют 50–100%, а константы химических и фотохимических реакций, существенных для химических превращений озона (их, по крайней мере, несколько сотен), известны с погрешностью, в лучшем случае, 20%. Эти ошибки позволяют получить практически любой желаемый результат. Более того, согласно прогнозам, сделанным в конце 70-х – начале 80-х гг., при сохранении тех же темпов развития промышленности (с постоянным увеличением антропогенных выбросов в атмосферу) через несколько десятилетий ОСО должно было уменьшиться не более чем на 1%, причем концентрация озона максимально понизилась бы на высотах около 40 км.**

Прогноз состояния озоносферы выше уровня 35 км над земной поверхностью приблизительно

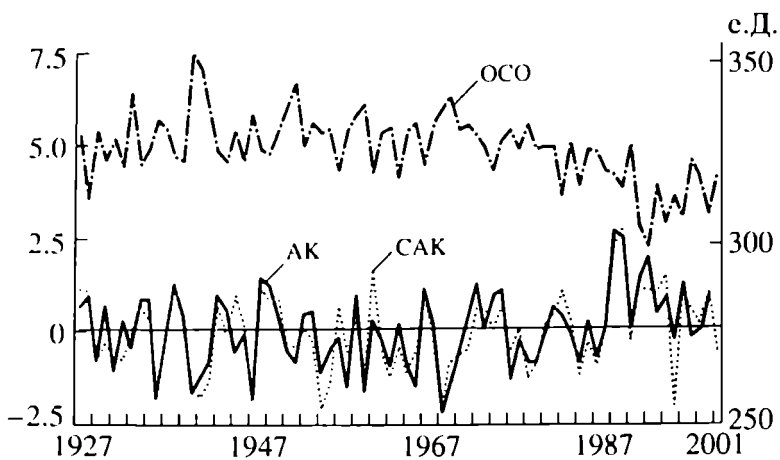
оправдывается, но ниже обнаруживаются серьезные расхождения с реальностью. Когда были обнаружены весенняя антарктическая аномалия и небольшое понижение содержания озона в средних широтах Северного полушария в начале 80-х гг., пришлось пересмотреть представления о механизмах истощения озона в области высот 15–25 км. Авторы моделей предположили, что на твердых частицах полярных стратосферных облаков идут реакции с участием продуктов разложения фреонов. Но эти облака невозможно создать (и тем более изучить) в лабораторных условиях. Для анализа причин изменений озонового слоя необходимы данные непосредственных наблюдений.

Выполнение рекомендаций Монреальского протокола обошлось человечеству уже примерно в 200 млрд. долларов США. Между тем его научное обоснование с самого начала было весьма уязвимым. С каждым годом результаты наблюдений все сильнее расходятся с заложенными в его основу моделями. Моделирование межгодовых изменений ОСО, выполненное в 2001 г. группой под руководством И.Л. Кароля из Главной геофизической обсерватории (Санкт-Петербург), показало, что до сих пор не “озоноразрушающие вещества” определяли долговременную изменчивость озона, а отклонения в атмосферной динамике.

“Фреоновая версия” не может объяснить аномально низкие значения ОСО в весенний период над Антарктидой в конце 50-х гг. и огромные (более 5% за 10 лет) и отрицательные тренды озона на всех антарктических станциях с момента начала наблюдений в 50–70-х гг. Знаменитый вулканолог Гарун Тазиев в предисловии к книге английских научных журналистов Р. Мадуро и Р. Шауэрхаммера “Прорехи в озоновой панике: научное доказательство того, что небо не обваливается” (1992 г.) справедливо заметил: “...противоречит истине, когда в качестве предлога для обвинения хлорфторуглеродов в разрушении озона над Антарктидой утверждают, что ныне знаменитая “озоновая дыра” была открыта в 1985 г., так как она существовала еще в 1956 г.”.

В отчете ЮНЕП-ВМО “Оценка: 2002” впервые признано: то утоньшение озонового слоя, которое наблюдается в высоких широтах Северного полушария, нельзя объяснить реакциями, происходившими в стратосферных облаках над Антарктидой. На долговременные изменения ОСО в средних широтах Северного полушария значительно повлияли изменения в атмосферной динамике. Химические и динамические процессы в атмосфере взаимосвязаны, и они совместно воздействуют на трансформации озонового слоя.

Еще в 1996–97 гг. автор и Г.М. Крученицкий рас-



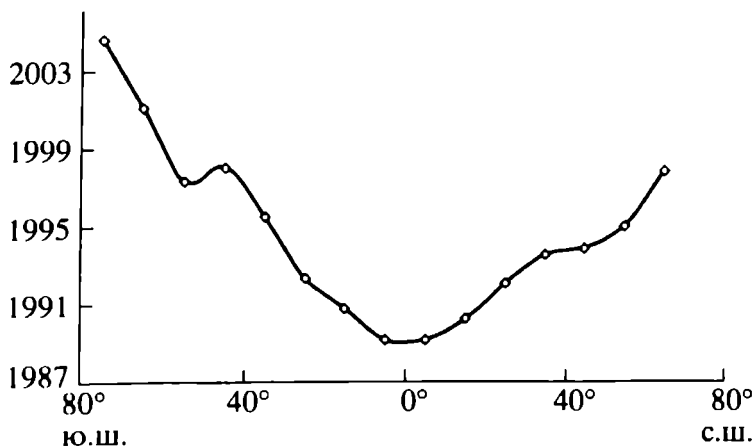
Сопоставление (январь–март) стандартизованных средних индексов арктического колебания (АК) и североатлантического (САК) (шкала слева) со среднегодовыми величинами общего содержания озона (е.Д.) в Арозе (Швейцария), в 1927–2001 гг. По информации Мирового центра данных по озону и ультрафиолетовому излучению (Торонто).

смотрели влияние атмосферной динамики на долговременные флуктуации ОСО (данные станции всемирной озонометрической сети). Тогда впервые было показано, что около 25% наблюдаемого уменьшения ОСО в средних и высоких широтах Северного полушария вызваны изменением параметров **североатлантического колебания (САК)**. В 1998 г. метеорологи ввели еще одну эффективную характеристику атмосферной циркуляции – **арктическое колебание (АК)**. Его оценка количественно отражает состояние поля атмосферного давления во внетропи-

ческих широтах Северного полушария. Положительные значения индексов САК и АК в зимний период соответствуют более сильным, чем обычно, западным ветрам над Атлантикой, а также холодным зимам – на востоке США и Канады и мягким – в Европе. Отрицательные индексы отвечают слабым западным ветрам и холодным зимам в Европе. Примерно с 1980 г. структура атмосферной циркуляции в зимний период над Северной Атлантикой существенно изменилась, оба индекса колебаний (САК и АК) при этом поднялись до высоких положитель-

ных значений (сейчас они постепенно снижаются, приближаясь к нулю). Индексы коррелируют с самым длинным рядом измерений общего содержания озона с 1926 г. в Арозе (Швейцария) и рядами на других станциях, где регулярные измерения ОСО начались в период Международного геофизического года (1957–58 гг.).

Индексы арктического и североатлантического колебаний находятся в **противофазе к изменениям ОСО**. Заметное уменьшение ОСО в 80-е гг. совпало с возрастанием индекса (АК и САК), увеличение же ОСО с начала 90-х гг. сопровождалось снижением значений индексов. Современные расчеты показывают, что около 40% долговременного уменьшения ОСО над Арозой и всем Северным полушарием обусловлены изменением индекса арктического колебания.



Годы наступления минимума общего содержания озона на различных географических широтах. Минимум ОСО в высоких широтах Южного полушария пройден в конце 90-х гг., Северного полушария – в первые годы XXI в., на экваторе – в середине 90-х гг. XX в.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ОЗОНОСФЕРЕ

В 80-е гг. концентрация озона везде уменьшалась, но с 90-х гг., исключая Антарктиду и прилегающие к ней области, началось медленное возрастание ОСО в экваториальной зоне, а затем процесс приблизился к полюсам. Минимальные значения ОСО наблюдали над большей частью территории Земли еще до того, как концентрация хлорфторуглеродов в стратосфере достигла (около 1998 г.) своего максимума. К настоящему времени в большинстве широтных зон минимум ОСО, видимо, пройден. При сохранении наметившейся тенденции в Антарктиде в ближайшем десятилетии начнется, вероятно, восстановление ОСО в период весенней аномалии (на это указывает и неожиданно малая аномалия 2002 г.).

Аномалии 2000 г. и, в особенности, 2002 г. свидетельствуют, что возникновение и развитие "озоновой дыры" над Антарктидой определяется, в пер-

вую очередь, не накоплением антропогенных фреонов. Главную роль всегда играют метеорологические процессы, определяющие температуру и концентрации озоноразрушающих веществ (облачных частиц). Концентрация хлорфторуглеродов в стратосфере в последние 15 лет по-прежнему остается достаточно высокой, и основные различия в развитии аномалий обусловлены именно разнообразием метеорологических параметров. Поведение аномалии в 2002 г. подтверждает правильность сделанного автором и Г.М. Крученицким прогноза **о постепенном возвращении озонового слоя к состоянию, существовавшему до 80-х гг. XX в.**

В Северном полушарии ни разу не наблюдалось значительных отклонений в сезонном ходе ОСО (кроме, возможно, широт выше 70° в 1997 г.), а также его постоянно низких значений каждой весной. В весенних аномалиях 1995 г. и 1997 г. в Восточной Сибири значения ОСО, хотя и опускались на 40%

ниже нормы, не достигали 270 е.Д. Все озоновые мини-аномалии над Европой связаны с **динамикой атмосферы** над Северной Атлантикой. Поэтому об Арктической озоновой аномалии не приходится говорить ни сейчас, ни в ближайшем будущем.

Анализ результатов наблюдений показывает, что изменения озонового слоя в глобальном масштабе в значительной степени связаны с изменениями атмосферной циркуляции. В то время, когда принимались решительные меры по запрещению "озоноразрушающих" веществ, необходимые научные обоснования еще не были сформулированы. Причины изменений в озоносфере не ясны до сих пор, поэтому не следует спешить с проведением мероприятий, связанных с большими затратами. Необходимо изучение изменчивости озонового слоя, имея в виду, что это потребует еще многих десятилетий. И, как всегда, главным критерием истины должны быть результаты наблюдений.

Информация

Солнце в рентгеновских лучах

В феврале 2003 г. Национальное управление по изучению океана и атмосферы США (NOAA) задейство-

вало новый прибор SXI (Solar X-ray Imager – изображение Солнца в рентгеновских лучах), установленный на борту искусственного спутника Земли "GOES-12" (запущен 23 июля 2001 г.).

SXI обладает способностью регистрировать излучение в "мягкой" части рентгеновского диапазона. Это даст возможность астрономам-солнечникам получать намного более четкую картину процессов, происходящих в атмосфере светила.

Изображения в рентгеновской части спектра Солнца, получаемые

с ИСЗ "GOES-12", предоставляют ученым данные о вспышках, выбросах солнечной материи и о процессах в его короне.

В Интернете (www.sec.noaa.gov/sxi) можно найти движущиеся изображения событий на Солнце, произошедших за последние 12 ч, они обновляются каждые 5 мин. Кроме того, его архивы содержат неподвижные изображения, суточные и месячные данные о процессах на Солнце.

Science, 2003, 299, 5610

Современная астрометрия*

К. В. КУИМОВ,
доктор физико-математических наук
ГАИШ

КАРТА НЕБА

Во второй половине XIX в. в астрономии стала применяться фотография, которая позволила намного увеличить производительность труда при наблюдениях. Теперь можно было поставить грандиозную задачу: сфотографировать все небо и уже затем, измеряя фотопластинки днем в спокойной обстановке, определить координаты большого числа звезд. В 1887 г. в Париже состоялось международное совещание, на котором решили начать работу по составлению Карты неба (по-французски *Carte du Ciel*). Совещание было созвано по инициативе французских астрономов, а также Д. Гилла из обсерватории на мысе Доброй Надежды. Предполагалось, что работа будет состоять из двух частей: создания фотографического атласа всего неба

и каталога звезд, содержащего координаты и оценки яркости звезд. Участники совещания также решили, какие именно телескопы использовать. Специально для наблюдений Карты неба были изготовлены телескопы, получившие название **нормальных астрографов**. Диаметр фотографического объектива нормального астрографа – 34 см, а фокусное расстояние – 3.4 м. Размер поля зрения, в котором измерялись изображения звезд, – $2.1^\circ \times 2.1^\circ$.

Одна или две обсерватории не могли выполнить в те времена такую большую работу. Поэтому все небо разделили на зоны по склонению, наблюдение каждой было поручено одной обсерватории. Наблюдения начались уже в 1891 г. Общественно-политические катаклизмы начала XX в. помешали своевременному окончанию работы. Последние фотогра-

фии были получены только в 1950 г. Но 90% наблюдений выполнено до 1920 г. Для изготовления карт были сфотографированы пластинки с длительной выдержкой, на которых получились звезды приблизительно до 14-й величины. Для составления каталога звезд до 11-й величины сфотографированы пластинки с более короткими выдержками (несколько минут). На пластинки была впечатана квадратная сетка тонких линий размером 130 мм \times 130 мм, со стороной квадрата 5 мм. По отношению к этой прямоугольной системе координат были измерены изображения всех звезд на пластинке. Измерения проводились вручную, с помощью микроскопа с микрометром. На всех пластинках Карты неба измерено около 8.6 млн. изображений звезд. Результаты измерений опубликованы в более чем 250 томах, полу-

* Окончание. Начало см. Земля и Вселенная, 2003, № 5.

чивших название "Астрографический каталог". Остается только восхищаться трудолюбием наших предшественников.

Но таким образом можно измерить только координаты звезд в системе координат, "нарисованной" на пластинке. Как перейти к небесным координатам? Для этого нужно на каждой пластинке иметь несколько звезд, координаты которых известны в обеих системах координат, небесной и "пластиночной". Такие звезды называются *опорными*. Нужные формулы вывел в конце XIX в. английский астроном Г.Х. Тернер (1861–1930). Этот простой метод находит применение до сих пор. Он сводится к решению двух линейных систем уравнений, каждая с тремя неизвестными. В наше компьютерное время это никаких трудностей не представляет, но в эпоху создания Карты неба решение большого числа таких систем было проблемой. Некоторые из обсерваторий, принимавших участие в наблюдениях, решили ее, некоторые – нет. В Астрографическом каталоге часто опубликованы только прямоугольные координаты x , y , лишь в редких случаях приводятся и небесные координаты – прямое восхождение и склонение.

Но как же воспользоваться Астрографическим каталогом, ведь в большинстве случаев он не содержит небесных координат? Сейчас задача решается просто. Отыщем в современных каталогах координаты некоторых из

звезд, сфотографированных на старых пластинках, объявим их "опорными" и вычислим координаты всех остальных звезд, какими они были сто лет назад. Конечно, нужно знать, как были расположены опорные звезды в то время, но для звезд каталога "Гиппаркос" это возможно, ведь мы знаем их собственные движения.

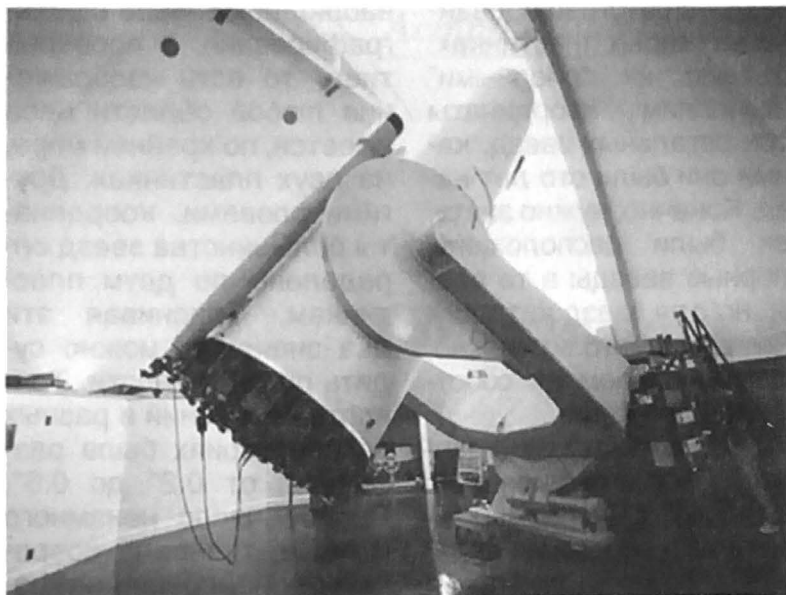
Задача приведения данных Астрографического каталога к современной системе координат является простой только в принципе. Наиболее трудной ее частью является исследование и учет разного рода ошибок в исходных наблюдениях и измерениях. Несмотря на это, Государственному астрономическому институту им. П.К. Штернберга и Военно-морской обсерватории США в начале 90-х гг. XX в. удалось привести данные Астрографического каталога к современной системе координат. Результаты различаются незначительно. Интересно отметить, что перенесение данных, опубликованных в печатной форме, на машинные носители было выполнено вручную, другой возможности не было.

Вспомним, что любой экспериментальный результат не имеет никакой ценности, если не указана его точность. Какова же точность данных Астрографического каталога, приведенных в современную систему? Ответить было бы затруднительно, если бы наши предшественники об этом не позаботились при организации

наблюдений. Небо сфотографировано с перекрытием, то есть изображение любой области неба имеется, по крайней мере, на двух пластинках. Другими словами, координаты большинства звезд определены по двум пластинкам. Сравнивая эти два значения, можно судить об их точности. Точность измерений в разных обсерваториях была различной, от 0.2" до 0.6". Первое число ненамного меньше точности современных измерений на фотографиях, полученных с похожими телескопами. Различие в точности связано в основном с применявшимися приборами.

Благодаря Карте неба мы смогли получить координаты 4.6 млн. звезд по пластинкам, сфотографированным в среднем на 70 лет раньше, чем летал спутник "Гиппаркос". Астрономы говорят: разность эпох велика, точность собственных движений будет хорошей. Сравнение старых наблюдений с каталогом "Тихо" позволило определить собственные движения миллиона звезд с точностью 0.0025"–0.0030" в год. Это намного точнее собственных движений, полученных без привлечения старых наблюдений.

Итак, мы несколько помогли рядовому астроному, обеспечив ему 25 звезд в поле зрения размером в 1°. Но на больших телескопах, где применяются в качестве фотоприемников приборы зарядовой связи (ПЗС-матрицы), поле зрения составляет несколько минут дуги, то есть по пло-



Телескоп Шмидта в обсерватории Маунт-Паломар.

щади в 100 раз меньше. Опять астроном остается без опорных звезд.

Применив более совершенные методы обработки измерений, авторам каталога "Тихо" удалось увеличить число звезд. Новый каталог, "Тихо-2", содержит 2.5 млн. звезд. По сравнению с "Тихо" число звезд увеличено за счет слабых звезд. Их собственные движения также вычислены с привлечением данных Астрографического каталога. Но все-таки это не решает проблемы опорных звезд для малого поля зрения. Могут помочь, хотя и частично, современные фотографические обзоры неба. Почти все астрономы пользуются этими обзорами. Кратко расскажем о них.

СОВРЕМЕННЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ОБЗОРЫ

Прежде всего назовем фотографический обзор неба, который сделан на обсерватории Маунт Пало-

мар – "Паломарский атлас". Использовался только один инструмент – *телескоп Шмидта*, наблюдения продолжались всего 8 лет. Почему же не потребовалось международного сотрудничества и многих десятилетий для окончания работы? Чтобы ответить на этот вопрос, надо познакомиться с особенностями оптической системы телескопа Шмидта.

Астрономы давно мечтали о телескопе, в котором сочетались бы высокая светосила, большое поле зрения и хорошее качество изображений на всем поле зрения. Светосилой в астрономии называется отношение диаметра объектива к его фокусному расстоянию. От этой величины зависят освещенность изображений и, следовательно, необходимое время выдержки при фотографировании. Изготовить объектив или зеркало с высокой светосилой – дело нехитрое, но вот добиться хорошего качества изоб-

ражения на широком поле трудно. Для этого применялись сложные многолинзовые системы, их диаметры были невелики. Проблему решил в 1932 г. оптик-самоучка **Бернгард Шмидт**, работавший в то время в Бергедорфской обсерватории (Германия). Он предложил простую систему, обладавшую нужными качествами, и даже изготовил ее.

Телескоп Шмидта очень прост. Главное зеркало – сферическое. Перед ним ставится линза довольно сложной формы, но мало отличающаяся от плоскопараллельной пластины. Расстояние от нее до главного зеркала должно быть таким, чтобы центр кривизны зеркала находился на ней. Свет от звезды проходит через линзу, преломляясь очень мало, отражается от зеркала и собирается в фокус внутри телескопа, посередине между линзой и главным зеркалом. Сюда и помещается фотопластинка. Вся система почти симметрична относительно центра кривизны, поэтому качество изображения почти одинаково хорошо как в центре поля зрения, так и на краях.

К сожалению, симметрия распространяется и на форму фокальной поверхности: она является частью сферы. Другими словами, хорошие изображения звезд образуются на выпуклой поверхности. Следовательно, фотопла-

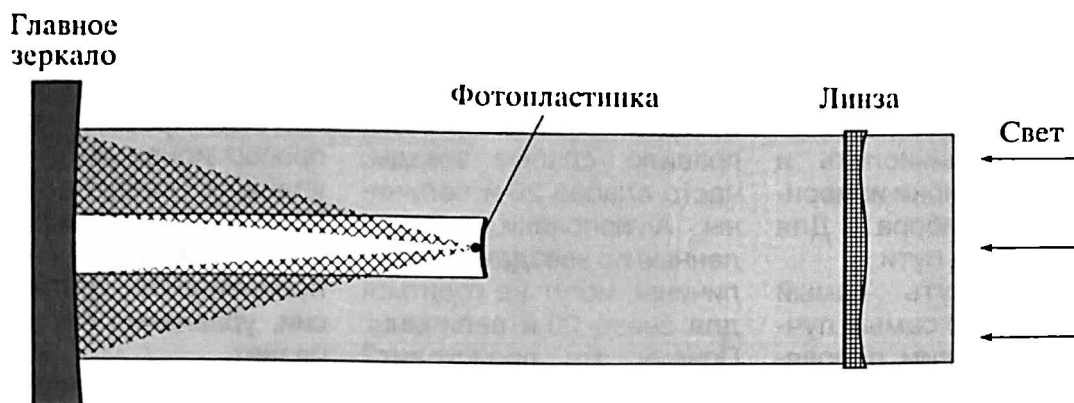


Схема оптической системы телескопа Шмидта.

стинка должна быть искривлена. Для этого изготовлены специальные кассеты, в которых фотопластинка прижимается к выпуклой сферической поверхности и принимает форму, более или менее совпадающую с фокальной поверхностью.

Несмотря на такое неудобство, с телескопами Шмидта выполнены фотографические обзоры неба в лучах разных цветов за довольно короткий срок. Поле зрения пластинок при таких обзорах составляло $6.5^\circ \times 6.5^\circ$, то есть 42 квадратных градуса. Вспомним, что поле зрения пластинок, использованных при наблюдениях для Карты неба, — всего 4 квадратных градуса. Высокая светосила позволяет применять при фотографировании сравнительно короткие выдержки. Можно сказать, что телескоп Шмидта — наиболее подходящий инструмент для фотографических обзоров неба. В обсерваториях имеются бумажные и стеклянные копии пластинок. Пластинки отсканирова-

ны, и из сети Интернет можно получить изображение любого участка неба.

Но если пластинки отсканированы, значит вся или почти вся информация, на них содержащаяся, доступна для обработки на компьютерах. А это, в свою очередь, означает, что можно определить координаты всех звезд, изображения которых получились на фотопластинках. Такая работа действительно проделана в Военно-морской обсерватории США и других обсерваториях. Каталог звезд, В1.0, содержит координаты, собственные движения и звездные величины свыше 1 млрд. звезд. Это очень ценный наблюдательный материал. С его помощью, например, находят «оптических двойников» интересных радиоисточников.

Какова точность данных в каталогах, основанных на Шмидтовских обзорах? Ответить на этот вопрос сложнее, чем в случае Карты неба. Причин здесь несколько. Мы назовем лишь две основные.

Во-первых, диапазон блеска звезд, содержащихся в таких каталогах, намного больше, чем в Астрографическом каталоге. В каталоге В1.0 содержатся звезды слабее 20-й величины, в то время как в Астрографическом каталоге — не слабее 12-й. Вторая причина связана с кривизной фокальной поверхности телескопа. Во время фотографирования пластинка искривлена, а во время измерений — уже нет. Следовательно, взаимное расположение изображений звезд изменилось. В результате измерений нужно вводить поправки.

Здесь самое время поговорить об исследовании инструментов. Любые измерения происходят с ошибками. Если ошибки подчиняются некоторой закономерности, они называются систематическими. Систематические ошибки нужно определить и исключить. Как уже говорилось, самое простое — измерить какие-нибудь объекты с уже известными параметрами и сравнить

их. Разности, если они более или менее повторяются от измерения к измерению и от объекта к объекту, можно вычислить и учесть как ошибки измерительного прибора. Для этого есть два пути.

Первый путь самый простой, но не самый лучший. Представим поправки из таблицы какой-нибудь формулой, позволяющей вычислять их величины. Обычно для этого используют полиномы (многочлены). В нашем случае потребуются, к сожалению, полиномы высоких степеней, выше 10-й.

Второй путь сложнее, но, по нашему мнению, лучше. Вместо полиномов мы возьмем формулу, описывающую деформацию пластинки в кассете телескопа Шмидта, выведенную на основе теории упругости материалов, в данном случае стекла. Вывести такую формулу трудновато, но возможно. Исходных данных совсем немного. Это толщина стекла, коэффициент Пуассона стекла (характеристика материала) и радиус кривизны фокальной поверхности, точнее опорной сферы, на которую она опирается в кассете. Вычисления очень сложны, но все-таки Ф.Д. Сорокину, преподавателю МГТУ им. Н.Э. Баумана, удалось их выполнить.

Применяя этот метод, мы выиграли независимость от координат звезд, использованных при составлении таблицы поправок. Вспомним, что звезды с известными точными координатами – “яркие” звезды, приблизительно

до 10–11-й величины. Объектами наших интересов на пластинках телескопа Шмидта являются, как правило, слабые звезды, часто слабее 20-й величины. А поправки, определенные по звездам 10-й величины, могут не годиться для звезд 20-й величины. Почему это происходит? Причина довольно скучна, но очень важна. С нею приходится иметь дело не только астрометристам.

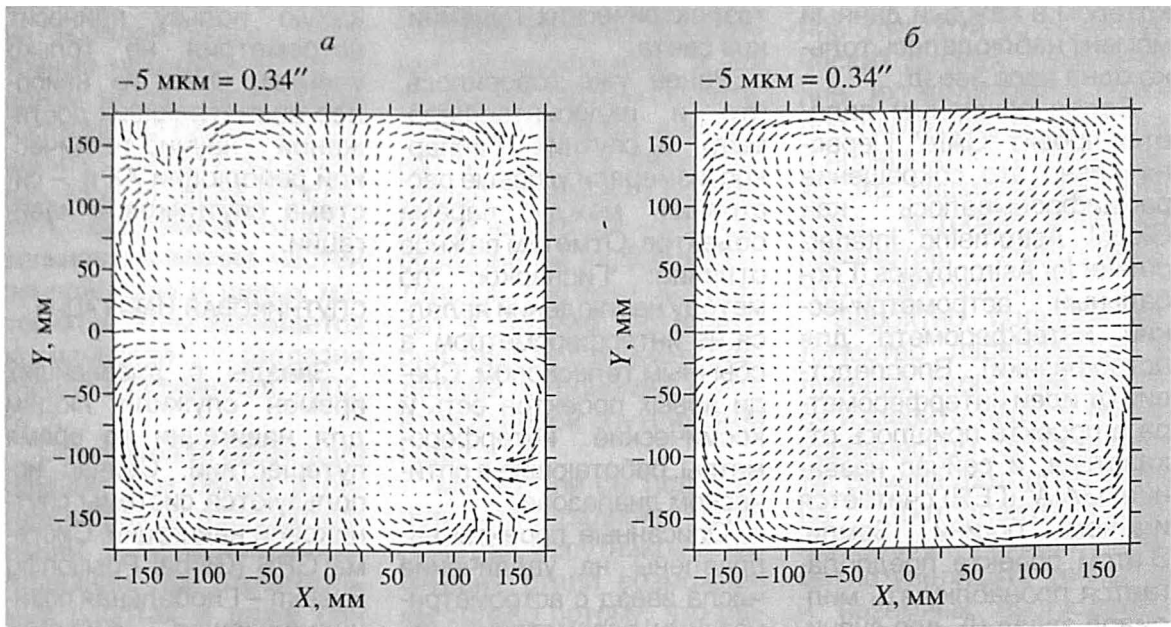
Испокон веков астрономы знали, что во всех измерениях присутствует ошибка, зависящая от блеска звезды. Поясним это примером. Предположим, мы измеряем положение переменной звезды, периодически меняющей свой блеск на несколько звездных величин. Тогда может оказаться, что ее измеренное положение будет также чуть-чуть меняться, причем с тем же периодом. По традиции подобного рода ошибки называются в астрономии уравнением блеска. Такие ошибки могут внести несуществующие на самом деле закономерности в движения звезд. Неискушенный в астрометрии астроном может подумать, что наша переменная звезда совершает периодические движения в пространстве. Издаются даже специальные сборники статей, посвященные исследованию этой ошибки.

Уравнение блеска вызывается сочетанием двух причин. Первая из них – плохое качество изображений звезд, точнее асимметрия изображений звезд. Вторая причина – нелинейность отклика фотографи-

ческой эмульсии на световой поток. Другими словами, количество проявленных зерен фотоэмульсии не пропорционально числу упавших квантов света. Если исключить либо асимметрию изображений, либо нелинейность фотоэмульсии, уравнение блеска исчезнет.

Радикальным решением проблемы уравнения блеска является замена фотопластинок на приборы зарядовой связи (ПЗС-матрицы). Интервал блеска звезд, в котором сохраняется пропорциональность между яркостью и отсчетом, у этих приборов в несколько десятков раз больше, чем у фотопластинок. К сожалению, размер самых больших существующих ПЗС-матриц в 10 раз меньше (а по площади в 100 раз), чем фотопластинок. Поэтому приходится “выстилать” поле зрения мозаикой из ПЗС-матриц. Но технические трудности постепенно преодолеваются. Очень скоро астрономы забудут о фотопластинках. Конечно, мы имеем в виду будущие наблюдения, а не огромную массу существующих во всем мире астрономических негативов.

Итак, из фотографических обзоров мы имеем пока координаты и собственные движения свыше 1 млрд. звезд. У нас нет их параллаксов. Мы не можем сказать, где в Галактике они находятся, как и с какими скоростями движутся, к каким популяциям звезд относятся, каковы их истинные яркости (абсолютные звездные величины). Но



Ошибки положений звезд, вызванные деформацией фотопластинки в телескопе Шмидта: а) полученные из наблюдений, б) рассчитанные теоретически.

имеющаяся информация все-таки очень ценна.

С параллаксами (расстояниями) дело обстоит хуже. Как уже говорилось, влияние параллакса на положения звезд не накапливается со временем, и ожидание не приносит пользы. Радикальное решение проблемы определения параллаксов возможно, по-видимому, только при использовании очередного астрометрического космического аппарата.

БУДУЩЕЕ АСТРОМЕТРИИ, БЛИЗКОЕ И ДАЛЕКОЕ

Беспрецедентный успех эксперимента "ГИППАРКОС" инициировал разработку

следующих астрометрических проектов. По виду порядка осмотра неба их можно разделить на два класса: активные и сканирующие спутники. Активный спутник можно ориентировать в любом направлении и использовать любые времена выдержки для накопления квантов. Сканирующие спутники просматривают небо по заданной программе. Как мы видели, "Гиппаркос" был сканирующим спутником. Производительность работы сканирующих спутников выше, однако свобода выбора объектов для наблюдений намного меньше.

Какие же задачи намечено решить в будущих экспериментах? Все проекты рассчитаны на значительное увеличение точности результатов. Напомним, для этого нужно собрать больше квантов и увеличить диаметр объектива телескопа. Заметно увеличить диаметр в усло-

виях космического эксперимента трудно. А вот увеличить число зарегистрированных квантов можно. На спутнике "Гиппаркос" был использован фотоприемник с квантовой эффективностью всего 8%. Это означает, что приемник регистрирует только 8% пришедших квантов. Современные фотоприемники в 10 раз эффективнее. Если спутник активный, то можно увеличить время выдержки.

Вы уже знаете, что насущной необходимостью является увеличение числа звезд с известными астрометрическими параметрами. В новых проектах планируется увеличить число звезд приблизительно до 35 млн. Здесь нам опять помогут современные фотоприемники (ПЗС-матрицы). Такие приборы регистрируют все звезды, находящиеся в поле зрения, в отличие от спутника "Гиппаркос", на

котором в каждый данный момент наблюдалась только одна пара звезд.

Более обширным является проект "GAIA". Первоначально это сокращение расшифровывалось как Global Astrometric Interferometer for Astrophysics (Глобальный астрометрический интерферометр для астрофизики). Впоследствии от идеи интерферометра в проекте пришлось отказаться, и сейчас название "GAIA" (ГЕЯ) считается именем богини Земли. В этом проекте предполагается пронаблюдать миллиард звезд (!), для значительной части из них определить не только пять астрометрических параметров, но и лучевые скорости. Также будут произведены фотометрические измерения в разных полосах спектра. Телескопу космического аппарата будут доступны также и квазары, определяющие фундаментальную систему. Запуск космического аппарата ожидается до 2012 г.

Важным отличием от других проектов является особенная орбита. Космический аппарат будет двигаться не вокруг Земли, а около точки либрации L2 в полутора миллионах километров от Земли. Преимущества перед орбитой обычного спутника Земли такие: спутник не заходит в тень Земли, Земля не появляется в поле зрения, орбита расположена вне радиационных поясов Земли. Последнее важно потому, что во время нахождения спутника в этих поясах содержащиеся в них частицы искажают отсчеты фо-

тоэлектрических приемников света.

Ранее уже говорилось, что и радиоинтерферометр, и спутник "Гиппаркос" измеряли угловые расстояния между парами объектов. Отметим важное отличие: "Гиппаркос" по методу наблюдений является не интерферометром, а обычным телескопом. Среди новых проектов есть и космические интерферометры, работающие в оптическом диапазоне.

Описанные проекты направлены на увеличение числа звезд с астрометрическими параметрами, известными в фундаментальной системе координат. Но насколько точно известны координаты объектов, определяющих эту систему? В настоящее время они постоянно уточняются на основе новых наблюдений. Следует упомянуть и о проекте "РАДИОАСТРОН" (Земля и Вселенная, 2000, № 4), разрабатываемом в России. Это радиоинтерферометр, одна из антенн которого будет находиться на космическом аппарате. Таким способом разрешающая сила интерферометра увеличится на порядок. Среди задач, решение которых запланировано с помощью "РАДИОАСТРОНА", есть и задача уточнения реализации фундаментальной системы координат. Правда, возникнет множество новых проблем, надо, например, определить точное положение самого космического аппарата относительно антенн, находящихся на Земле.

В заключение вернемся на Землю и посмотрим,

какую пользу приносит астрометрия не только ученым. Одно из наиболее впечатляющих достижений научно-технической революции XX в. – система спутниковой навигации.

СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ

Звезды с древнейших времен служили людям для навигации во время путешествий. Сейчас используются системы спутниковой навигации. Система GPS (Global Positioning System – Глобальная позиционирующая система) состоит из 24 спутников, запущенных таким образом, что в любой точке поверхности Земли в любой момент можно принимать сигналы не менее чем четырех спутников. Система ГЛОНАСС (Глобальная навигационная спутниковая система) похожа на GPS, но орбиты спутников немного различаются. Эта система укомплектована пока не полностью.

Каждый спутник посылает радиосигналы, в которых закодированы его координаты, моменты времени и некоторые другие данные. Приемник спутниковой навигации фиксирует эти сигналы и, сравнивая моменты их приема от разных спутников по своим часам, вычисляет координаты точки, в которой он сам находится, а также поправку своих часов относительно часов спутников. Самые простые приемники спутниковой навигации позволяют определять положение с точностью около 25 м. Более

сложные имеют точность на порядок выше. Если точный приемник стоит в одном месте, накопление наблюдений позволяет повысить точность во много раз. Можно даже определить медленное относительное движение частей земной коры и целых материков. Этим занимается космическая геодезия (Земля и Вселенная, 2002, № 3).

Спутниковая навигация находит все более и более широкое распространение в авиации, мореплавании, при строительных работах и даже при сборе грибов (чтобы не заблудиться в лесу). Является ли спутниковая навигация астрономическим методом? Ведь приемник спутниковой навигации принимает сигналы искусственных спутников Земли, а не звезд. Но координаты спутников нужно оп-

ределять в фундаментальной системе координат, установленной в астрономии. Можно сказать, что определение координат человека в лесу с помощью приемника спутниковой навигации – это преобразование из фундаментальной системы координат в земную. Астрометрия, наряду с другими разделами астрономии, является основой спутниковой навигации.

Мы хотели бы подчеркнуть, что и радиоинтерферометры, и спутниковая навигация стали возможными только потому, что были изобретены атомные часы – приборы, измеряющие время с относительной точностью 10^{-14} .

Итак, мы прошли путь от точных координат 600 квазаров до Шмидтовского фотографического обзора более чем 1 млрд. звезд. На каждом этапе этого пу-

ти происходило уменьшение точности астрометрических данных и увеличение их количества. Уже при переходе от каталога "Гиппаркос" к каталогу "Тихо" мы лишились важнейшего астрометрического параметра – параллакса. Что сулит будущее?

Вероятно, большое количество параллаксов и лучевых скоростей удастся измерить лишь в новом космическом эксперименте. Замена фотопластинок на фотоэлектрические приемники позволит заметно увеличить точность и наземных наблюдений положений, и собственных движений звезд. Уже близок к завершению обзор неба, выполненный американскими астрономами с помощью небольшого телескопа и ПЗС-фотоприемников. Астрометристы смотрят в будущее с оптимизмом.

Информация

Проверка в космосе теории относительности

В 1960-х гг. американский физик Фрэнсис Эверитт из Стэнфордского университета (штат Калифорния) предложил проверить гипотезу из Общей теории относительности А. Эйнштейна

о замедлении течения пространства-времени вблизи массивных небесных объектов с помощью космического аппарата. В 1990-х гг. возглавляемая им группа специалистов построила гироскопы особой чувствительности для установки их на КА "GP-B" (Gravity Probe-B – гравиметрический зонд), который предстоит вывести на орбиту высотой 700 км. Однако технические и финансовые трудности неоднократно приводят к откладыванию запуска. Стоимость проекта достигла 730 млн. дол-

ларов, что на 130 млн. долларов превысило сумму, ранее выделенную на программу.

Первоначально старт "GP-B" намечался на 1999 г., но при заключительных испытаниях в конце 2002 г. происходили отказы научного оборудования. Две комиссии NASA выясняют причины неполадок. После окончания их работы будет принято решение о дате старта научного спутника.

По материалам NASA

Мировые ресурсы пресной воды

И. С. ЗОНН.

доктор географических наук

Научно-исследовательский центр

по водным ресурсам, мелниорации и экологии

Жизнь на нашей планете зародилась в воде, без сохранения воды ее продолжение немыслимо. Но запасы химически чистой воды безграничны. Потребность в ней неуклонно возрастает, и необходимость охраны водных ресурсов и рационального управления ими сегодня как никогда актуальна. Неслучайно 2003 г. ООН объявила Международным Годом Пресной Воды.

ОСНОВА ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Водная масса, покрывающая две трети поверхности земного шара (около 1.4 млрд. км³), – раствор множества минеральных веществ – непригодна для восполнения запасов воды, жизненно необходимой для человека. Пресные воды составляют лишь около 2.5% общего объема (35 млн. км³).

Большая часть водной массы (24 млн. км³) заключена в плавучих морских льдах и ледниковых покровах Северного и Южного полушарий. Оставшаяся треть (10.5 млн. км³) – подземные воды. И уж совсем относительно невелики водные запасы в пресноводных озерах, прудах и реках, представляющих для человечества наибольший практический интерес. Во всех реках мира содержится 104.6 тыс. км³ (0.008% всей воды). Водные ресурсы рек, выраженные в единицах слоя стока, составляют для земной суши в среднем 315 мм/год, или 10 л/с на 1 км². В среднем каждый житель Земли обеспечен ресурсами устойчивого речного стока (естественного и зарегулированного водохранилищами) из расчета всего лишь 8.6 м³/сут.

С древнейших времен человек использует в про-

цессе своей деятельности речной сток. Освоение новых земель, урбанизация на всех континентах и преобразование естественно-го покрова Земли человеком существенно влияют на колебания речного стока. По мере роста населения, развития и усложнения хозяйственной деятельности водопотребление непрерывно растет.

За последние 50 лет – с 1950 г. по 2000 г. – население мира увеличилось в 2.2 раза (6 млрд. человек), а ежегодное использование водных ресурсов стало большим в 2.6 раза. В течение этого же времени потребление воды на человека возросло в 3 раза, а в промышленности – почти в 1.8 раза. При этом использование воды в сельском хозяйстве оставалось примерно на том же уровне. Между тем большая часть потребности в пресной воде (70–80%, или 2504 км³)



Пресная вода распределена на Земле неравномерно, как и атмосферные осадки. Полоса оптимального количества осадков охватывает средние широты Северного полушария (в Европе и Северной Америке). На остальных континентах преобладают либо переувлажненные, либо засушливые территории. Из атласа *Climate Data sets. GNV174 – Annual precipitation. Nyroby (Kenya), 1999.*

связана с орошаемым земледелием. На сегодня 18% общей мировой пахотной площади – орошаемые земли. За последние 40 лет их площади почти удвоились (с 139 млн. га до 274 млн. га) в основном за счет Азии и Европы.

Около пятой части общего водопотребления идет на нужды промышленности, и всего лишь 6% связаны с коммунально-бытовыми потребностями. Соотношение, естественно, сильно различается для разных стран, завися от климатических условий.

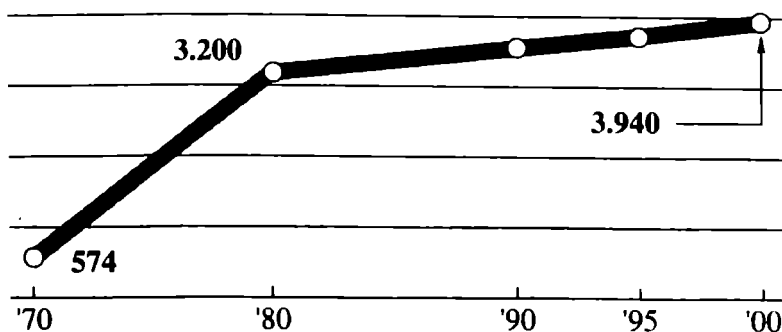
По приблизительным оценкам, земных запасов пресной воды может хватить для поддержания жизнедеятельности около

20 млрд. человек. Пресной воды на Земле хватило бы на все жизненно важные потребности людей, если ее поровну поделить между всеми жителями планеты. Это теоретический расчет. Но, к сожалению, ресурсы распределены неравномерно, и наряду с избыточными влагой регионами существуют обширные засушливые и полусухие.

Каждый год в мире безвозвратно потребляется около 4000 км³ воды, в то время как возобновимые ее ресурсы – порядка 9000 км³ в год. На гло-

бальном уровне соотношение между имеющимися ресурсами и потреблением выглядит вполне благополучно, но средние величины маскируют и скрывают дефицит водных ресурсов во многих регионах земного шара. Человеку нужно около 50 л воды в день для удовлетворения бытовых нужд. Объем воды, приходящийся на каждого жителя, – объективный показатель. Ежегодно общемировое потребление пресной воды возрастает на 2–3%, в то время как объем ее поступления остается относительно не-

Схема безвозвратного потребления пресной воды на Земле (км³/год). Резкое увеличение потребления в 1970-х гг. сменилось в последние 20 лет XX в. более плавным, но все же неуклонным ростом.



изменным. В качестве критического принимается уровень в 1700 м³ в год на человека. Но такая норма свидетельствует об остром дефиците водных ресурсов.

На "Саммите Земли", прошедшем в 2002 г. в Йоханнесбурге (Земля и Вселенная, 2003, № 5), было отмечено, что от дефицита воды в мире страдает 2 млрд. человек и более 2.4 млрд. – от антисанитарных условий. По прогнозу специалистов ЦРУ США, к 2015 г. хроническую нехватку воды будет ощущать половина населения планеты. А к 2025 г., по словам Генерального секретаря ООН Кофи Аннана, уже 2/3 мирового населения (это составит 7.5 млрд. человек) будет страдать от серьезного дефицита воды.

Количественная сторона проблемы дополняется качественной – сильное загрязнение источников пресной воды делает ее вредной для здоровья. Ежедневно около 2 млн. т отходов (промышленных, коммунально-бытовых и сельскохозяйственных) попадает в реки и подземные воды. Общий объем глобальных сточных вод составляет 1500 км³. А если предположить, что каждый литр антропогенного стока загрязняет 8 л пресной воды, то этот объем увеличивается до 12 тыс. км³.

К началу XXI в. численность населения 22 городов планеты достигла 10 млн. человек, причем 18 из этих городов находятся в развивающихся странах. Уже сейчас по-

требности в воде для бытовых нужд горожан удовлетворяются далеко не полностью, а скоро для водообеспечения густонаселенных центров не хватит ни водных ресурсов, ни средств, ни энергии. К этому следует добавить, как показывают современные оценки, и то, что изменение климата может увеличить дефицит воды в мире на 20%.

ГДЕ ВОДЫ БОЛЬШЕ?

Огромными запасами пресных вод обладает **Северная Америка**. Но ее распределение варьирует очень сильно. Две страны континента – США и Канада – ежегодно могут использовать 5300 км³ возобновляемых пресных вод, что составляет около 13% мировых ресурсов. При этом по водообеспеченности на душу населения Канада в 10 раз превышает США.

В то же время в отдельных районах Северной Америки (степные провинции Канады и юго-западные области США) ощущается недостаток воды. Это вызвано, в первую очередь, расширением системы орошаемых земель. Их площадь в США выросла с 1.5 млн. га в конце XIX в. до более чем 20 млн. га в конце двадцатого века, что привело к истощению уникального естественно-резервуара подземных вод Огаллала в штатах Техас, Небраска и Канзас.

Водозабор в Северной Америке в основном распределяется между сельским хозяйством и элект-

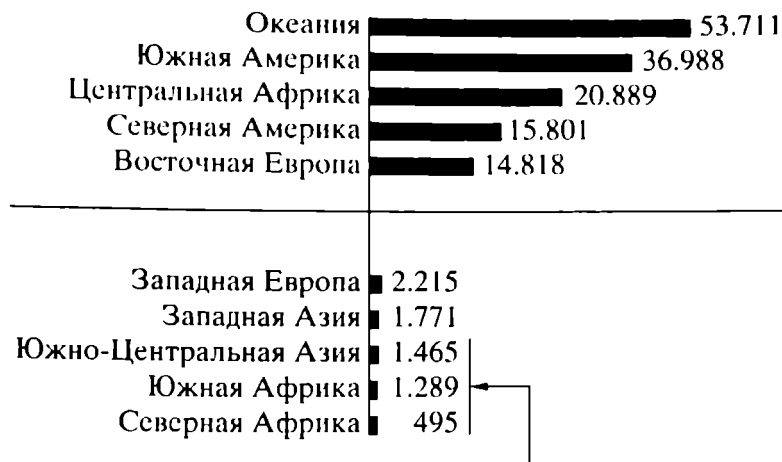
роэнергетикой. В США соотношение наиболее оптимально: на каждую из этих отраслей приходится по 40% водозабора. В Канаде же на долю электроэнергетики приходится почти 60% забранной из рек и озер воды, а на сельское хозяйство – лишь 4%. В последние годы значительно увеличивается количество воды, используемой в коммунально-бытовом хозяйстве. Водопотребление в США составляет 296 л на человека в сутки.

Чрезвычайно богат водными ресурсами **Южноамериканский материк**. Реки Амазонка, Парана, Ориноко, Сан-Франциско, Парагвай, Магдалена выносят в океан почти треть континентальных поверхностных вод мира. Тем не менее значительные площади в Мексике, Бразилии, Аргентине, Чили, Перу и Боливии представляют собой засушливые и полувасушливые территории.

С ростом численности населения и промышленных производств, с расширением площадей орошаемого земледелия (в настоящее время около 700 тыс. км²) неуклонно растут и потребности в воде. Стремление к их удовлетворению ведет к экстенсивному использованию вод из всех видов водисточников. Годовое потребление воды на душу населения в регионе – около 34 тыс. м³ – самое высокое в мире.

В Африке ощущается острый недостаток пресной воды, несмотря на то что потребляется там лишь

Распределение мировых ресурсов пресной воды в расчете на человека. Страны, где расходуется менее 1700 м³ воды на человека в год, испытывают острый водный дефицит. Это преимущественно страны Африки и частично Азии. Но Западная Европа ушла от них недалеко. Из книги World Water Council. World Water Vision, 2000. Tokyo, 2003.



около 4% возобновляемых ресурсов. Громадные массы воды сосредоточены в бассейнах рек Конго, Нил и Замбези, а также в озере Виктория, втором (после Каспийского моря) по величине внутреннем озере мира. При этом они крайне неравномерно распределены между странами континента и районами отдельных стран. В бассейне реки Конго проживает 10% всего населения Африки, но на него приходится около 30% среднегодового поверхностного стока материка. **И в то же время годовое потребление воды на душу населения здесь составляет 1.2 тыс. м³.** Это один из самых низких в мире показателей.

Ресурсы подземных вод очень важны для большинства стран Африки, особенно во время сухого сезона, а также в обширных засушливых областях. Во многих сельских районах они основной источник влаги. С 50-х гг. XX в. водные ресурсы Африки в расчете на душу населения сократились на 50%. Сегодня на сельское хозяйство приходится более 88% забираемой воды, но при этом орошается всего 6% пахотных земель. За

последние 40 лет потребление воды в Северной Африке снизилось с 3300 до 1250 л в год.

Более 300 млн. человек на африканском континенте лишены экологически безопасной воды, а еще больше – надлежащих санитарных условий.

В Европе, как ни в одном другом регионе мира, на состоянии водных ресурсов сказалась хозяйственная деятельность человека. На нужды промышленности расходуется в среднем 55% воды, больше, чем на сельское хозяйство (31%) и хозяйственно-бытовое использование (14%). Недостаток воды ощущается в Средиземноморских районах, где сельское хозяйство – ее главный потребитель (в среднем до 60%).

В последнее время водопотребление в Центральной и Восточной Европе несколько снизилось – в основном из-за уменьшения забора воды на нужды промышленности. Но с увеличением численности на-

селения и объемов потребления воды на душу населения расход воды в городах растет. Общая потребность в воде в Западной Европе увеличилась со 100 км³ в 1950 г. до почти 580 км³ в год в 2000 г.

Россия, сохраняющая 20% воды в нетронутом виде, остается **главным потенциальным водным донором планеты.** Один из основных источников пресной воды – **озеро Байкал**, объем воды которого равен 23 тыс. км³, что составляет около **20% мировых запасов** и 80% российского запаса пресной воды. Водопотребление и водоотведение в Российской Федерации в 2001 г. стабилизировалось: использование пресной воды составило 6.8 км³, в том числе из поверхностных источников – 51.8 км³, подземных – 9 км³, морской воды – 6 км³. Среднестатистический россиянин расходует в среднем **278 л воды в сутки** (лишь немногим меньше, чем житель США), однако **в Москве**

этот расход достигает **400 л**. Структура водопотребления характеризуется следующим образом: производственные нужды – 58.7%, хозяйственно-питьевые нужды – 20.3%, орошение – 13.4%, сельскохозяйственное водоснабжение – 1.8%, прочие нужды – 5.8%.

В Австралии около 75% площади страны занимают пустыни и полупустыни. 94% населения проживает в городах. Водообеспеченность на душу населения составляет **55 м³/сут**, что в два раза больше средней водообеспеченности в мире. Половина стока рек используется на орошение. В пустынных и полупустынных районах хозяйственные нужды населения удовлетворяются за счет использования подземных вод. Здесь находится крупнейший в мире большой Артезианский бассейн.

Азиатский континент по объему речного стока и обеспеченности пресными водами (10.5 тыс. км³) занимает **ведущие позиции в мире**, но распределение водных ресурсов там крайне неравномерно. В южных и восточных районах протекают крупнейшие водные артерии – Инд, Ганг, Брахмапутра, Меконг, Иравади, Янцзы, Хуанхэ, Тигр, Евфрат (40% площади Азии). Но на их долю приходится всего 2–3% водных ресурсов.

За прошедшее столетие потребление воды из всех видов водоисточников в Азии возросло с **600 км³ до 5100 км³**. В других регионах мира этот показатель превы-

шен. Одним из последствий такого резкого увеличения потребления воды стало бурное строительство плотин и водохранилищ, число которых только за последние 40 лет выросло с 1562 до 22 400. Доля сельского хозяйства в структуре водозабора в этом регионе составляет от 50% (в сравнительно развитых в промышленном отношении странах) до 90% (в странах Южной Азии и в Афганистане).

Бытовые и промышленные сточные воды, городские и сельскохозяйственные стоки, а также интрузия морской воды значительно ухудшают качество водных ресурсов. В результате в развивающихся странах региона к началу 90-х гг. минувшего столетия сократилась примерно в два раза обеспеченность на душу населения пригодной для использования водой (с 10 м³ в 1950 г.). В Бутане и Лаосе на человека приходится чистой воды 50 тыс. м³ в год, в Сингапуре – 172 тыс. м³. В Афганистане и Иране – хронический дефицит воды.

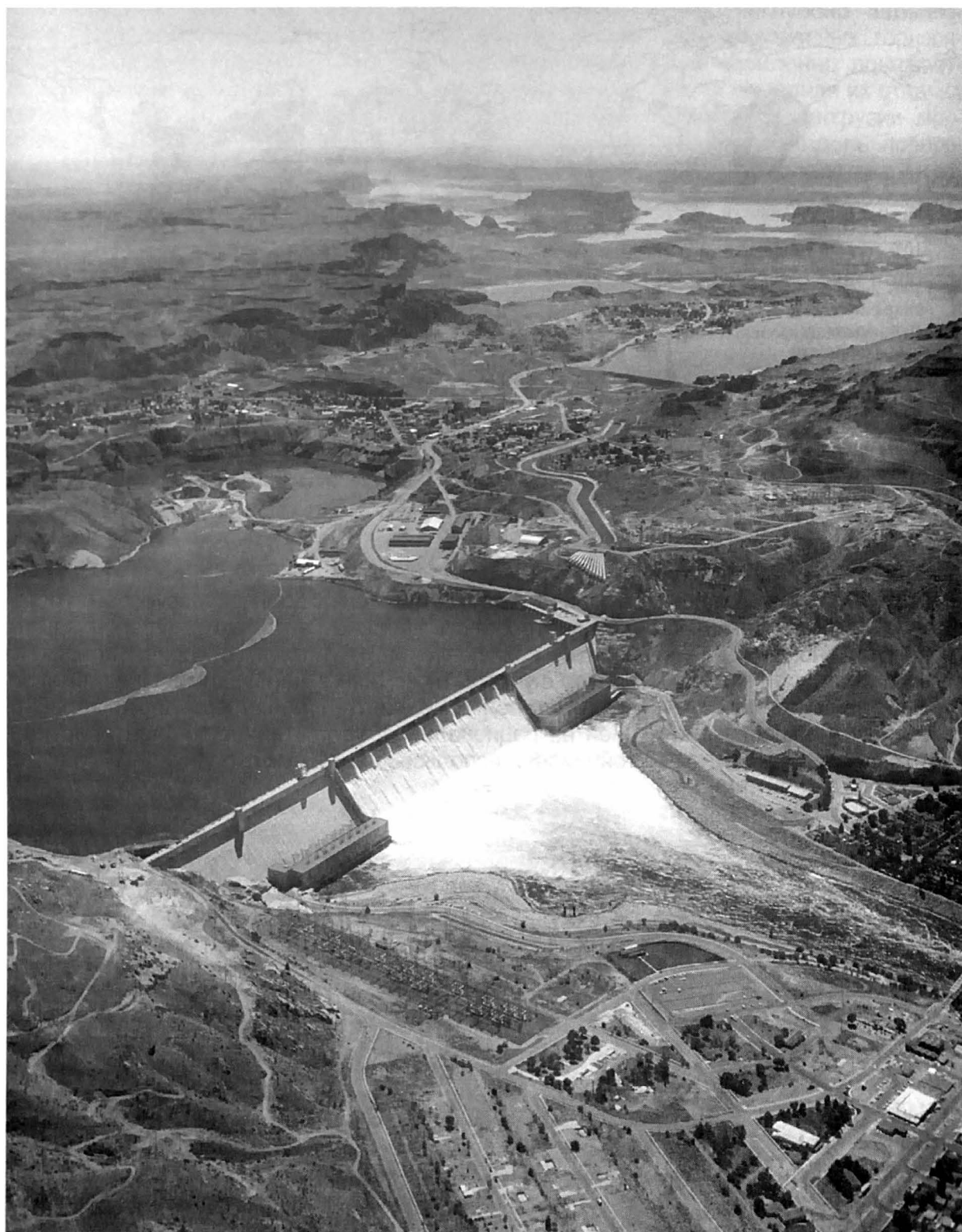
Количество возобновляемых водных ресурсов на душу населения по региону в целом в конце прошлого века составило более 1300 м³, но распределение их крайне неравномерно. Почти 92% водопотребления Западной Азии приходится на долю сельского хозяйства, 7% – на коммунально-бытовой сектор, 1% – на промышленность.

Ресурсы **подземных вод** находятся там в критическом состоянии. Уро-

вень неглубоко залегающих водоносных горизонтов неуклонно понижается. Чрезмерная их откачка привела к интрузии морской воды вдоль побережий и как следствие – к засолению сельскохозяйственных земель в прибрежной зоне. В частности, в Бахрейне граница водораздела соленых морских и пресных подземных вод продвигается в глубь материка со скоростью 75–130 м в год.

ОДНА ИЗ ГЛАВНЫХ ТЕМ СТОЛЕТИЯ

В 1992 г. на Саммите в Рио-де-Жанейро был принят документ “Повестка Дня – XXI век” (Земля и Вселенная, 1993, № 1), в котором исследованы четыре аспекта в области пресноводных ресурсов: управление водными ресурсами, качество воды и санитария, использование воды в сельском хозяйстве и влияние климата на водные ресурсы. Их выполнение помогло бы **оптимизировать водопользование**. В том же году на Конференции по водным ресурсам и окружающей среде в Дублине после многочисленных дискуссий были разработаны основополагающие принципы оптимизации. Они подтверждены на Международной конференции по пресным водным ресурсам в Бонне (ФРГ) в 2001 г., а также на Всемирном саммите “Рио + 10” в Йоханнесбурге в 2002 г. и, наконец, в 2003 г. на Третьем всемирном форуме по водным ресурсам в Киото (Япония).



Гидрокомплекс Гран-Кули на р. Колумбия (США). Одна из крупнейших в мире бетонных плотин и гидроэлектростанций (общая мощность 9771 тыс. кВт) обеспечивает орошение земель – около 500 тыс. га, судоходство и противопаводковые мероприятия. Пример комплексного рационального использования водных ресурсов. Фото Бюро мелиорации США.



Иртыш в районе Ханты-Мансийска. В истоках этой сибирской реки Китай забирает 1 км³ воды. Претендует на воду Иртыша и Казахстан. Фото И.С. Зонна.

Большинство делегатов Всемирного форума в Киото сочли несправедливым, что **человечество тратит на производство нефти в 40 раз больше средств, чем на сохранение водных ресурсов**. В Декларации форума, которую подписала и Россия, сказано, что **вода – основа развития цивилизации** и для ее сохранения экономить средства недопустимо.

Новый подход к проблеме использования водных ресурсов состоит в отказе рассматривать воду в качестве экономического достояния, относясь к ней, прежде всего, как к основе жизни и здоровья. Необходимо объединить в единое целое землепользование и рациональное

использование водных ресурсов. Значительное число научных, технических и технологических решений водообеспечения сводятся в принципе к одному алгоритму – **введению особо регулируемого водопользования**.

Наиболее эффективно устраняют дефицит пресной воды водосберегающие технологии, особенно в орошаемом земледелии, переход на **оборотное водоснабжение**, очистка промышленных стоков, реконструкция и модернизация оросительной инфраструктуры. Для получения дополнительных объемов пресных вод остаются актуальными такие мероприятия, как опреснение морских и подземных

вод, использование вековых запасов воды, существующих в виде льда и снега, воздействие на процессы осадкообразования.

Наиболее радикальная мера – **территориальное перераспределение водных ресурсов**. Но она чревата серьезнейшими последствиями. Проблема пресной воды в ряде регионов мира быстро превращается в серьезный **геополитический фактор** и объект разногласий в отношениях между странами, расположенными в одном бассейне реки. На саммите в Рио отмечено, что около 800 рек, от Амазонки до Дуная, могут стать предметом международных споров.

Эксперты предупреждают: стоимость водных

ресурсов в наступившем веке, вероятно, окажется выше стоимости нефти. Не исключено, что в XXI в. проблема водных ресурсов приведет к конфликтам и даже войнам, как это уже было неоднократно в прошлом.

Дефицит жизненного ресурса уже давно стал причиной конфликтов между Турцией, Сирией и Ираком (из-за речных систем Тигра и Евфрата), между Израилем, Сирией и Иорданией (из-за водозабора рек Иордан и Ярмук). Воды Нила – предмет длительного спора между Египтом и Суданом, к которому могут присоединиться и другие страны бассейна. К этим рекам, которые известный русский ученый И.И. Мечников в книге “Цивилизация и великие исторические реки” назвал “великими воспитателями человечества”, в последние десятилетия

присоединились российский Иртыш и центрально-азиатские гиганты – Амударья и Сырдарья.

Еще в конце 80-х гг. XX столетия советские ученые пришли к выводу, что воды рек Амударьи и Сырдарьи полностью расходуются на орошение. Это и привело к катастрофической проблеме Аральского моря, которое уже не восстановить (Земля и Вселенная, 2003, № 2). В ближайшее время в Казахстане, Узбекистане и Туркменистане будут практически исчерпаны все резервы водообеспечения.

Между тем рациональное использование водных ресурсов имеет технически и экономически оправданные пределы. Как показывают экспертные оценки, они будут достигнуты к 2015–25 гг. Суммарный объем водопотребления приоритетными отраслями

и сферами может достичь такого уровня, за которым их потребность в воде может удовлетворяться лишь при сокращении водоподачи на сельскохозяйственные нужды. А это невозможно на фоне ускоренного демографического роста. Очевидно, данному региону необходима водная донорская подпитка. Огромными запасами водных ресурсов обладает Россия.

В XXI в. вода станет одной из главных тем столетия, предметом серьезных национальных и международных исследований. Должен быть выработан единый долгосрочный общечеловеческий подход к решению водной проблемы. И, может быть, по этой причине наступивший век справедливо назвать Международным столетием воды.

НОВЫЕ КНИГИ

Эпик как ученый и человек

Имя одного из крупных астрофизиков XX в. известно далеко не всем любителям астрономии и даже специалистам. Тем интереснее для многих может оказаться книга В.А. Бронштэна и И.Б. Пустыльника “Эрнст Юлиус Эпик (1893–1985)”, вышедшая в серии научно-биографической литературы издательства “Наука” (2002 г.). Ответственный редактор книги – А.И. Еремеева.

Эпик прожил долгую жизнь. Он умер, когда ему было почти 92 года, но до 88 лет работал на обсерватории Арма (Северная Ирландия). Родился Эпик



в Эстонии (в то время провинции России Эстляндии), получил образование в Московском

университете, работал на обсерваториях Москвы, Ташкента, Тарту, Германии и Северной Ирландии.

Необычайно широк был круг интересов ученого, который занимался звездной астрономией, астрофизикой, космологией Солнечной системы, кометной и метеорной астрономией. Он автор более тысячи публикаций.

Авторы книги довольно подробно осветили жизнь и деятельность Эпика. Первая часть книги называется “Жизненный путь”, вторая – “Научные свершения”. Книга открывается кратким предисловием, а завершается “Заключением” и справочным материалом (“Основные даты жизни и деятельности Э.Ю. Эпика”, “Список основных трудов Э.Ю. Эпика”, включающий 262 наименования; “Литература”, “Указатель имен”).

Владимир Александрович Котельников

(к 95-летию со дня рождения)

Академик В.А. Котельников – дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий, один из основателей планетной радиолокации – пришел в радиоастрономию будучи известным ученым в области радиотехники и теории информации (Земля и Вселенная, 1978, № 5). Впрочем, как известно, радиоастрономию создавали астрономы и радиоинженеры.

Владимир Александрович Котельников родился 6 сентября 1908 г. в г. Казани. Его отец был деканом физико-математического факультета Казанского университета, профессором математики. Получил высшее образование и прошел аспирантуру по специальности “Радиотехника” в Московском энергетическом институте. С 1931 г. по 1944 г. работал в радиотехнических учреждениях Москвы, участвовал в разработке систем связи. С 1944 г. по 1980 г. – профессор, декан радиотехнического факультета МЭИ. В 1953 г. был избран действительным членом Академии наук СССР, минуя звание члена-корреспондента. С 1954 г. по 1987 г. – директор Института радиотехники и электроники АН СССР. С 1970 г. по 1988 г. – вице-президент АН СССР, курировал Секцию физико-технических и математических наук, в течение многих лет был Председателем Научного совета Академии наук по проблеме “Радиоастрономия”, Совета по международному сотрудничеству в области исследований и использования космического пространст-



Академик Владимир Александрович Котельников.
1980 г.

ва “Интеркосмос” и до настоящего времени является заместителем Председателя Совета по космосу и советником Президиума Российской академии наук. В 1973–80 гг. В.А. Котельников был Председателем Верховного Совета РСФСР.

В числе важнейших и знаменитых достижений В.А. Котельникова: теорема о

максимальной скорости передачи информации (теорема Котельникова, 1932 г.), теория потенциальной помехоустойчивости (1947 г.). В.А. Котельников – один из основателей теории информации, планетной радиолокации и отечественной радиоастрономии.

Научная и педагогическая деятельность академика В.А. Котельникова весьма многогранна, она включает в себя, кроме упомянутых выше областей науки и техники, радиофизические исследования параметрических усилителей и оптоволоконной техники, а также проблему автоматизации научных исследований. В соответствии с тематической направленностью журнала "Земля и Вселенная" данный краткий очерк ограничивается **радиоастрономическим** аспектом деятельности В.А. Котельникова.

Широкой известности Владимира Александровича Котельникова в 1950-е гг. способствовали не только его замечательная теорема, по достоинству оцененная позже в связи с формированием теории информации, и не только его продолжительная и плодотворная педагогическая деятельность на радиотехническом факультете МЭИ, а, главным образом, его докторская диссертация "Теория потенциальной помехоустойчивости". Ее закрытая защита состоялась в 1947 г. Полностью она была опубликована только в 1956 г., но отдельные результаты стали известны раньше и обратили внимание многих необычностью постановки темы. Фактически она заложила основу нового статистического подхода к решению проблем приема сигналов, явилась началом того, что позже было названо общей теорией оптимального приема информации.

Избрание В.А. Котельникова в действительные члены Академии наук СССР в 1953 г. было встречено как событие, вполне предсказуемое. В Академии его кандидатуру выдвинул и поддержал академик А.И. Берг. По инициативе А.И. Берга в Академии учрежден Институт радиотехники и электроники (ИРЭ). Вскоре после получения звания академика В.А. Котельникова назначили руководителем этого института. В помещении ИРЭ (здании бывшего физического факультета МГУ на Моховой) начал работать

постоянно действующий семинар, посвященный проблемам общей теории оптимального приема. На заседаниях этого семинара можно было услышать как самого В.А. Котельникова, так и многих известных радиофизиков, ведущих специалистов по радиолокации, радиосвязи, теории информации и кибернетики... У молодых радиоинженеров, которых еще не учили методам математической статистики, просто дух захватывало от ощущения, что на доске рождаются на их глазах новые статистически "идеальные" приемники. В это время в литературе наблюдался бум, связанный с вопросами общей теории оптимального приема сигналов. Заметим, что все это происходило спустя десятилетие после защиты диссертации Владимира Александровича.

В 1960 г. В.А. Котельникову предложили возглавить ответственный и сложный радиотехнический эксперимент. Системные радиотехнические задачи в области радиосвязи ему приходилось решать и раньше. Однако на этот раз эксперимент относился к еще неизвестной области радиоэлектроники – **радиолокации планет**. Задача была продиктована необходимостью уточнения целеуказаний АМС, направляемым к планетам, в первую очередь в сторону Венеры. Астрономические угломерные координаты планет имели допустимую для этого точность, но ошибка в определении линейных расстояний, включая расстояние от Земли до Солнца (астрономическая единица), была слишком высока. Величина астрономической единицы была в то время известна, как показали последующие измерения, с ошибкой порядка 100 тыс. км. Это могло привести к промахам в межпланетных полетах. Радиолокация Венеры должна была измерить расстояние до Венеры во время соединения с Землей (примерно 23 марта 1961 г.), то есть когда расстояние между ними уменьшилось до 42 млн. км, и, сравнив его со значением этого же расстояния в астрономических единицах, определить более точную ее величину. К тому времени из литературы было известно о попытках в США принять радиосигналы, отраженные Венерой во время предыдущих соединений, и таким образом уточнить астрономическую единицу.

Однако результаты этих экспериментов, по оценкам исполнителей, были недостаточно надежными из-за слабости эхо-сигнала. В данном же случае важна была надежность. Для этого предусматривался новый, более мощный передатчик и новая, более крупная антенна оригинальной конструкции. Требовалось для успеха оптимизировать все условия эксперимента, включая вид зондирующих сигналов и метод обработки эхо-сигналов. Рисковать не стоило, поэтому обратились к В.А. Котельникову.

Сделав предварительные оценки, Владимир Александрович поверил в возможность успеха эксперимента и взялся за его осуществление. Объединенный им коллектив, состоявший из его отдела в ИРЭ и нескольких групп сотрудников из организаций "заказчика", в короткий срок провел напряженную подготовку к эксперименту, и начиная с мартовских (1961 г.) радиолокационных сеансов надежно принял и измерил запаздывание эхо-сигналов Венеры. Астрономическая единица была уточнена! Одновременно и независимо провели радиолокацию Венеры в США и в Англии. Так начиналась планетная радиолокация. В течение последующих трех десятилетий развитие радиолокационных исследований планет под руководством В.А. Котельникова и благодаря его личному вкладу принесло новые фундаментальные данные о физических свойствах Венеры, Марса и Меркурия, была существенно уточнена теория их движения, используемая в межпланетной навигации.

Новым этапом исследований стало применение **радиолокатора с синтезируемой апертурой** для получения объемной карты поверхности планет. В 1983–84 гг. с помощью радиолокаторов, установленных на борту АМС "Венера-15 и -16", впервые в истории осуществлено картографирование поверхности Венеры (Земля и Вселенная, 1984, № 1; 1986, № 1). С разрешающей способностью около 1 км получен огромный объем информации о структуре и свойствах рельефа Венеры. Владимир Александрович как руководитель и непосредственный участник этих исследований стал известен в широких научных кругах в стране и за рубежом. Так

В.А. Котельников стал всемирно известным астрономом.

Еще до радиолокации Венеры выяснилось, что радиоастрономия в СССР выросла в сложное комплексное направление науки. Это означало, что ее проблемы могли решаться в тесном взаимодействии представителей различных научных направлений – астрофизиков, радиофизиков, радиоинженеров, конструкторов антенных сооружений. В Президиуме Академии наук поднимался вопрос об объединении радиоастрономических задач одним Научным советом – организацией, обладающей, по традициям Академии, широкими правами и возможностями в координации исследований. Решение вопроса упиралось в выбор руководителя. Им должен был стать хорошо известный в Академии ученый, имеющий авторитет в разнородной среде радиоастрономов, а также опытный организатор науки. И вскоре после первого эксперимента по радиолокации Венеры Президент Академии М.В. Келдыш делает Владимиру Александровичу предложение, от которого тот не смог отказаться, в результате чего в декабре 1961 г. Президиум АН учреждает Научный совет по комплексной проблеме **"Радиоастрономия"** и назначает В.А. Котельникова его председателем. С этого времени в жизни Владимира Александровича начался период, когда коллеги и сотрудники величали его между собой Главным радиоастрономом, по аналогии с популярными в то время псевдонимами первых руководителей космонавтики С.П. Королёва и М.В. Келдыша – Главный конструктор и Главный теоретик.

В.А. Котельников энергично взялся за работу в Совете. К этому его обязывала ситуация: советские радиоастрономы-наблюдатели уже вышли на международный уровень. (В развитии теории и интерпретации наблюдений советская школа всегда была в первых рядах.) В связи с этим остро ощущалась потребность в новых радиоастрономических инструментах, и в первую очередь в радиотелескопе мирового класса. Выдвигалось несколько проектов крупных антенных сооружений, которые поддерживались разными коллективами радиоас-



Академики В.А. Котельников, М.В. Келдыш и А.Ф. Богомолов на строительной площадке радиотелескопа РТ-64 в п. Медвежье Озера (Московская обл.). 1975 г.

трономов. Первое же собрание членов Совета в г. Горький (Нижегород) в НИРФИ в 1962 г. выявило острые противоречия между отдельными группами радиоастрономов. В обсуждение включились и радиотехнические предприятия космической отрасли, тоже заинтересованные в создании крупнейшей в мире антенны. В конце концов все предложенные проекты были включены в общую долгосрочную программу Совета по оснащению инструментами. Однако выбор "приоритетного" радиотелескопа забуксовал почти на два года. Наконец в 1964 г. Бюро Отделения общей и прикладной физики Президиума Академии, в котором В.А. Котельников в то время был заместителем академика-секретаря, поддержало совместное предложение Пулковской обсерватории АН СССР и ГАИШ МГУ о строительстве одного из вариантов крупной антенны переменного профиля (АПП) в качестве первоочередного инструмента для радиоастрономии. Более грандиозный проект АПП – "Юпитер" диаметром 3 км, предложенный ранее одним из предприятий косми-

ческой отрасли, так и не был принят к реализации. С этого времени началась работа по созданию технического проекта флагманского радиотелескопа Академии, названного позже "РАТАН-600" (Земля и Вселенная, 1977, № 6; 1981, № 3). Постановление Совета Министров о сооружении "РАТАН-600" вышло в 1966 г. Огромные размеры (диаметр 600 м), оригинальность конструкции радиотелескопа, признанной изобретением советских радиоастрономов, требовали четкой организации совместной работы промышленности, строителей и ученых. В.А. Котельников был куратором и катализатором этой сложной академической стройки. "РАТАН-600" вступил в строй в 1975 г.

В середине 1970-х гг. Совет по радиоастрономии убедил Президиум Академии наук в том, что для развития новых направлений отечественной радиоастрономии насущно необходимо сооружение полноповоротных антенн. Эта необходимость возникла в значительной мере под влиянием быстрого развития метода **радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами**, охватившей сеть радиотелескопов весь земной шар с перспективой дальнейшего распространения ее в космическое пространство (Земля и Вселенная, 2003, № 4). В то же время для космических исследований уже создавались проекты крупнейших полноповоротных антенн двух типов конструкции и размеров: диаметром 64 м (РТ-64) и 70 м (РТ-70). Академия наук оказалась перед выбором одного из двух проектов. В.А. Котельников рассматривал аргументы "за" и "против", подробно знакомился с обоими проектами, прежде чем поддержать тот или иной выбор. Решающим фактором оказалась возможность при условии значительной доработки одного из проектов (РТ-70) достигнуть такой точности зеркала антенны, при которой с высокой эффективностью могут приниматься радиоволны миллиметрового диапазона! Такой подход



В.А. Котельников на закладке радиотелескопа РТ-70 на плато Суффа в Узбекистане. 1981 г.

предвосхищал радиоастрономические интересы ближайшего будущего. Особую роль в распространении миллиметровых волн играют поглощение и рефракция в атмосфере, поэтому был важен выбор места установки радиотелескопа. Конкурс среди пунктов размещения **РТ-70** выиграло высокогорное плато Суффа в Узбекистане. К 1985 г. проект высокогорной радиоастрономической обсерватории был завершен; полным ходом шло строительство крупнейшего в мире полноповоротного радиотелескопа миллиметровых волн РТ-70. В.А. Котельников принимал в нем активное участие и как вице-президент Академии, и как председатель Совета по радиоастрономии. К сожалению, в результате распада СССР недостроенный РТ-70 оказался на территории независимого государства – Республики Узбекистан. Его строительство приостановили, но Российская академия наук в рамках заключенного межправительственного соглашения с Узбекистаном прилагает все усилия к введению в строй этого ценнейшего инструмента.

Трудно переоценить роль В.А. Котельникова в создании инструментальной базы радиоастрономии. Однако не меньшее значение для развития радиоастрономии в стране имели и его контакты с самыми широкими кругами радиоастрономического сообщества. Несмотря на исключительную занятость на посту вице-президента АН СССР (с 1970 г. по 1988 г.) и в руководстве ИРЭ, свою работу в Совете по радиоастрономии Владимир Александрович поставил таким образом, чтобы регулярно, один-два раза в год, вместе с ведущими специалистами и лидерами отдельных направлений радиоастрономии посещать радиоастрономические институты, обсерватории, станции и даже отдаленные лаборатории на территории страны. Эти мероприятия назывались "Выездные собрания членов Совета". До введения в строй "РАТАН-600" наибольшая нагрузка приходилась на радиотелескопы Пушчинской и Крымской радиоастрономических станций. Однако внимание Совета не ограничивалось этими инструментальными "столпами" радиоастрономии. Совет и его председатель уделяли огромное внимание всем **радиоастрономическим пунктам** страны – нижегородским полигонам НИРФИ в



Академик В.А. Котельников (второй ряд, крайний слева) среди участников американско-советской конференции по проблемам SETI в Калифорнии (США). 1991 г.

Зимёнках, Старой Пустыни, Большому пулковскому радиотелескопу, небольшому астрономическому полигону Ашхабадского академического физико-технического института, Бакинскому филиалу Института космических исследований, Латвийской академии наук, МВТУ, мощному комплексу Радиоастрономического института АН Украины с сетью радиоастрономических станций декаметрового диапазона, радиотелескопам Армянской АН, Сибирскому солнечному радиотелескопу. С другой стороны, эти контакты означали, что все радиоастрономы могли «добраться» со своими идеями, предложениями, а иногда и жалобами до самого верха пирамиды академической науки. И каждый радиоастрономический коллектив получал квалифицированные рекомендации в форме решений Совета.

Во времена централизованного управления наукой такие рекомендации зачастую играли действительно решающую роль. На радиоастрономических станциях до сих пор помнят посещения Совета во главе с В.А. Котельниковым и связывают их с теми или иными подвижками в своей истории. Напомним, что речь идет о том периоде развития радиоастрономии (1962–88 гг.), когда она, как и сейчас, по множеству и значению своих достижений играла роль научного фронта не только в астрономии, но и в фундаментальной физике.

Владимир Александрович отличался широтой взглядов на любую проблему. Когда в начале 1960-х гг. была впервые сформулирована как важное научное

направление **проблема поиска и контакта с внеземными цивилизациями (ВЦ)**, он глубоко заинтересовался ею. На первом совещании по проблеме ВЦ (Бюракан, май 1964 г.) В.А. Котельников сделал исключительно интересный доклад о реалистичных системах радиосвязи в масштабах всей Галактики и оптимальной стратегии поиска искусственных сигналов. Владимир Александрович и в последующие годы активно интересуется этой проблемой.

Кому, как не В.А. Котельникову, было предвидеть обострение проблемы защиты радиотелескопов от помех, создаваемых средствами радиосвязи. Этот вопрос и раньше был особенно болезненным для радиоастрономии, но в России его привлекательно решали только путем частотной отстройки приемников радиотелескопов. И когда в начале 1970-х гг. стали разрабатываться первые международные нормы защиты радиоастрономических частот, Владимир Александрович на заседании Бюро Совета в ответ на скептические замечания о том, стоит ли на это тратить силы, заявил: «Надо участ-

воват в этой работе. Если встретятся трудности (связанные с участием в зарубежных совещаниях – *Примеч. авторов*), немедленно обращайтесь ко мне”. Кстати, трудностей в этом деле оказалось немало. Удивительно, но иногда было достаточно сослаться на имя В.А. Котельникова, чтобы многие из них, вызванные субъективным подходом чиновников к радиоастрономии (вроде того, что “у нас тут дела поважнее, чем радиоастрономия”), быстро исчезли. В наши дни стало общепризнанным, что вопросы правовой защиты радиоастрономических частот от помех со стороны средств радиосвязи по своей важности и остроте находятся на уровне проблемы инструментального обеспечения радиоастрономии.

Заботой о будущем радиоастрономии проникнуты многие замечания Владимира Александровича, обращенные к Бюро Совета, в частности о том, что место и время проведения конференций и научных собраний должны выбираться так, чтобы их могли посещать любознательные люди, и в первую очередь студенты и молодежь, что это важно для развития радиоастрономии. Теперь мы знаем, что

радиоастрономия, как и другие фундаментальные науки в России, сталкивается с проблемой иного свойства. Однако и в новых условиях многие из радиоастрономов старшего поколения все еще сохраняют привычку в трудных ситуациях обращаться за советом к В.А. Котельникову – почетному члену Научного совета РАН по астрономии. Зачем? Светлая голова и справедливое сердце у этого человека!

Поздравляем Владимира Александровича Котельникова с замечательным юбилеем, желаем ему доброго здоровья, семейного благополучия и творческой активности на благо российской науки.

Н.С. КАРДАШЕВ,

академик

Б.А. ДУБИНСКИЙ,

кандидат технических наук

Редколлегия и редакция журнала “Земля и Вселенная” присоединяются к поздравлению и пожеланиям академику В.А. Котельникову, который всегда уделял большое внимание нашему журналу.

НОВЫЕ КНИГИ

Дневник “космической журналистки”

Рена Кузнецова – известная журналистка. Почти 20 лет она освещает достижения и проблемы отечественной космонавтики на страницах различных газет и журналов, включая наш журнал.

В 2003 г. в московском издательстве “Воскресенье” вышла ее книга “Подобные ангелам” (Дневник “космической журналистки”). Свой “Дневник” Р.Н. Кузнецова вела на протяжении 30 лет, а ее книга – “исповедь свидетеля и «летописца» наиболее важных свершений, направленных на покорение космоса человеком”. А еще это увлекательный рассказ о многих космонавтах, с которыми автору довелось постоянно встречаться.



Эпиграф книги – слова Анатolia Франса: “Журналисты подобны ангелам: среди них нет деления на мужчин и женщин”. Предисловие (“Об авторе и его

книге”) написал В. Горбатко – дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, генерал-майор авиации.

Книга содержит 13 глав и заключительную статью “Вместо эпилога”. В этой статье автор выражает свою обеспокоенность возможностью астероидно-космической катастрофы и призывает специалистов к необходимому объединению усилий для ее предотвращения. “Человечество, – пишет Рена Кузнецова, – должно найти в себе силы пойти дальше в своем поступательном прогрессивном развитии на Земле и в Космосе, ибо, как сказал американский писатель Уильям Фолкнер, «важно не только просто выжить, важно восторжествовать». Не следует ли сделать эти слова У. Фолкнера девизом современной концепции устойчивого развития человечества?

Е.П. ЛЕВИТАН

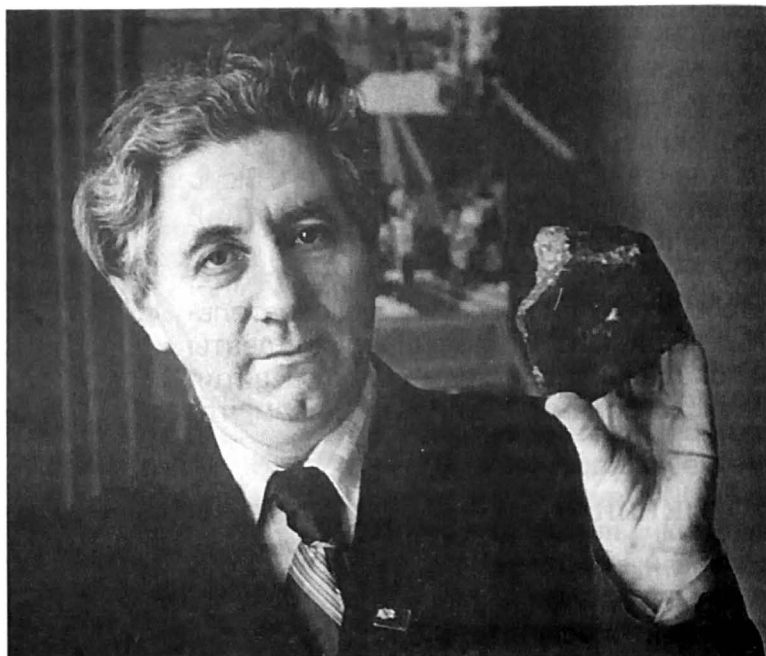
Поздравляем Романа Львовича Хотинка

Исполнилось 75 лет Роману Львовичу Хотинку, известному специалисту по метеорной астрономии и метеоритике, члену комитета по метеоритам РАН, организатору многих экспедиций по наблюдениям метеоров и поиску метеоритов.

Многие годы Р.Л. Хотинко занимался популяризацией и преподаванием астрономии, работал в Московском планетарии и Дворце пионеров. Он участвовал в метеорной экспедиции МО ВАГО в Ашхабаде (1949 г.), в которой провел сотни базисных фотонаблюдений метеоров (это было в то время мировым рекордом), а затем организовал телескопические наблюдения метеоров. Он впервые организовал научные наблюдения силами любителей астрономии метеорного потока Лирид, используя метод многократного счета метеоров (г. Кушка, 1953 г.).

Работая в Астрономическом совете АН СССР (ныне Институт астрономии РАН), Р.Л. Хотинко принял активное участие в организации первых станций наблюдения ИСЗ, стал первым начальником станции наблюдения ИСЗ Астросовета, предложил новый способ определения координат ИСЗ.

В Комитете по метеоритам АН СССР он занимался поиском метеоритов и вы-



явил 25 новых “пришельцев”, пополнивших коллекцию Академии наук (абсолютный рекорд в СССР).

Р.Л. Хотинко опубликовал в разных изданиях, в том числе и в нашем журнале, десятки статей по метеорной астрономии и метеоритике, прочитал сотни популярных лекций по астрономии.

Его имя присвоено астероиду № 4428 (Хотинко).

Редколлегия, редакция и авторский коллектив журнала “Земля и Вселенная” сердечно поздравляют Р.Л. Хотинку с юбилеем и желают ему здоровья и дальнейших успехов в его плодотворной деятельности.

Патрик Мур

(к 80-летию со дня рождения)

Весной 2003 г. вся британская астрономическая общественность отметила юбилей одного из ведущих популяризаторов астрономии – Патрика Мура. Начиная с апреля 1957 г. он систематически проводил ежемесячные телевизионные передачи по астрономии на Би-Би-Си. Разнообразие тематики передач Патрика Мура неисчерпаемо: “Форма нашей Галактики”, “Обратная сторона Луны”, “Что представляла собой Вифлеемская Звезда?”, “Прогресс астрономии в СССР”, “Тектиты”, “Эволюция Вселенной”, “Астрономия древних”, “Спутники Марса”, “Взрывающиеся звезды”, “Сигналы из космоса”, “Магеллановы облака”.

Патрик Мур родился 4 марта 1923 г. в деревне Пиннер (графство Миддлсекс). Через полгода семья переехала в Сассекс. Там Патрик Мур жил в течение многих лет, исключая годы войны, когда служил штурманом Королевских воздушных сил. Болезнь помешала ему учиться в школе, и образование он получил дома. В библиотеке матери он нашел книгу “История Солнечной системы”, которая и увлекла его астрономией.

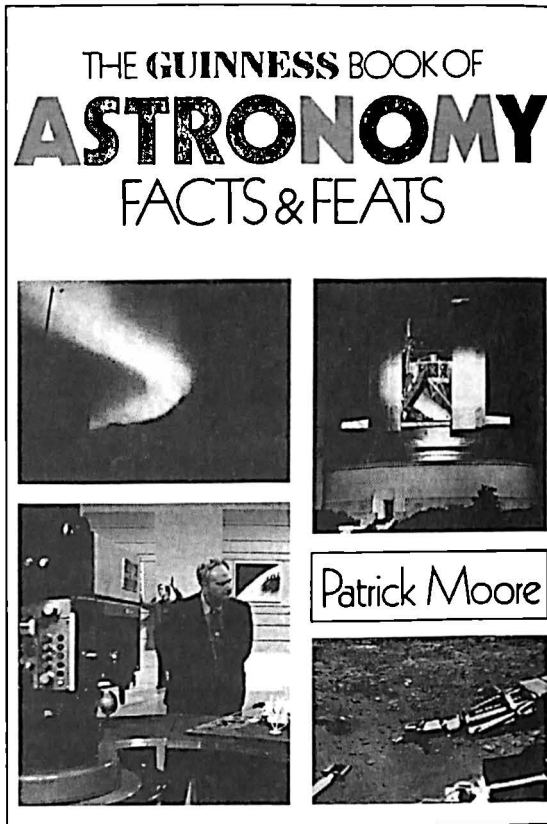
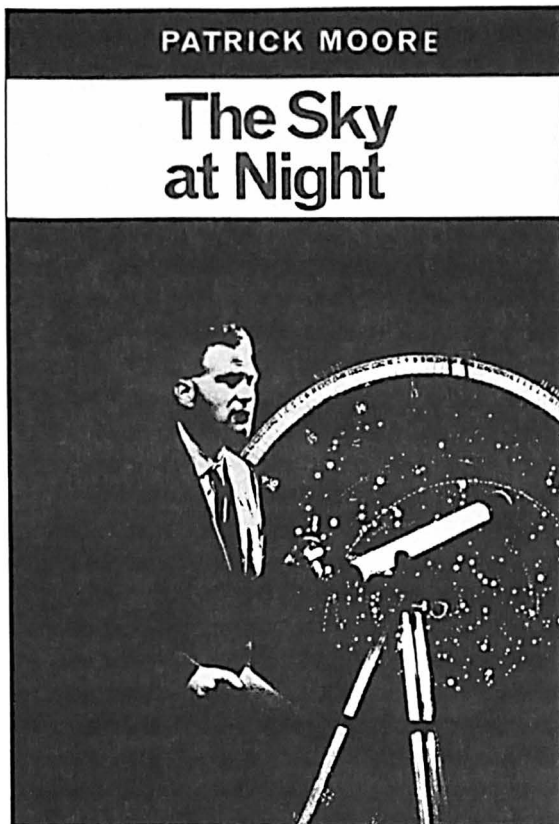
Свои передачи на Би-Би-Си Патрик Мур начал с рассказа о яркой комете Аренда–Ролана, сверкавшей на ночном небе весной 1957 г. и поразившей даже специалистов своим двойным хвостом. Спустя 40 лет его имя заносят в Книгу рекордов Гиннеса как самого долго работающего обозревателя телепрограмм Би-Би-Си. Впрочем, Патрик Мур – и сам автор “Книги Гиннеса” по астрономии. Но о ней расскажем ниже.



Сэр Патрик Мур. 1980 г.

За свою творческую карьеру Патрик Мур написал 64 научно-популярные книги по астрономии. Назовем некоторые из них: “Планета Венера” (переведена на русский язык), “Планеты”, “Путеводитель по звездам”, “Обозрение Луны”, “Ночное небо”. Последняя книга – сборник выступлений Патрика Мура по телевидению. Недавно она была переведена на русский язык и издана у нас под названием “Астрономия с Патриком Муром”. В этой книге более 300 страниц, и написана она очень интересно. Недаром весь тираж русского издания полностью разошелся.

Патрик Мур написал много статей по астрономии. История одной из них довольно необычна. В 1964 г. Всесоюзное астрономо-геодезическое общество (ВАГО) при АН СССР задумало издать сборник статей по астрономии, предполагая в случае успеха превратить его в журнал.



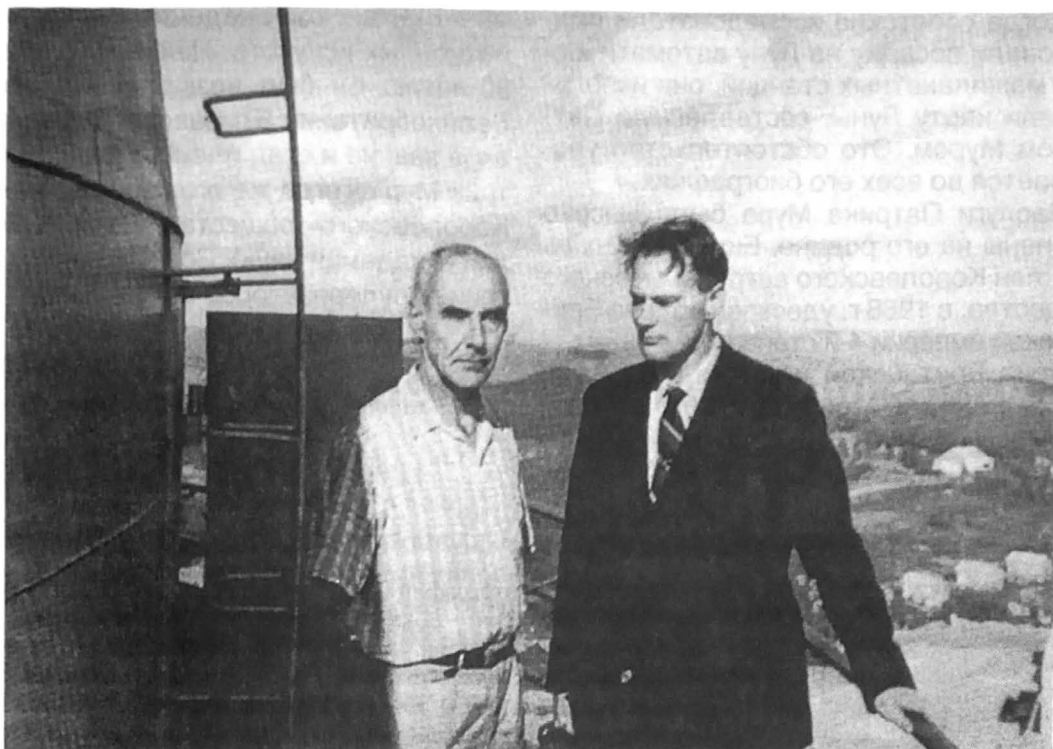
Обложки книг Патрика Мура.

Название выбрали "Земля и Вселенная". Одна из статей (о Луне) была заказана Патрику Муру. Статью он написал, ее перевели на русский язык. В издательстве "Знание" Патрику, как и всем авторам, предложили заполнить анкету. В пункте "партийность" (обычном для анкет того времени) советские авторы писали "член КПСС" или "б/п". Патрик же написал: "либерал". Он действительно был членом либеральной партии Великобритании. Среди авторов советских издательств это был, пожалуй, единственный либерал. Сборник "Земля и Вселенная" появился только в 1966 г., когда в издательстве "Наука" АН СССР уже второй год выходил журнал под тем же названием. Сборник "Земля и Вселенная" больше не издавался, а журналу "Земля и Вселенная" предстоит через год отметить свое 40-летие...

"Книга Гиннеса. Астрономия. Факты и свершения", написанная Патриком Муром и изданная в 1980 г., — это универ-

сальный справочник по астрономии. Из нее читатель мог узнать, какая звезда самая большая и самая маленькая, самая горячая и самая холодная, какой телескоп самый большой в мире (тогда это был наш "шестиметровик"), кто первый полетел в космос и кто сделал первый шаг на Луне, какая космическая станция первой совершила жесткую и мягкую посадку на Луну, Венеру и Марс, и т.д. В книге есть список координат астрономических обсерваторий всего мира, данные о телескопах и радиотелескопах, каталоги звезд и лунных кратеров, биографии ряда выдающихся астрономов (в том числе М.В. Ломоносова), небольшой словарь астрономических терминов.

Патрик Мур не раз бывал в СССР, брал интервью у советских астрономов (среди них Д.Я. Мартынов, Н.А. Козырев, Б.Ю. Левин, А.В. Марков, В.В. Шаронов). Одна из передач Патрика Мура по телевидению была специально посвящена прогрессу астрономии в СССР. 28 ноября 1970 г. на V съезде ВАГО он был избран почетным членом этого общества.



Патрик Мур (справа) с профессором Н.А. Козыревым на Крымской астрофизической обсерватории. 1960 г.



Патрик Мур изучает первые фотографии обратной стороны Луны, полученные советской автоматической станцией "Луна-3". Октябрь 1959 г.

Когда советские исследователи планировали посадку на Луну автоматических межпланетных станций, они использовали карту Луны, составленную Патриком Муром. Это обстоятельство упоминается во всех его биографиях.

Заслуги Патрика Мура были высоко оценены на его родине. Еще с 1960-х гг. он член Королевского астрономического общества, в 1968 г. удостоен ордена Британской империи 4-й степени, а в 1988 г. – ордена Британской империи 2-й степени. В 2000 г. Патрик Мур получил пре-

мию Британской академии кино и телевизионных искусств. Наконец, к своему 80-летию он был возведен королевой Великобритании Елизаветой II в рыцарское звание и стал именоваться "сэр Патрик Мур". Тогда же его избрали членом Королевского общества Великобритании (Академии наук). Вот как ценят в Англии популяризаторов астрономии!

В. А. БРОНШТЭН,

кандидат физико-математических наук

Информация

Красный Прямоугольник

Недавно группой астрономов из Германии, Австралии и США были опубликованы новые изображения биполярной туманности Красный Прямоугольник вокруг тесной двойной звездной системы HD 44179. Снимки получены на 10-метровом Телескопе Кека (Гавайи, США) в ближней инфракрасной области спектра ($\alpha = 2.1 + 3.3$ мкм). Достигнуто уникальное высокое угловое разрешение – 0.045" (примерно в 4 раза лучше, чем на КТХ). Снимки были реконструированы с помощью компьютерного метода спекл-интерферометрии из многих сотен коротких экспозиций. Компьютерная обработка данных этим методом позволяет компенсировать влияние атмосферной турбулентности и моделировать изображения с самым высоким угловым разрешением.

На одной фотографии (4-я страница обложки) показана тесная двойная система звезд, скрытая за массивным газопылевым торцом ($1.2 M_{\odot}$). Ее свет проникает к нам через полярные области этого тора, плотность вещества в которых гораздо меньше, чем в его экваториальной части. Двумя штриховыми отрезками прямых, пересекающимися в центре, обозначены образующие конусов биполярного истечения вещества из главной компоненты двойной звезды. Видны X-подобные "усы", порожденные рассеянным излучением.

Исследователи из Института радиоастрономии Макса Планка (Бонн, Германия) и Института астрономии РАН (Москва) проанализировали имеющуюся информацию о Красном Прямоугольнике, применив компьютерное моделирование двумерного переноса излучения в тороидальном распределении вещества. Оказалось, что этот объект находится от нас на расстоянии 700 пк и пылинки вещества, поглощающего излучение звезд, должны быть около 1 мм, то есть как песчинки. Такие необычно

большие пылинки могли образоваться в очень плотном околозвездном газе всего за сотню лет. Яркая компонента этой двойной системы – старая звезда, покидающая ветвь гигантов (масса – $0.57 M_{\odot}$, светимость – $6000 L_{\odot}$, эффективная температура – 7750 К). Другая, гораздо менее яркая (и потому невидимая) компонента была отождествлена с гелиевым белым карликом (масса – $0.35 M_{\odot}$, светимость – $100 L_{\odot}$, эффективная температура порядка 60 000 К). Горячий белый карлик ионизует вещество вокруг звезд и в полярных областях тора. Сценарий эволюции этого объекта предполагает, что первоначально массы компонент составляли 2.3 и 1.9 M_{\odot} , а расстояние между ними – 130 R_{\odot} . Плотное околозвездное вещество образовалось в результате сброса общей оболочки после заполнения полости Роша вторичной компонентой.

По материалам статей
группы авторов
(Меньшиков и др.)
Astronomy & Astrophysics,
2002, 389, 393

Памяти Георгия Алексеевича Трошкова

27 ноября 2002 г. скончался ведущий научный сотрудник Главной (Пулковской) астрономической обсерватории (ГАО) РАН, доктор физико-математических наук, заместитель председателя Межведомственной комиссии по руководству работами на Санкт-Петербургском геодинамическом полигоне, член Национальной рабочей группы "Балтика" при Санкт-Петербургском научном центре РАН **Георгий Алексеевич Трошков**.

Георгий Алексеевич родился в 1931 г. в деревне Середя Валдайского района Ленинградской области. После окончания в 1955 г. ленинградского Горного института по специальности "Геофизика" он был командирован в ГДР. По возвращении, с 1957 г. по 1963 г., возглавлял теоретическую группу в ленинградском филиале ВНИИГеофизика. В это же время во Всесоюзном институте рудной геологии (ВИРГ) Г.А. Трошков занимался решением обратной задачи теории потенциала (на основе локализации особенностей аналитических функций и применения ЭВМ). В 1963–1969 гг. он участвовал в разработке самолетного варианта изучения переходных процессов низкочастотного геоэлектромагнитного поля и полей действующих радиостанций на сверхдлинных волнах, применительно к задачам поисков урановых месторождений полезных ископаемых. В результате был создан действующий макет электромагнитной измерительной аппаратуры.

В 1969 г. Г.А. Трошков перешел в НПО "Рудгеофизика" на должность главного конструктора проекта и руководителя



группы отделов магнитометрического исследовательского направления. В этот период он – научный руководитель группы, создававшей измерительную аппаратуру для регистрации слабых и "сверхслабых" магнитных полей. Использованы эффекты ядерного магнитного и двойного атомного резонансов. Под его руководством были разработаны и запущены в серийное производство магнитометрические устройства и системы различного

назначения, в том числе для решения геолого-геофизических и оборонных задач.

В 1980 г. Г.А. Трошкова приняли по конкурсу в Ленинградский отдел Института океанологии им. П.П. Ширшова АН СССР, где впоследствии он возглавил лабораторию геофизических полей океана. В этот период он продолжил исследования по повышению эффективности интерпретации обратных задач теории потенциала применительно к решению океанологических проблем с использованием математического аппарата в комплексном трехмерном пространстве. В Институте океанологии в 1986 г. он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук.

В конце 80-х гг. Межведомственная Комиссия по решению Государственной проблемы Кронштадтского футштока, председателем которой был член-корреспондент АН СССР Ю.Д. Буланже, постановила создать в Институте планетарной геофизики ОИФЗ РАН Санкт-Петербургскую геодинамическую лабораторию. Она должна была также войти в состав Санкт-Петербургского научного Центра РАН. Возглавить лабораторию планировалось поручить Г.А. Трошкову. К сожалению, отсутствие финансирования не позволило развернуть геодинамические

исследования в регионе в полном объеме. Но затем, уже в 1998 г., Межведомственная Комиссия по руководству работами на Санкт-Петербургском геодинамическом полигоне включила лабораторию в состав ГАО РАН. Лаборатория, которую возглавил Г.А. Трошков, изучала региональные особенности гравитационного поля и геоида Фенноскандии. Были исследованы также вековые и нестационарные изменения уровня Балтийского моря (в том числе по наблюдениям с 1777 г. на Кронштадтском футштоке). Завершено обобщение работ и исследований на геодинамическом полигоне и Шепелевском дублере Кронштадтского футштока. Администрация города признала актуальными исследования на Санкт-Петербургском геодинамическом полигоне, и было решено в ГАО РАН организовать сектор геодинамики. Но в этой работе Георгию Алексеевичу участвовать уже не суждено...

В сердцах родных и близких, коллег и друзей навсегда сохранится светлая память о Георгии Алексеевиче Трошкове, замечательном человеке, семьянине, ученом и организаторе, руководителе фундаментальных научных и практических исследований.

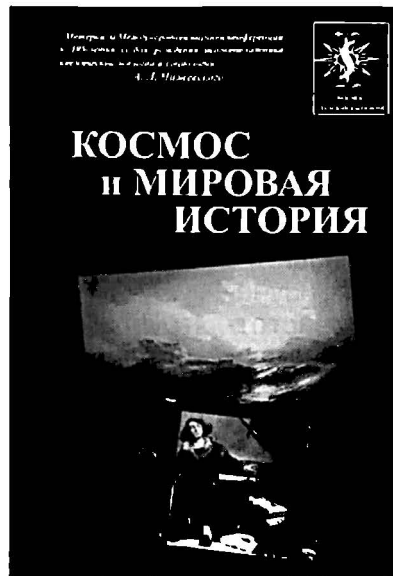
*В.К. АБАЛАКИН, В.И. БОГДАНОВ,
Г.Г. ТРОШКОВА*

НОВЫЕ КНИГИ

А.Л. Чижевскому посвящается

К 105-летию со дня рождения выдающегося российского ученого было приурочено проведение в Москве Международной научной конференции. Труды этой конференции опубликованы в специальном сборнике "Космос и мировая история", который вышел в свет в конце 2002 г. под редакцией Л.В. Голованова – вице-президента Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского.

В предисловии к Сборнику отмечается особенность прошедшей в стенах МИГАНК конференции: "участие в ней представителей не только естествознания, медицины и техники,



но и гуманитарных наук, – у истоков тенденции к такой интег-

рации стоял в начале XX в. А.Л. Чижевский".

Книгу открывают выступления президента Гуманитарного института Н.В. Асташкова "На пути к синтезу естествознания и гуманитарных наук в эпоху Космоса" и Л.В. Голованова "Коперниканская революция в науках о жизни и обществе".

Книга содержит четыре раздела: "Космос и Социум", "Динамика космоса в динамике геосфер", "Космический пульс жизни", "Воздух, электричество, жизнь".

Внимание читателей, наряду с многочисленными научными материалами, привлекают также литературно-художественные выступления, как письмо Анны Пиккарди, с теплотой вспоминающей о своем знаменитом отце – Джордано Пиккарди, или текст египетского "Гимна Солнцу".

Проблемы кризисных морей и озер

А. Н. КОСАРЕВ,
доктор географических наук
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

А. Г. КОСТЯНОЙ,
доктор физико-математических наук
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

В рамках **Международного года Пресной Воды**, объявленного ЮНЕСКО, в начале мая 2003 г. в Университете г. Льежа (Бельгия) проводился очередной 35-й Международный Коллоквиум по динамике океана, совмещенный в этом году со специальным совещанием НАТО. Его название – **“Умиряющие и мертвые моря”**.

Льежский Коллоквиум имеет давнюю историю. В 1969 г. его организовал профессор старейшего в Бельгии университета Жак Ниуль, который с тех пор остается бессменным организатором и председателем этого международного форума. Ежегодно он собирает порядка 100 ведущих специалистов в какой-либо конкретной области наук об океане.



International Liège Colloquium on Ocean Hydrodynamics

Эмблема Международного Льежского Коллоквиума по динамике океана.

Спектр рассматриваемых проблем весьма широк – от взаимодействия атмосферы и океана до использования современных методов исследования биологичес-

ких процессов, от дистанционного зондирования океана из космоса до численного и лабораторного моделирования. Тематика очередного Коллоквиума выбирается за два года до его проведения в соответствии с наиболее интересными проблемами изучения океана. Надо сказать, что Льежский Коллоквиум уникален, поскольку ежегодное проведение такого форума сегодня под силу только крупнейшим международным научным обществам, таким как Европейское геофизическое общество (EGS) или Американский геофизический союз (AGU).

Организаторы Льежского Коллоквиума не обладают существенными финансовыми возможностями, но благодаря его авторитету

ежегодно получают дотации от международных организаций по изучению океана. Профессор Ж. Ниуль прилагает все усилия, чтобы на конференцию ежегодно приезжали 5–7 российских ученых. Эта традиция продолжается с начала 80-х гг. XX в., со времени первых визитов академика Л.М. Бреховских, профессоров А.М. Айтсама, К.Н. Федорова, В.М. Каменковича, Р.В. Озмидова, которые возглавляли первые советские делегации. Более 150 советских, российских, украинских и узбекских ученых получили полную финансовую поддержку от организаторов для участия в этой конференции. Коллоквиум в Льеже играет важную роль в установлении и поддержании научных контактов между российскими и зарубежными научными организациями, занимающимися науками об океане.

Научное сотрудничество Центра геогидродинамики и исследования окружающей среды (GHER), который возглавляет профессор Ж. Ниуль, и российских научных организаций началось с программ MEDALPEX (1981–82 гг.) и ISHTAR (1988–89 гг.). С середины 1990-х гг. оно продолжается на более высоком уровне, уже в рамках Межправительственных соглашений между Российской Федерацией и Бельгией. Круг российских, украинских и узбекских организаций, сотрудничающих с Центром, расширился с разработкой ряда проектов INTAS, INCO-Copernicus и NATO.

С 2000 г. Центр геогидродинамики и исследования окружающей среды Льежского университета проводит координацию работы по двум текущим проектам (INCO-Copernicus и NATO), направленным на всестороннее исследование современного состояния **Аральского моря**; разграничение естественных климатических и антропогенных факторов, ответственных за катастрофическое усыхание моря; составление научно-обоснованного прогноза дальнейшей эволюции Аральского моря (Земля и Вселенная, 2003, № 2). К этим проектам привлечены специалисты из Германии, Болгарии, Турции, России, Украины и Узбекистана. Одним из первых результатов работ стала публикация на английском и русском языках библиографии по проблемам Аральского моря под редакцией профессоров Ж. Ниуля, А.Н. Косарева, А.Г. Костяного и И.С. Зонна. Выполнение этих проектов помогло понять, что одни и те же проблемы касаются многих замкнутых озер и искусственных водоемов на всех континентах: практически у всех водоемов понижается уровень и возрастает соленость. Два года назад было принято решение о проведении в 2003 г. очередного Коллоквиума по теме морей и озер, оказавшихся в критическом, а вернее сказать, в кризисном положении.

Основу Коллоквиума составили доклады по проблеме Аральского моря. В них дан анализ измене-

ний всех основных компонентов природной среды в Аральском регионе, рассмотрены экономические и экологические аспекты проблемы. В докладах П.О. Завьялова и А.Г. Костяного (Россия), Я. Фридрих (Германия), А.Т. Солохиддинова и И.М. Мирабдуллаева (Узбекистан), которые представили результаты последних экспедиционных работ, проведенных на акватории моря и на побережье Большого Арала, подчеркивалось, что в будущем озеро ожидает лишь дальнейшая деградация.

К ноябрю 2002 г. абсолютный уровень **Аральского моря упал по сравнению с 1960 г. почти на 23 м** и теперь находится на отметке 30.47 м, площадь водоема уменьшилась с 66 000 до 15 000 км², а объем сократился с 1060 до приблизительно 100 км³. По существу, море распалось на **три независимых водоема**. При этом западная часть Большого Арала все еще остается довольно крупным внутренним водоемом с максимальной глубиной свыше 40 м. Усыхание моря и сильное **повышение солености** (до 90‰ в западной части и до 160‰ в восточной части Большого моря) привели к деградации эндемичной ихтиофауны, **море стало практически безжизненным**. К 2002 г. значительно сократилось количество видов планктона и бентоса, выжило только два вида рыб (камбала и атерина), и то только в западной части Большого моря. Осенью 2002 г. российские и



Спутниковый снимок Аральского моря на обложке книги "Аральское море: избранная библиография", изданной к Льежскому Коллоквиуму, посвященному динамике Мирового океана (5–10 мая 2003 г.).

узбекские ученые в западной части Большого Арала на глубинах свыше 22 м обнаружили слой **сероводородного заражения**, что представляет собой новую проблему для умирающего Аральского моря.

На Коллоквиуме обсуждались перспективы естественного развития процессов в Приаралье и не затрагивались такие "экзотические" суждения, как возможная гидрогеологическая связь Арала и Каспия, подземное перетекание вод из Аральской котловины в Каспийскую. Во многих докладах были проведены ретроспективные оценки изменений водного бюджета Арала, различных его составляющих, вклада природных и антропогенных факторов. Ученые используют различ-

ные методы (дистанционные, инструментальные, расчетные), результаты которых, естественно, несколько разнятся. Полученные данные сопоставлены и сведены в подробную таблицу эволюции основных природных характеристик Арала.

Несмотря на широкий географический охват природных объектов, проблемам Каспийского моря, крупнейшего замкнутого водоема планеты, было посвящено всего три доклада: по гидрологии, биологии и экологии водоема.

Особенности термохалинной структуры вод Каспийского моря, ее сезонной и межгодовой изменчивости рассмотрели в своем докладе океанологи А.Н. Косарев, В.С. Тужилкин, А.Г. Костяной. Они

проанализировали межгодовые изменения, происшедшие во второй половине XX в., и убедительно показали, что, как и для других внутренних водоемов, определяющая роль в формировании и изменениях термохалинной структуры Каспия принадлежит внешним факторам. Основные из них – речной сток, суровые зимы и меридиональный перенос воздушных масс над морем. Очень чутко откликается Каспийское море на изменения в соотношениях основных компонент внешнего водного бюджета: величин речного стока, осадков, испарения.

В прошедшем столетии **размах колебаний уровня водоема достигал трех метров**. Авторы доклада считают, что повышения и понижения уровня Каспия обусловлены гидрометеорологической обстановкой. Согласно этой концепции, изменения уровня с размахом 2–3 м за десятилетие – закономерное явление, отражающее "дыхание моря", и его следует учитывать в практической деятельности на побережье и в акватории Каспия.

Тенденции изменения режима Каспия во второй половине прошлого века определены на основании совместного анализа внеш-

них гидрометеорологических факторов и параметров термохалинной (сочетание температуры и солености) структуры моря. По характеру изменений внешних воздействий и соответствующих им параметров термохалинной структуры выделены два типа режима моря. Первый тип (1968–77 гг.) отличался пониженным речным стоком, повышенной суровостью зим и, как следствие, понижением уровня моря. Второй период (1978–87 гг.) характеризовался обратным сочетанием внешних факторов: увеличением речного стока, потеплением зим и возрастанием меридионального переноса воздушных масс, вызывающим интенсификацию апвеллинга. При этом происходил быстрый и значительный **подъем уровня моря**.

Изменения внешних воздействий отразились не только на уровнем режиме Каспия, но и на функционировании всех звеньев экосистемы моря. Произошла перестройка термохалинных полей, всей вертикальной гидрологической структуры.

До заметного увеличения речного притока в 1978 г. соленость в толще вод Каспия была практически однородной, а с этого времени начала формироваться устойчивая соленостная стратификация. В 1990-х гг. соленость в толще вод Каспия возросла на 0.5–0.7‰. Толщина термоклина уменьшилась, а градиенты температуры возросли. Все это привело к ослаблению зимней вентиляции глубинных слоев

моря. Второй тип режима менее благоприятен для экосистемы Каспия. При более значительной плотностной стратификации вод понижается содержание кислорода в глубинных слоях моря, ухудшается снабжение биоактивного (эвфотического) слоя биогенными веществами. Кроме того, уменьшается разбавление загрязненных поверхностных вод, что также представляет угрозу для каспийской биоты. На основе анализа данных за последние десятилетия авторы доклада показали, насколько **необходим комплексный экологический мониторинг**. Только он позволит создать эффективную систему защиты природной среды Каспийского моря.

В сообщении Н.В. Аладина (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург) основное внимание уделялось **антропогенному вмешательству** в жизнедеятельность природных сообществ Каспия. Главная причина неуклонного уменьшения вылова осетровых, по словам докладчика, – давно уже не их гибель в гидроузлах волжских водохранилищ, а несанкционированный лов (проще говоря, браконьерство). В этом же докладе говорилось о распространении в Каспии “стихийного вселенца” – гребневика мнемипсис, и обсуждалась проблема биологической очистки водоема. Автор поддержал идею о вселении другого гребневика – берое, главного врага мнемипсиса. Но необходимо тщательно

оценить все возможные последствия такого крупномасштабного вмешательства в экологические процессы.

Природные особенности терминальных (то есть не имеющих стока) водоемов Земли принципиально сходны, несмотря на разное географическое положение. Их гидрологический режим формируется при определяющем воздействии компонентов водно-теплового бюджета, поэтому в замкнутых водоемах происходят значительные объемные колебания уровня, а их гидрологическая структура подвержена быстрой и значительной изменчивости. В последние десятилетия во многих водоемах заметно ощущается влияние хозяйственной деятельности. Это отражено в докладах, посвященных африканскому озеру Чад (Ж. Лемоаль, Франция) и австралийскому озеру Корангамит в Австралии (Б. Тиммс, Австралия).

В ситуации, сложившейся в Каспийском и Аральском морях, много общего с проблемами Мертвого моря. В докладах И. Гертмана и И. Гавриели (Израиль) приведены подробные данные о состоянии и динамике этого интереснейшего озера, литературные обобщения и анализ современных натуральных наблюдений. Известное еще с библейских времен, Мертвое море расположено в самой низкой части Иорданской рифтовой долины, между Израилем и Иорданией: водное зеркало лежит на **414 м ниже уровня Мирового океана** (2001 г.). Мак-



симальная глубина 316 м. **Средняя соленость** 270–280‰. Это одно из самых соленых озер мира. Температура воды на его поверхности изменяется зимой от 16 до 23°C, а летом превышает 30°C. На глубине около 300 м она практически постоянная и составляет 23.0–23.5°C.

Гидрологический режим Мертвого моря зависит от количества поступающей пресной воды. Изменения водного бюджета водоема в первую очередь сказываются на его уровне, который на протяжении двух тысячелетий испытывал значительные колебания. В начале 60-х гг. XX в. началось интенсивное использование поступающей в Мертвое море пресной воды. В результате испарение с поверхности озера стало превышать поступление пресной воды с речным стоком и атмосферными

осадками. Кроме того, Израиль и Иордания организовали получение солей из морской воды путем выпаривания. В результате уровень озера понизился от отметки – 397 м (1960 г.) до – 399.6 м (1978 г.). Это ниже уровня порога в проливах Линч, соединяющих северный и южный бассейны моря. В результате понижения уровня моря весь южный бассейн высох, а возведенная дамба преобразовала его в испарительные пруды для производства солей, вода в которые закачивается из северного бассейна. Эти изменения привели к уменьшению длины Мертвого моря к 1978 г. с 80 до 50 км, максимальной глубины до 328 м, площади до 815 км², объема воды до 146 км³. К 2001 г. уровень водоема опустился до 414 м ниже уровня Мирового океана, а максимальная глубина – до 316 м.

Регулярно повторяющиеся съемки из космоса Мертвого моря регистрируют сокращение площади, увеличение солености и понижение уровня этого озера. Снимок сделан радиометром MODIS со спутника "Terra" (TEOS-AML). 10 сентября 2000 г.

Гидрологическая структура Мертвого моря быстро меняется. Происходит сдвиг в соотношении величин пресного притока и испарения. И. Гертман выделяет два типа режима в водоеме: стратифицированный и однородный. При смене этих режимов преобразуется вся термохалинная структура вод. За последние 10 лет гидрологическая структура моря поменялась дважды. После очень дождливой зимы 1991–1992 гг. в море сформировался режим устойчивой стратификации воды,



Участники 35-го Международного Льежского Коллоквиума по динамике океана.

сохранявшийся 4 года. Зимой 1995–96 гг. всю толщу вод охватило конвективное перемешивание, и установилась современная однородная структура (1996–2000 гг.). При переходе от одного характерного периода к другому в толще вод Мертвого моря наблюдаются четкие тренды изменения гидрологических характеристик. Так, в 1992–95 гг. глубина положения летнего термоклина возросла вдвое, соленость слоев моря стала более однородной, зимняя температура верхнего слоя возросла на 2°C в год. В современный период (1996–2000 гг.) соленость в толще вод увеличивается, а температура глубинных вод возрастает на 0.25°C за год. Зимняя конвекция каждый год начинается на неделю раньше, то есть возрастает

период вентиляции водной толщи.

Профессор Ж. Лемоаль (Франция) сделал доклад по современному состоянию озера Чад. Это знаменитое у нас гумилевским “изысканным Жирафом” озеро находится на территории сразу четырех государств: Чада, Нигера, Нигерии и Камеруна. Чад – мелководное озеро: максимальная глубина прежде достигала 10 м, а средняя составляла всего 1.5 м, но за последние 40 лет оно практически высохло. **Поверхность озера сократилась с 25 000 км² в 1963 г. до 1350 км² в настоящее время.** Глубина теперь не превышает 1–2 м. Кроме того, 50% оставшейся площади заросло.

Осуществляемый всеми окружающими государствами разбор воды для ирригационных нужд наполовину понижает уровень, столько же связано с изменением климата. В результате – значительные потери запасов пресной воды, засыхание посе-

ных площадей, засоление почв, исчезновение рыболовства и, как следствие – обнищание местного населения. По имеющимся данным, в последние годы уровень озера стабилизировался на низких отметках.

Обзор существующего состояния кризисных водоемов был сделан в докладе А.Г. Костяного, П.О. Завьялова и С.А. Лебедева “Что мы знаем об умирающих морях?”. Материалы, полученные главным образом со спутников, свидетельствуют о значительных колебаниях уровня водоемов на фоне неуклонного его понижения. Охват рассмотренных озер и морей впечатляет: уже упомянутые Мертвое море, озеро Чад, Аральское и Каспийское моря, а кроме них – залив Каспия Кара-Богаз-Гол, озера Сарыкамыш, Балхаш, Иссык-Куль, африканские озера – Виктория, Кьога, Рудольф, Танганьика, Ньяса и другие, североамериканские – Великие озера (Верхнее, Гурон, Ми-

чиган, Эри, Онтарио), Большое Солёное, Пирамид, Моно, Солтон-Си, австралийские – Эйр и Корангамит; китайские – Кингхай-Ху, Лобнор и Эби-Нур. Все они с большой разрешающей способностью сфотографированы со спутников. Повторные съемки позволяют проследить за динамикой состояния этих столь различных внутренних водоемов. Установлены их общие особенности – понижение уровня из-за антропогенного забора воды, регулирование речного сто-

ка и потепление климата, осолонение вод и ухудшение их качества, заиливание и эрозия береговой линии, загрязнение и "цветение" (эвтрофикация) вод, деградация морских (озерных) и прибрежных экосистем. В той или иной степени все озера реагируют на происходящее глобальное потепление.

Во время Коллоквиума состоялись заседания нескольких рабочих групп, на которых, в частности, рассматривались результаты разработок проек-

тов "Арал-Кум" (программа INCO-Copernicus-2) и "Климатические изменения в Аральском регионе: межгодовая изменчивость, современное состояние и сценарии развития" (NATO).

Следующий, 36-й, Международный Льежский Коллоквиум по динамике океана намечено провести в мае 2004 г. На нем будут рассмотрены системы наблюдений и проблемы мониторинга экологического состояния океанов и морей земного шара.

Информация

Отравляющие озера

Надолго запомнили жители селения на берегу озера Монди (Камерун, Африка), как в августе 1984 г. с поверхности близлежащего озера Монун внезапно поднялось белое облако. Тогда от отравления внезапно погибло 37 человек...

Через два года катастрофа, еще более страшная, повторилась на озере Ниос, находящемся вблизи границы с Нигерией. Мгновенный выброс газов из этого озера уничтожил 1800 жителей окрестных деревень и весь домашний скот. Причина отравлений установлена: углекислый газ (CO_2), поднявшийся со дна озера. Ученые установили, что на дне есть трещины, через которые газы вулканического происхождения просачиваются из недр. Накопившись под водой, они вырываются в воздух, когда давление

превышает давление озерной воды.

Геохимик М. Кусакабэ из Университета в г. Окаяма (Япония) считает, что озеро Монун грозит значительно большей опасностью. Б. Эванс, химик из Геологического управления США, взял пробы воды на середине озера Монун. Он пришел к выводу, что достаточно сильный ветер способен перемешать слои влаги и "освободить" насыщенный углекислотой "пузырь"...

После катастрофы 1986 г. власти запретили селиться на опустевших берегах озера Ниос. Но там остались многие фермеры, рыбаки продолжают промысел, мимо проходят автомобильные трассы...

Два года назад посередине водоема установили трубы на плотках. Из глубин через них стали выкачивать углекислый газ, несколько снижая угрозу взрыва. Но возникает опасение, что используемая технология, нарушив стратификацию вод, может вызвать новый выброс углекислого газа.

В январе 2003 г. японские специалисты спустили на волны озера Монун два плота по 10 м^2 ,

на которых расположили трубы и измерительные приборы. Специалисты полагают, что за ближайшие два года из озера будет извлечено 28 тыс. т углекислого газа, а этого хватит, чтобы опасность внезапного отравления миновала.

Ученые также обеспокоились состоянием гигантского озера Киву – одного из крупнейших среди Великих африканских озер, лежащего на границе между Руандой и Заиром. Содержание CO_2 в водах Киву в 1000 раз больше, чем в Ниосе и Монуне вместе. Кроме того, там растворено около 55 км^3 весьма огнеопасного метана.

В минувшем году в озеро Киву устремился мощный поток лавы извергавшегося рядом вулкана Ньярагонго, но, к счастью, в озере не нарушилось расположение слоев воды. Тем не менее водоем лежит непосредственно на активном рифте – разломе земной коры, через который могут прорваться вулканические газы с высокой температурой.

Science, 2003, 299, 5608

Юбилей Тунгусского “пришельца”

С.С. ГРИГОРЯН,
академик
НИИ механики МГУ

ЗАГАДКА ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Утром 30 июня 2003 г. исполнилось 95 лет природному событию, взбудоражившему множество людей на Земле, – падению в далекой сибирской тайге, в бассейне реки Подкаменная Тунгуска, загадочного небесного тела, ставшего известным под названием **Тунгусский метеорит**. Загадочность этого явления, его “тайна”, состоит в следующем. По записям приборов, зарегистрировавших в то утро барические и сейсмические колебания во многих местах на Земле, была оценена энергия, выделившаяся в эпицентре события. Если принять естественное предположение, что это вызвано падением в тайгу какого-то не-

бесного тела, то оцененная энергия будет равна, по порядку величины, его кинетической энергии. По величине энергии определена масса “пришельца” (при известном значении его скорости, а диапазон возможных скоростей известен из астрономии). Определив массу и задав значения плотности небесного тела в диапазоне от плотности

льда (плотность ядер комет) и до плотности железа (плотность железо-никелевых метеоритов), можно оценить его характерный размер. Он оказался порядка десятков (до сотни) метров. Решив далее простенькую задачу о движении и торможении такого тела в атмосфере Земли, убеждаемся, что его замедление было незначитель-



*Поваленные деревья на Тунгуске.
Фото Л.А. Кулика. 1928 г.*



Первый исследователь места падения Тунгусского метеорита Леонид Алексеевич Кулик на реке Чамбэ (приток Подкаменной Тунгуски). 1928 г. Фото Н. Струкова.

ным, то есть приходим к заключению, что небесное тело должно было "врезаться" в поверхность Земли с огромной (не измененной слабым торможением в атмосфере) скоростью в несколько десятков километров в секунду. Результатом такого столкновения обязательно должно быть, помимо всего прочего (барических и сейсмических возмущений в атмосфере и литосфере Земли, пожара и вывала деревьев на огромной площади в тайге и т.п.), образование очень большой ямы – ударного кратера, вроде Аризонского в Северной Америке. Так вот, загадка состоит в том, что никакой ямы в месте "падения" Тунгусского ме-

теорита нет! Когда на место события впервые, в конце 20-х годов XX столетия, прибыла экспедиция замечательного ученого и энтузиаста Леонида Алексеевича Кулика, она там и обнаружила: фантастическую картину вывала деревьев в тайге, следы пожара, но не было кратера и не было найдено никаких остатков небесного тела!

Эта загадка питала энтузиазм и энергию множества экспедиций (официальных и самодеятельных), фантазию множества людей, желавших ее разгадать и сочинивших десятки (может и сотни!) гипотез о природе Тунгусского феномена, а также привлекала к попыткам рационального научного объяснения случившегося ученых из разных стран. Вся эта деятельность стала предметом многих научных, иногда псевдонаучных, конференций и симпозиумов, очень большого количества публикаций в СМИ, научных журналах и монографиях. И вроде бы разобрались: имеются результаты тщательных полевых исследований всего, что ос-

тавил "пришелец" в месте падения (вывал леса, пожар и т.п.), опубликованы серьезные научные работы. В них построены адекватные математические модели, расчетные выводы которых объясняют все надежно установленные факты, ассоциированные с Тунгусским метеоритом. Тем не менее интерес ученых и широких масс к этому феномену сохраняется и поныне. Продолжаются, с одной стороны, разработка более детальных рациональных математических моделей, дальнейшие полевые исследования и выяснение новых фактов, а с другой – фантазирование дилетантов и изобретение все новых гипотез. Проводятся и конференции.

КОНФЕРЕНЦИЯ В ГАИШ

24 и 25 июня 2003 г. в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга (ГАИШ) Московского Государственного Университета им. М.В. Ломоносова состоялась Юбилейная научная конференция, посвященная 95-летию Тунгусской проблемы. Ее организаторами были: *Международное Астрономическое Общество, Институт механики МГУ, ГАИШ МГУ, Комплексная Самодеятельная Экспедиция*. При ее подготовке возникли серьезные трудности. Они были неизбежны, ибо в конференции пожелали участвовать и "рационалисты", то есть специалисты, профессиональная подготовка которых позволяла им исследовать

Член-корреспондент РАН, директор ГАИШ А.М. Черепашук выступает с приветственной речью на открытии Юбилейной конференции, посвященной 95-летию Тунгусского события. В президиуме (слева направо): академик С.С. Григорян (МГУ), профессор Томского Государственного университета Г.Ф. Плеханов, академик В.Н. Страхов. Фото Е.М. Колесникова. 2003 г.



Тунгусский феномен на рациональной научной основе, и дилетанты, движимые интересом к "тайне" Тунгуски. Разногласия между двумя группами породили угрозу полного раскола между ними и проведения двух (!) юбилейных конференций. В конце концов этого удалось избежать, конференция состоялась одна, но фактически с двумя существенно различающимися по тематике сообщениями частями. "Следы" же раскола сохранились в том, что оргкомитет так и не смог выбрать или назначить себе председателя!

На открытии конференции с теплой приветственной речью выступил директор ГАИШ, член-корреспондент РАН А.М. Черепашук. С приветствиями также выступили автор этих строк, академик В.Н. Страхов и профессор Томского университета Г.Ф. Плеханов. Надо, однако, сказать, что речь академика В.Н. Страхова фактически не имела никакого отношения к предмету конференции – это было научное сообщение о некотором предпочтительном, по мнению его

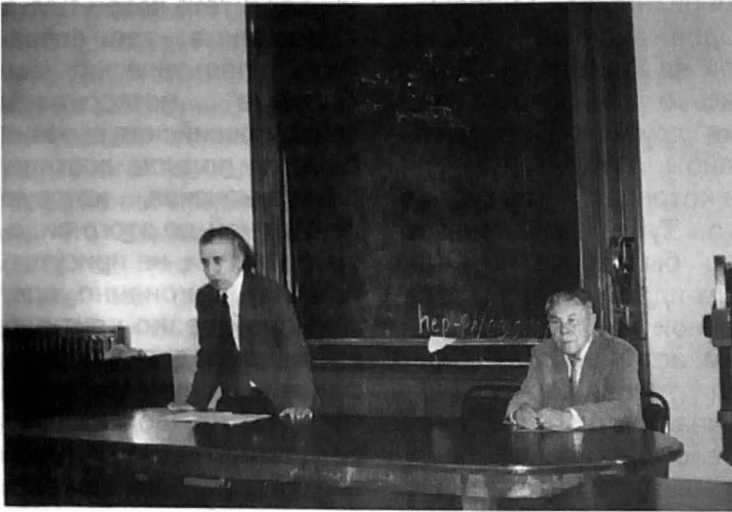
автора, методе численного решения систем линейных алгебраических уравнений.

Далее состоялось пленарное заседание с докладами: **Г.Ф. Плеханов** – «Анализ гипотез о природе явления, известного под названием "Падение Тунгусского метеорита"»; **С.С. Григорян** – «Современное состояние вопроса о разрушении космических тел при входе в атмосферу»; **В.А. Бронштэн** – «Современное состояние проблемы Тунгусского метеорита» (доклад был сделан на следующий день, 25.06); **Е.М. Колесников** – «Элементные и изотопные аномалии в торфе – вероятные следы Тунгусской кометы»; **В.А. Алексеев** – «Диспергирование и состав частиц "Тунгусского метеорита", найденных в деревьях, смолах и горных породах»; **Б.У. Родионов** – «О соответствии гипотез свидетельствам очевидцев».

Пленарный доклад профессора Г.Ф. Плеханова

содержал результат объективного анализа свидетельств очевидцев события, который привел его к заключению, что лишь семь из большого числа свидетельств можно считать надежными и пользоваться ими при рассмотрении различных гипотез и теорий. Докладчик сделал также важный вывод из анализа наблюдательных данных о том, что остаточные эффекты (вывал леса, пожар и т.п.) обладают явными неоднородностями в их пространственном распределении и что это может быть связано с тем, что финальная стадия явления соответствовала движению нескольких тел в атмосфере.

В моем докладе были отмечены два этапа в изучении Тунгусского феномена: первый связан с полевыми исследованиями многих экспедиций и возникновением массы гипотез, а второй – с приходом к изучению проблемы профессионалов в области физико-механико-математичес-



Академик С.С. Григорян выступает с пленарным докладом; справа – председатель заседания Г.Ф. Плеханов. Фото Е.М. Колесникова. 2003 г.

кого моделирования явления. Было подчеркнуто принципиальное значение двух опубликованных моих работ (С.С. Григорян. К вопросу о природе Тунгусского метеорита. Доклады АН СССР, 1976, т. 231, № 1; О движении и разрушении метеоритов в атмосферах планет. Космические исследования, 1979, т. 17, № 6), в которых дано объяснение “загадки” Тунгусского феномена. В них было показано, что высокие давления (порядка тысяч атмосфер), развивающиеся на лобовой поверхности вторгающегося в атмосферу Земли небесного тела, намного превосходят прочность материалов всех возможных подобных тел. Поэтому на определенной высоте последние быстро дробятся. Раздробленный материал не очень больших метеороидов, включая Тунгусский, с размерами порядка десятков метров, успевает “растечься” в стороны и резко затормозиться, так что за очень короткое время почти вся его кинетическая энергия пере-

дается в небольшой объем воздуха перед телом, сильно сжимая и нагревая его до температур в десятки тысяч градусов. Последствия этого события будут примерно такими же, что и в случае подрыва в том же объеме воздуха взрывчатого вещества с мощностью, равной переданной кинетической энергии. Результатом будет распространение сильной ударной (взрывной) волны по воздуху, которая, придя сверху к поверхности Земли, отразится от нее и пойдет в стороны от эпицентра, валя деревья в тайге. Кроме этого, из очага “взрыва” вырвется мощная световая вспышка, которая обожжет близкие деревья и вызовет пожар. А заторможенные обломки тела, потерявшие начальную высокую скорость, выпадут на землю, но не создадут там кратера. Именно это и было обнаружено экспедициями. Отсутствие же обломков на земле просто объясняется тем, что в соответствии с гипотезой Фесенкова–Уиппла Тунгусское те-

ло было ледяным ядром небольшой кометы, так что не успевшие растаять и испариться при быстром торможении обломки растаяли уже на земле, где от них могли сохраниться только очень мелкие твердые частицы “загрязнений” ядра кометы, которые всегда в таких ядрах присутствуют.

Было еще одно явление, сопровождавшее Тунгусское событие, – необыкновенно светлые ночи на огромном пространстве от места падения до Западной Европы в течение нескольких последующих суток. Оно также нашло объяснение в рамках кометной гипотезы в работах нескольких авторов, в том числе активного исследователя метеоритов и комет В.А. Бронштэна. Эти объяснения связывают феномен светлых ночей с проникновением в атмосферу Земли частиц из газопылевого “обрамления” ядра кометы.

Описанная выше картина событий, разрешающая парадокс Тунгусского события, его “тайну”, была, конечно, “оформлена” в упомянутых выше моих работах в строгую математическую теорию с количественной оценкой всех сопутствующих физико-механических эффектов. Ее расчетные прогнозы хорошо согласуются с парамет-

рами Тунгусского небесного тела. Эта теория была использована мною также и для прогноза последствий вторжения кометы Шумейкеров–Леви 9 в атмосферу Юпитера летом 1994 г. (работа с этим прогнозом была представлена в журнал “Доклады РАН” до самого события), и прогноз полностью оправдался. Он состоял в том, что “взрывная” стадия процесса произойдет ниже облачного слоя Юпитера, поэтому вспышка наблюдаться не будет, а станет видимой только всплывающая из области “взрыва” горячая масса после ее прорыва вверх через облачный слой, что и было зафиксировано в действительности. Моя теория использовалась также для количественного описания “судьбы” приближающихся к Солнцу комет (в частности, комет семейства Крейца). Один из выводов этих расчетов состоит в том, что при вторжении достаточно крупных ядер комет в фотосферу Солнца возникающее там возмущение по энергетике оказывается сопоставимым с мощными вспышками на Солнце, и, таким образом, природа некоторых из них вполне может быть “кометной”.

Описанная выше теория “принималась” медленно. Одним из первых ученых, принявших и активно исследовавших ее, был В.А. Бронштэн. Он добавил в нее учет эффектов “потери” материала метеорита за счет плавления и испарения. На 10 лет позднее эта теория была повторно “открыта”

американцами Хиллзом и Годой, конечно, без ссылок на Григоряна. Появилась и аналогичная “теория” других американцев – Чайбы, Томаса и Занля, из которой следовало, что Тунгусский “пришелец” был вовсе не ледяным ядром кометы, а каменной глыбой – маленьким астероидом. Однако эта “теория” грубо ошибочна. Я обнаружил в ней две существенные ошибки – в части математического моделирования механики процесса дробления и торможения тела и в теплофизической схеме потери им своей массы. Проведенные мной расчеты по этой “теории” с последовательным устранением каждой из указанных ошибок и сопоставление результатов с расчетами по моей теории позволили количественно оценить “вклад” каждой из двух ошибок в получающийся результат и оценить таким образом степень непригодности обсуждаемой “теории”. Эти сопоставления были мной представлены на состоявшемся в Москве в 1995 г. симпозиуме по Тунгусской проблеме, и там профессор Болонского университета Джузеппе Лонго, давно и успешно занимающийся полевыми исследованиями “остатков” Тунгусского тела, предложил устроить на нейтральной почве очную “дуэль” между американцами и русскими по данной проблеме. “Дуэль” не состоялась – на специально созванном, по предложению Дж. Лонго, в Болонском

университете летом 1996 г. симпозиуме, где собрались практически все “главные” метеоритчики мира, российская сторона была в полном составе, а американская, которую за 10 дней до этого видели в Италии, не присутствовала! Я, конечно, сделал свой резко критический доклад с демонстрацией количественного “вклада” каждой из ошибок американцев, и все это, естественно, там приняли и одобрили. А американцам за неявку было “засчитано поражение”.

В моем докладе на симпозиуме в Болонье были представлены также результаты количественного учета возможных вращательных движений метеороида неправильной формы вокруг центра масс. Они показали, что при определенных (реальных) условиях возникающие в теле метеороида за счет вращательных движений центробежные силы в состоянии разорвать его на фрагменты. Причем такое разрушение будет происходить в атмосфере выше, чем рассмотренное ранее дробление за счет раздавливающих сил, возникающих под действием больших давлений на лобовой поверхности тела. Этот прогноз также находится в согласии с наблюдательными данными о вращении метеороидов (пульсации их блеска) и их распадения на части на достаточно больших высотах. Этим может объясняться и неоднородность в распределении остаточных эффектов (ывала

леса, пожара), отмеченная в докладе Г.Ф. Плеханова. Действительно, распад на несколько частей Тунгусского тела до его "взрывного" дробления и торможения привел к тому, что заключительная часть события состояла в "атаке" не одного компактного и быстро дробящегося тела, а нескольких таких тел, расположенных близко друг к другу, так что их "взрывное" торможение породило общую взрывную волну и т.д.

Приведенная выше теория и ее применимость к описанию Тунгусского события постепенно нашла признание и получила развитие уже в работах других авторов в части учета последовательного дробления исходного тела за счет прочностной неоднородности его материала (зависимости прочностной характеристики от размера фрагмента). Наиболее общую теорию такого рода разработал профессор Г.А. Тирский, доклад которого также был заслушан на Юбилейной конференции.

Развитие теория получила и в части детального количественного описания газодинамических событий, следующих за "взрывным" дроблением метеороида.

В моем докладе было отмечено, что детерминистические расчеты по схеме последовательного дробления, использующей заданную зависимость прочности от размера фрагмента, не очень представительны, ибо реальная неоднородность метеороида

должна сильно отличаться от такой схемы. Она будет носить случайный характер и, скорее, будет приводить к начальному распаду на небольшое число фрагментов за счет разрушения по макроскопическим поверхностям со слабым сцеплением внутри тела с последующим "взрывным" дроблением этих фрагментов. Именно такая картина недавно наблюдалась на небе при принудительной ликвидации советской космической станции "Мир" и при трагической гибели американского челнока "Колумбия".

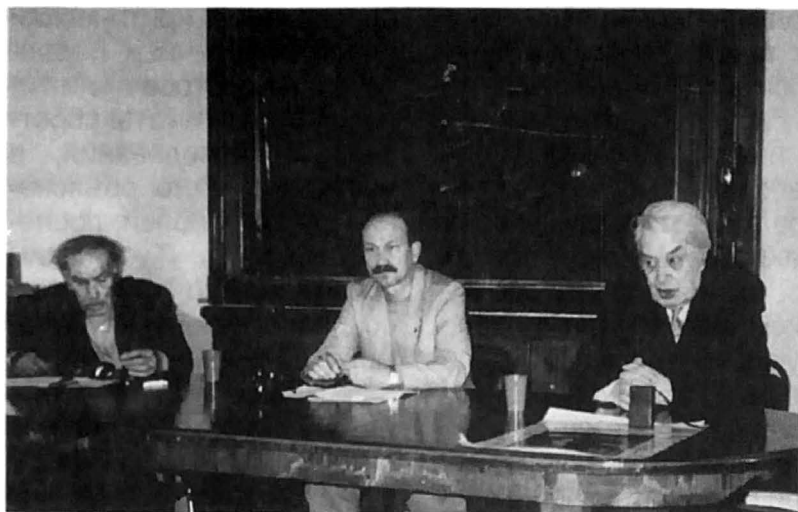
В моем докладе еще было отмечено, что в ряде работ последнего времени приводится схема математического моделирования, в которой "взрывная" стадия – стадия быстрого дробления и резкого торможения обломков действительно заменяется взрывом. Принимается, что материал метеороида мгновенно превращается в газ, и дальнейшие газодинамические расчеты проводятся с использованием такого начального состояния. Эта схема неудовлетворительна. В действительности деформирование и торможение совокупности обломков исходного тела происходят при сохранении ее твердотельных свойств (внутреннее трение, сопротивление дальнейшему размельчению, малая сжимаемость и т.п.), и замена этого материала идеальным газом – слишком грубая схематизация.

В докладе В.А. Бронштэна были представлены исторический обзор исследований по Тунгусской

проблеме, критический анализ различных теоретических построений и гипотез и результаты собственных исследований, в частности – его объяснение светлых ночей, следовавших за Тунгусским событием. Это объяснение основано на оценке динамики движения частиц из газопылевого обрамления ядра Тунгусской кометы в верхних слоях атмосферы с учетом действия на них земного тяготения. Хотя не все авторы идей о природе светлых ночей разделяют эту точку зрения, она мне представляется рациональной и приемлемой.

Важное место в докладе В.А. Бронштэна заняло обсуждение кометной гипотезы Фесенкова–Уиппла о природе Тунгусского метеорита, критике "теории" Чайбы с соавторами, а также новые результаты автора доклада о микрокометах и их роли в Солнечной системе.

Весьма существенный интерес представляет доклад Е.М. Колесникова. В нем были обнародованы результаты длительных, кропотливых полевых и лабораторных исследований элементного состава торфов из региона воздействия Тунгусского небесного тела. Эти исследования проводились под руководством и при непосредственном личном участии автора доклада с рядом зарубежных организаций и ученых (из Германии, Китайской Народной Республики, Дании и Италии). Тщательный анализ полевого материала позволил сделать блестящие выводы



Известный исследователь Тунгусской проблемы В. А. Бронштэн (справа) выступает с пленарным докладом. Рядом с ним (справа налево) председательствующие В.А. Ромейко и И.Т. Зоткин. Фото Е.М. Колесникова. 2003 г.

ды, подтверждающие кометную природу Тунгусского метеорита независимо от физико-механико-математического моделирования. Было установлено, что в слоях торфа, относящихся к 1908 г. (году Тунгусского события), а также несколько ниже (из-за сноса материала через пористый торф вниз) концентрация некоторых элементов и их изотопов, не встречающихся в земных условиях, но входящих в состав ядер комет, увеличена во многие десятки и многие сотни раз! В то же время исследованные образцы, взятые в том же регионе, но заведомо вне зоны воздействия Тунгусского "пришельца", этих элементов не содержат. Несомненная представительность и количество исследованных образцов, совершенство экспериментальных методов лабораторного исследования и качество ис-

пользованного лабораторного оборудования (современного зарубежного) позволяют утверждать, что исследованиями Е.М. Колесникова и его коллег совершен существенный прорыв в решении деликатной проблемы идентификации ничтожных количеств сохранившегося в природной среде материала, предположительно входившего в состав Тунгус-

ского небесного тела, и в доказательстве их действительной принадлежности последнему. Эти исследования определяют важный рубеж в истории изучения Тунгусской проблемы.

В докладе В.А. Алексеева были представлены результаты изучения микрочастиц, обнаруженных им и его коллегами в деревьях, смоле и в горных породах в районе воздействия Тунгусского космического тела. Автор доклада связывает эти частицы с материалом последнего, хотя в сообщении не были представлены схемы возникновения и действия возмож-



Доцент МГУ Е.М. Колесников выступает с пленарным докладом. 2003 г.

ных газодинамических потоков на заключительной стадии события, содержащих твердые частицы из материала метеорита, приведшего к их высокоскоростному столкновению с препятствиями (деревьями, камнями и пр.). Представляет интерес факт проникновения микрочастиц в древесину на глубины, на один-два порядка (в 10–100 раз) превышающие характерный размер самих частиц. Вероятно, это проявление известного эффекта “сверхглубокого” проникания твердых микрочастиц в твердые препятствия, описанного и объясненного в литературе (С.С. Григорян, 1979).

Доклад Б.У. Родионова (профессор МИФИ) состоял из декларативных и неверных утверждений о том, что существующие в настоящее время теории и их количественные результаты противоречат многочисленным свидетельским показаниям очевидцев (типа “падения лошадей на колени” от “удара” во время Тунгусского события и т.п.) и поэтому эти теории неверны, что для объяснения явления существующих законов физики недостаточно, и автор доклада предлагает новые законы, объясняющие, в частности, Тунгусский феномен. Этот доклад представляет собой типичный образец из обширной совокупности дилетантских “исследований”, игнорирующих твердо установленные факты и объясняющие их рациональные научные теории.

В этой связи уместно напомнить, что в первом пленарном докладе профессора

Г.Ф. Плеханова одним из основных выводов была фиксация того, что надежных показаний очевидцев Тунгусского события имеется всего семь! А “падение лошадей на колени”, “существование многих траекторий” и прочего имеют совершенно другие и не менее убедительные объяснения.

МЕМОРИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ И РАБОТА СЕКЦИЙ

После пленарного заседания на конференции были представлены мемориальные доклады: **А.И. Еремеева** – “120 лет со дня рождения Л.А. Кулика”, с презентацией книги **В.А. Кулика-Павского** “Жизнь без легенд”, **И.Г. Дядькин** – “Итоги исследований А.В. Золотова”, а также фильм **Т.И. Коляда** о последнем периоде жизни **Н.В. Васильева**. Все это было впечатляюще и интересно.

После перерыва работа проходила в секциях. Ниже представлены темы и краткая характеристика заслушанных докладов.

Секция 1. Разрушение космических тел и астероидная опасность. Председатели – академик С.С. Григорян, профессор Г.Н. Бочкарев.

Секция 2. Возможные геофизические причины Тунгусского события. Председатели – профессор Б.У. Родионов, А.Ю. Ольховатов.

Секция 3. Обзор исследований Сибирских ученых по Тунгусской проблеме. Председатели – профессор Г.Ф. Плеханов, В.М. Кувшинников.

Секция 4. Геофизические эффекты, сопровождавшие Тунгусское событие. Председатели – И.Т. Зоткин, В.А. Ромейко.

Секция 5. Поиски вещества Тунгусского космического тела (ТКТ). Председатели – Е.М. Колесников, В.А. Алексеев.

Секция 6. Экологические исследования Тунгусской катастрофы. Председатели – профессор Г.Ф. Плеханов, В.Г. Бережной.

Стендовая секция. Председатели – профессор Н.Г. Бочкарев, И.Т. Зоткин.

Из числа секционных докладов, имевших рациональное содержание, можно отметить следующие.

Доклад **А.В. Зайцева** и соавторов (НПО им. С.А. Лавочкина) содержал концептуальное рассмотрение проблемы защиты Земли от столкновения с небесными телами с помощью ракетной техники и ядерных взрывов (Земля и Вселенная, 2003, № 2). Эта проблематика детально обсуждалась на международной конференции в Снежинске в 1994 г., где такие же доклады сделали А.В. Зайцев и его коллеги, а также автор этих строк.

Г.А. Тирский (Институт механики МГУ) представил свою модель расчета постепенного дробления и торможения тела в атмосфере, учитывающую зависимость прочности материала метеорита от размера фрагмента (эта работа была упомянута выше).

В.П. Стулов (Институт механики МГУ) представил свои результаты по аналитическим оценкам масс крупных болидов.

В докладе **В.В. Шувалова** и **Н.А. Артемьева** (Институт динамики геосфер РАН) были представлены результаты численного компьютерного моделирования гидрогазодинамических процессов, возникающих при вторжении крупного космического тела (размером порядка 30 м) со скоростями порядка десятков километров в секунду в атмосферу планеты. В использованной авторами модели твердый материал тела очень быстро превращается в газ, и динамика дальнейшего взаимодействия этого газа с атмосферой резко отличается от известных и принятых в литературе представлений об этом взаимодействии. Причинами всего этого являются, по видимому, 1) нереальная схема взаимодействия материала обломков раздробленного метеорита с атмосферным газом, приводящая к очень быстрому и полному испарению этих обломков, и 2) гидродинамическая неустойчивость границы раздела газа атмосферы и испаренного материала, которая при численном моделировании будет приводить к результатам, далеким от реальности (подобно тому, как численное решение задач о турбулентных потоках приводит, если не приняты очень серьезные меры в расчетной схеме, к существенно неверным результатам).

Аналогичные результаты численного моделирования поздних стадий газодинамических последствий вторжения небесного тела в атмосферу были

представлены и в докладе **В.В. Светцова** (из того же института). Сделанные выше замечания относятся и к этому докладу.

Ю.В. Чудецкий (Московский авиационный институт) сделал доклад о возможностях интенсивного механического воздействия на "атакующие" Землю астероиды и ядра комет с помощью искусственных устройств малых размеров. Основу рассмотрений составило условие, что конечный механический эффект при высоких скоростях соударения устройства и небесного тела достигается уже при соотношении их масс порядка 10^{-4} . Это условие, однако, требует более обстоятельного исследования.

В докладе **А.В. Багрова** (ИНАСАН) были представлены рассуждения о природе комет и процессе их формирования на ранних этапах эволюции Солнечной системы, а также о типе Тунгусской кометы.

В докладе **В.А. Ромейко** были представлены схема для объяснения природы оптических аномалий после Тунгусского события и соображения о природе серебристых облаков. Эта схема альтернативна по отношению к схеме В.А. Бронштэна.

В докладе **К.Г. Иванова** (ИЗМИРАН) обсуждался геомагнитный эффект Тунгусского события и было сформулировано предположение о формировании с течением процесса токового пятна в ионосфере Земли, вызвавшего зарегистрированную геомагнитную аномалию.

В докладе **В.А. Алексева** (ТРИНИТИ) были представлены результаты лабораторного моделирования гиперзвукового обтекания тел воздухом, выявившего возникновение позади них светящихся цветных полос. Автор высказал соображение, что подобные полосы могли соответствовать описаниям некоторых очевидцев.

В докладе **Е.М. Колесникова**, **Н.В. Колесниковой** (МГУ), **Ч.Л. Хоу**, **Л.В. Се** (Институт геологии и геофизики АН КНР) были представлены детальные сведения об обнаружении в торфе на месте Тунгусского события вероятного сохранившегося вещества Тунгусского тела – материала "загрязнения" ядра кометы. (Общие сведения об этих и других подобных исследованиях были представлены в пленарном докладе Е.М. Колесникова, о чем уже сказано выше).

Интересен был также доклад Е.М. Колесникова и его итальянских коллег из Болонского университета (профессора **Джузеппе Лонго** и др.) об обнаружении следов кислотных дождей, выпавших в результате пролета и "взрыва" Тунгусского небесного тела.

Доклады "альтернативной" секции № 2 здесь обсуждать не будем по отмеченной ранее причине.

* * *

Заключительное заседание было "бурным". Наряду с деловыми выступлениями (Г.Ф. Плеханов,

Г.А. Тирский, С.С. Григорян и др.) к трибуне "прорвались" несколько человек с фантастическими речами и рекомендациями... Суть деловых итоговых выступлений сводилась к тому, что "тайна" Тунгусского феномена ныне уже не суще-

ствует – это было вторжение в атмосферу Земли ядра малой кометы, что существующие рациональные теории принципиально и количественно описывают все наблюдательные эффекты, а для возможных дальнейших исследований

остаются лишь вопросы, связанные с идентификацией и оценками количества вещества "загрязнений" этого ядра.

В целом конференцию следует оценить как вполне успешную и результативную.

Информация

"Envisat-1" – год работы на орбите

Европейский спутник дистанционного зондирования Земли "Envisat-1" (1-я страница обложки) запущен 1 марта 2002 г. с космодрома Куру РН "Ариан-5". Он более года продолжает работу на полярной орбите высотой 785 × 791 км. Выполнен большой объем исследований, рассчитанных на четыре года.

Космический аппарат создавался по проекту 1984 г. Планировалось сделать КА как полярную платформу для наблюдения Земли и многократного использования с заменяемой научной аппаратурой, обслуживаемую кораблями "Спейс Шаттл". В 1988 г. ESA утвердило новую программу "Стратегия наблюдения Земли", разделив на два направления – комплексные исследования планеты и метеонаблюдения. В 1994 г. компания Astrium начала разработку КА (Земля и Вселенная, 2000, № 3).

Главная цель программы "Envisat-1" – расширение возможностей для стран Европы материалами дистанционного зондирования и мониторинга окружающей среды. КА обеспечивает непрерывность на-

блюдения (начатые европейскими спутниками "ERS"); увеличение объема данных (по океанам, круговороту воды и ледовой обстановке) и числа наблюдаемых параметров с целью выявления активно воздействующих на окружающую среду явлений; более эффективный мониторинг земных ресурсов; углубленное изучение природных процессов.

Поставленные задачи решаются с помощью 10 приборов: интерферометр Михельсона для пассивного зондирования газового состава атмосферы с высоким разрешением; датчик глобального мониторинга озона с очень высокой точностью; сканирующий спектрометр атмосферного картографирования; радиолокационный высотомер для точных измерений поверхности океана и льда; спектрометр для наблюдения загрязнения и биоресурсов океана; трассовый сканирующий радиометр для измерения температуры морской поверхности и растительного покрова суши; микроволновый радиометр для измерения водяного пара; доплеровский радиолокатор для изучения динамики суши, вулканов, льдов и ионосферы; измерения параметров орбиты; лазерный рефлектор для определения положения КА относительно земных координат; радар с синтезированной апертурой для мониторинга в области сельского, лесного и рыбного хозяйства, топологии, геологии, экологии и гидрологии, контроля за судо-

ходством, ледяным покровом и волнением океана.

Платформа спутника состоит из двух модулей – служебного и научного. Их общая длина составляет 10,5 м, габаритный диаметр – 4,57 м, после развертывания оборудования и раскрытия панелей солнечных батарей его длина – 26 м и высота – 10 м. Стартовая масса КА – 8209 кг, в том числе масса научной аппаратуры – 2118 кг. Мощность солнечных батарей – 6,5 кВт. Скорость передачи данных со спутника может достигать 100 Мбит/с.

Наземная часть системы состоит из сегментов полетных операций и сбора данных. Центр управления полетом ESA, расположенный в Дармштадте (Германия), связан со станциями слежения и управления. Центр сбора данных находится во Фраскати (Италия). Наземный сегмент обеспечивает через спутник-ретранслятор "Artemis" (Земля и Вселенная, 2003, № 5) непрерывное управление спутником и работой научных приборов, ведет обработку информации и ее передачу пользователям и в архив. Центр управления данными при Европейском институте космических исследований предоставляет абонентам все виды услуг. С помощью обычного терминала абонент получает информацию через узел доступа или телефонную сеть общего пользования.

По материалам ESA и Astrium

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: январь – февраль 2004 г.

2004 Январь

1	
2	Луна в восходящем узле (20.2 ч)
3	Луна в апогее, диаметр 29'27" (20.3 ч)
4	Максимум метеорного потока Квадрантид (06 ч) Земля в перигелии, расстояние 0.983 а.е. (17.7 ч)
5	
6	Начало прямого движения Меркурия (14.1 ч)
7	Луна в 5° севернее Сатурна (00.4 ч) Полнолуние (15.7 ч)
8	
9	
10	
11	
12	Луна в 3° севернее Юпитера (10.8 ч)
13	
14	
15	Венера в 1° южнее Урана (00.6 ч) Луна в последней четверти (04.8 ч)
16	Луна в нисходящем узле (21.1 ч)
17	Покрытие звезды δ Скорпиона Луной (20 ч) Меркурий в наибольшей элонгации 24°W (21.1 ч)
18	
19	Луна в перигее, диаметр 32'56" (19.4 ч)
20	
21	Новолуние (21.1 ч)
22	
23	Луна в 4° южнее Урана (20.7 ч)
24	Луна в 4° южнее Венеры (16.1 ч)
25	
26	
27	
28	Луна в 3° южнее Марса (03.0 ч)
29	Луна в первой четверти (06.1 ч) Луна в восходящем узле (22.1 ч)
30	
31	Луна в апогее, диаметр 29'31" (14.0 ч)

Февраль 2004

1	
2	Нептун в соединении (09.5 ч)
3	Луна в 4° севернее Сатурна (04.1 ч)
4	
5	
6	Полнолуние (08.8 ч)
7	
8	Луна в 3° севернее Юпитера (13.6 ч)
9	
10	
11	
12	Луна в нисходящем узле (21.7 ч)
13	Луна в последней четверти (13.7 ч)
14	
15	
16	Луна в перигее, диаметр 32'26" (07.7 ч)
17	
18	
19	
20	Новолуние (09.3 ч)
21	
22	Уран в соединении (02.1 ч)
23	Луна в 3° южнее Венеры (19.5 ч)
24	
25	
26	Луна в 1° южнее Марса (01.5 ч) Луна в восходящем узле (21.7 ч)
27	
28	Луна в первой четверти (03.4 ч) Луна в апогее, диаметр 29'34" (10.7 ч)
29	

Эфемериды Солнца

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
	ч	м	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Январь 1	18	43.0	-23	04	07 38	16 28	08 25	15 42	10 09	13 58
11	19	26.9	-21	56	07 36	16 39	08 20	15 56	09 46	14 26
21	20	09.8	-20	06	07 31	16 51	08 10	16 13	09 24	14 58
31	20	51.5	-17	37	07 20	17 05	07 54	16 34	08 53	15 35
Февраль 10	21	31.9	-14	38	07 09	17 20	07 35	16 55	08 20	16 10
20	22	11.0	-11	14	06 54	17 34	07 12	17 18	07 44	16 44
Март 1	22	48.9	-07	32	06 37	17 47	06 49	17 36	07 10	17 17

Пример. Определить время захода Солнца 1 февраля 2004 г. в Москве (широта 55°45', долгота 2°32').

По таблице "Эфемериды Солнца" находим моменты захода Солнца 1 февраля на широте 55° (16°36^м) и 65° (15°39^м). На широте Москвы среднее солнечное время захода составит 16°32^м. Вычтем из этого значения долготу Москвы и прибавим номер ее часового пояса, соответствующий зимнему периоду ($n = 3$). В итоге получим декретное время захода Солнца – 17°00^м.

Таблица II

Эфемериды планет

Дата	α		δ		m	d	f	Видимость				
	ч	м	°	'				45°	55°	65°	Период	
Меркурий												
Январь 1	17	54.9	-20	18	2.1	9.5	0.10	-	-	-		
11	17	49.6	-20	59	0.0	7.6	0.47	1.0	0.1	-	Утро	
21	18	28.8	-22	24	-0.2	6.3	0.70	0.8	-	-	Утро	
31	19	25.1	-22	33	-0.2	5.5	0.82	-	-	-		
Февраль 10	20	28.1	-20	42	-0.3	5.1	0.90	-	-	-		
20	21	34.0	-16	40	-0.7	4.9	0.96	-	-	-		
Март 1	22	41.9	-10	21	-1.4	4.9	0.99	-	-	-		
Венера												
Январь 1	21	04.9	-18	36	-3.8	12.8	0.83	2.8	3.0	3.1	Вечер	
11	21	53.3	-14	38	-3.9	13.3	0.81	3.1	3.4	4.0	Вечер	
21	22	39.4	-10	02	-3.9	14.0	0.78	3.4	3.8	4.5	Вечер	
31	23	23.6	-05	01	-4.0	14.8	0.75	3.6	4.1	4.9	Вечер	
Февраль 10	00	06.4	+00	12	-4.0	15.7	0.72	3.8	4.3	5.2	Вечер	
20	00	48.4	+05	25	-4.1	16.8	0.69	4.0	4.5	5.4	Вечер	
Март 1	01	30.0	+10	26	-4.2	18.0	0.65	4.2	4.7	5.7	Вечер	

Эфемериды планет

Дата	α		δ		m	d	f	Видимость				
	ч	м	°	'				45°	55°	65°	Период	
Марс												
Январь	1	00	33.6	+03	41	0.2	8.4	0.87	7.4	8.2	9.5	Вечер
	11	00	55.9	+06	17	0.4	7.8	0.88	7.1	7.9	9.3	Вечер
	21	01	18.9	+08	49	0.5	7.2	0.88	6.8	7.6	8.9	Вечер
	31	01	42.5	+11	17	0.7	6.8	0.89	6.5	7.2	8.5	Вечер
Февраль	10	02	06.7	+13	37	0.8	6.3	0.89	6.1	6.9	8.1	Вечер
	20	02	31.5	+15	48	1.0	6.0	0.90	5.8	6.5	7.7	Вечер
Март	1	02	56.9	+17	49	1.1	5.6	0.91	5.4	6.1	7.3	Вечер
Юпитер												
Январь	1	11	21.0	+05	31	-2.3	39.6	0.99	9.5	10.4	12.1	Ночь
	11	11	20.9	+05	35	-2.3	40.8	0.99	10.1	11.0	12.4	Ночь
	21	11	19.5	+05	46	-2.4	41.9	1.00	10.7	11.5	12.7	Ночь
	31	11	17.1	+06	04	-2.4	42.9	1.00	11.2	11.9	12.9	Ночь
Февраль	10	11	13.6	+06	29	-2.5	43.7	1.00	11.7	12.3	13.2	Ночь
	20	11	09.4	+06	57	-2.5	44.2	1.00	12.2	12.6	13.2	Ночь
Март	1	11	04.7	+07	28	-2.5	44.5	1.00	12.2	12.5	12.9	Ночь
Сатурн												
Январь	1	06	42.2	+22	25	-0.5	20.6	1.00	14.2	15.4	17.6	Ночь
	11	06	38.7	+22	29	-0.4	20.5	1.00	13.9	15.1	17.2	Ночь
	21	06	35.4	+22	34	-0.3	20.4	1.00	13.2	14.4	16.4	Ночь
	31	06	32.5	+22	37	-0.3	20.2	1.00	12.3	13.6	15.5	Ночь
Февраль	10	06	30.1	+22	41	-0.2	19.9	1.00	11.4	12.6	14.5	Ночь
	20	06	28.4	+22	43	-0.1	19.6	1.00	10.5	11.6	13.4	Ночь
Март	1	06	27.5	+22	46	-0.1	19.3	1.00	9.6	10.6	12.2	Ночь

Видимость планет

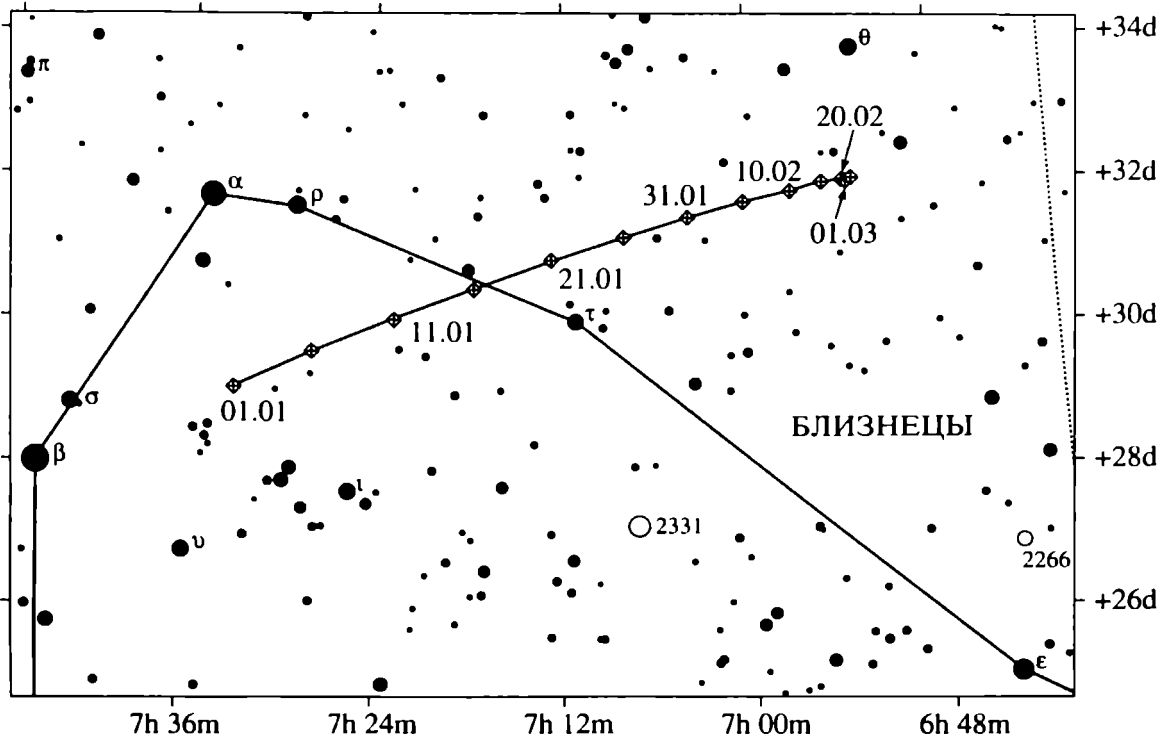
Меркурий виден в январе утром над юго-восточным горизонтом в созвездии Стрельца. Условия видимости удовлетворительны только на юге России.

Венера заблестит как очень яркое светило (-4.0^m) по вечерам в созвездиях Козерога, Водолея и Рыб.

Марс хорошо виден по вечерам в созвездиях Рыб и Овна выше Венеры.

Юпитер будет сверкать практически всю ночь в созвездии Льва.

Сатурн прекрасно виден всю ночь в созвездии Близнецов.



Видимый путь астероида Церера среди звезд.

АСТЕРОИД ЦЕРЕРА

В зимние месяцы в созвездии Близнецов несколько левее и выше Сатурна будет видна наибольшая из малых планет – Церера. Она будет восходить вечером, кульминировать на большой высоте около полуночи и заходить утром. Блеск Цереры в первые дни года превзойдет 7^m, и ее можно будет легко найти на небе с помощью бинокля и приведенной выше звездной карты.

Таблица III

Эфемериды астероида Церера

Дата	α		δ		m
	ч	м	°	'	
Январь 1	07	32.9	+29	13	6.9
6	07	28.0	+29	45	6.8
11	07	22.8	+30	15	6.8
16	07	17.7	+30	41	6.9
21	07	12.6	+31	04	7.0
26	07	07.9	+31	24	7.1
31	07	03.7	+31	39	7.2
Февраль 5	07	00.0	+31	51	7.3
10	06	57.1	+32	00	7.5
15	06	54.9	+32	06	7.6
20	06	53.6	+32	08	7.7
25	06	53.1	+32	09	7.8
Март 1	06	53.4	+32	07	7.9

МЕТЕОРНЫЙ ПОТОК КВАДРАНТИД

Метеорный поток Квадрантид часто называют "новогодним", потому что его активность наступает в самые первые дни года (1–5 января). Этот поток – один из самых мощных. Он славится аномальным обилием ярких метеоров и болидов. Наилучшее время суток для его наблюдений в 2004 г. – утренние часы, так как радиант, находящийся в созвездии Волосаса ($\alpha = 230^\circ$, $\delta = +49^\circ$), расположен близко к зениту, а растущая Луна скрывается за горизонтом. Острый максимум потока можно будет увидеть в центральных районах России утром 4 января.

О.С. УГОЛЬНИКОВ

Информация

Европейско- российское космическое сотрудничество

Начинается новый этап успешной европейско-российской кооперации в области космонавтики. 19 августа 2003 г. на Международном авиакосмическом салоне МАКС-2003 в г. Жуковском (Московская обл.) западноевропейский космический концерн EADS (Европейская компания по авионавтике, обороне и космосу) и российское КБХА (Конструкторское бюро химавтоматики) подписали договор о технологической программе "Tehora-3". Его цель – разработка ключевых технологий для создания ракетного двигателя многократного применения. Как сообщили представители обоих объединений, договор (стоимостью 1.5 млн. евро) будет действовать три года.

В рамках программы будут разработаны системы образования смесей ракетных топлив, а также оригинальные концепции камер сгорания и сопел, предназначенных для применения в многократных двигателях. Необходимо опробовать техноло-

гию сборки маршевого ракетного двигателя нового типа. Кроме того, в центре внимания научных исследований находятся возможности применения топливной смеси жидкого кислорода с углеводородами, например керосина. Эти виды топлива отличаются высокой плотностью энергии.

Уже с начала 1990-х гг. EADS и КБХА совместно трудятся над проектом "Tehora-3". Полученные результаты показывают, что эти объединения в состоянии разработать двигательные установки, отвечающие требованиям рынка. Благодаря им можно существенно снизить стоимость коммерческих перевозок в космосе.

"Мы уже 10 лет сотрудничаем с нашими российскими партнерами в области разработки перспективных технологий для ракетных двигателей, – сказал д-р Аксель Дайх, директор отдела "Двигатели и оборудование" концерна EADS Space Transportation. Именно многократные космические двигатели служат предпосылкой для долгосрочного и недорогого исследования космического пространства. Поэтому космические предприятия во всем мире работают над концепциями многократных транспортных систем. Если удастся объединить немецкое и российское ноу-хау, то эта кооперация сможет играть значительную роль на отраслевом рынке". В первую очередь

это относится к европейской программе FLPP (Future Launcher Preparatory Programme – программа подготовки будущих стартов). В мае 2003 г. во время конференции совета министров стран-членов ESA принято решение о начале реализации программы. Будут разработаны концепции и технологии новой европейской РН. На первый этап потенциальные страны-участницы ESA выделили 24 млн. евро. Разрабатываемая EADS и российскими партнерами технология смогла бы найти применение на одной из транспортных систем в 2020 г.

Концерн EADS является второй по величине авиационной, космической и оборонной фирмой мира, где работают более 100 тыс. человек. В 2002 г. его оборот составил 29.9 млрд. евро. В состав концерна EADS входят производитель самолетов Airbus и предприятие MBDA по производству управляемых ракет. EADS также крупнейший партнер в консорциуме Eurofighter, главный подрядчик для ракеты-носителя "Ariane", разработчик военно-транспортного самолета A-400M и крупнейший промышленный партнер в производстве спутниковой навигационной системы "Galileo". Концерн работает во всем мире, в том числе в США, России и странах Азии. Более 70 его предприятий находится в Германии, Франции, Англии и Испании.

По материалам ESA и EADS

Таблица запусков космических аппаратов в 2002 г.*

В 2002 г. состоялось **65 запусков** (из них 3 аварийных и 3 частично удачных) с **93 КА**, в том числе при авариях 4 спутника утрачены и 1 выведен на нерасчетную орбиту. Космические аппараты принадлежали **17 странам** (РФ – 20, США – 18, Япония – 9, КНР – 6, ФРГ – 4, Франция – 3, Аргентина, Индия, Люксембург и Нидерланды – по 2, по 1 – Австралия, Алжир, Израиль, Испания, Италия, Канада и Саудовская Аравия) и **международным организациям** (“Iridium” – 7, “Eutelsat” и “Intelsat” – по 4, ESA – 2, “Eumetsat” – 1). Запуски производились ракетами-носителями России, США, международной организации “Arianespace”, Китая, Японии, Индии и Израиля. Стартовали РН с космодромов: Байконур (РФ, 15 запусков), Канаверал (США, 14), Куру (ESA, 12), Плесецк (РФ, 10), Ванденберг (ВВС США, 3), Тайюань (КНР, 3), Танегасима (Япония, 3), Цзюцюань (КНР, 2), Шрихарикота (Индия, 1), морской платфор-

мы “Одиссей” (“Морской старт”, 1) и Пальмахим (Израиль, 1).

Второй год подряд **Россия** опережает США по количеству стартов и выведенных на орбиту космических аппаратов. Запущено 35 ИСЗ, из которых 18 – иностранного производства (США – 3, Аргентина, ФРГ/США и ФРГ – по 2, Алжир, Италия, Канада, Люксембург и Саудовская Аравия – по 1, международные организации “Iridium” – 2, ESA и “Intelsat” – по 1). Осуществлено 25 стартов ракет-носителей, из них 1 аварийный и 1 КА выведен на нерасчетную орбиту. Потерян спутник при аварии РН “Союз-У”. В рамках строительства Международной космической станции (МКС) запущено 2 ПКК – “Союз ТМ-34” и “Союз ТМА-1”, 3 транспортных грузовых корабля – “Прогресс М-46” и “Прогресс М1-8, -9”.

В **США** состоялись 18 запусков (из них 1 аварийный) с 23 космическими аппаратами (в том числе 8 ИСЗ иностранного

производства: Испания – 1 и международные организации “Iridium” – 5 и “Eutelsat” – 2). Впервые стартовали новые РН “Атлас-5” и “Дельта-4”, успешно запущив спутники связи. Выполнены 4 экспедиции кораблей “Спейс Шаттл” к МКС и полет по обслуживанию КТХ.

Международный западноевропейский консорциум “Arianespace” произвел 12 успешных запусков РН “Ariane”, в том числе 4 – новым носителем тяжелого класса “Ariane-5” (1 закончился аварией, 2 ИСЗ утрачены). На расчетные орбиты выведено 14 спутников, принадлежащих: Франции, Нидерландам и Японии – по 2, Индии и Люксембургу – по 1, международным организациям “Intelsat” – 3, ESA, “Eutelsat” и “Eumetsat” – по 1).

Из азиатских космических держав **Китай** активизировал свою деятельность, выполнив 5 успешных запусков с 6 космическими аппаратами (из них 1 аварийный, потерян 1 ИСЗ). Произведен пер-

* Продолжение. Начало см.: 1996, № 4; 1997, № 5; 1998, № 5; 2000, №№ 3, 6; 2002, № 1; 2003, № 2.

вый запуск новой твердо-топливной РН "Kaituoazhe-1" (исследователь), но она потерпела аварию. Состоялось 2 испытательных полета в автоматическом режиме китайского пилотируемого корабля "Шэнь Чжоу" ("Волшебный корабль"), их орбитальные модули провели научные исследования в течение нескольких месяцев. **Японии** удалось запустить 8 ИСЗ (в их числе спутник Австралии) в ходе 3 стартов ракет-носителей (1 частично успешный). **Индия** и **Израиль** смогли произвести по 1 запуску, на орбиту выведено по 1 спутнику.

На **МКС** работали пятая и шестая основные экспедиции, а также третья и четвертая экспедиции посещения. Выполнено 7 пилотируемых полетов: 5 по программе "Спейс Шаттл" (STS-109 – 113) с 34 астронавтами США (среди них 4 женщины) и 4 астронавтами других стран (3 из России и 1 из Франции);

2 на российских КК "Союз ТМ-34" и "Союз ТМА-1" с 3 отечественными космонавтами и астронавтами ESA (Бельгия), Италии и ЮАР (Земля и Вселенная, 2002, № 4; 2003, №№ 1, 5).

Запущены американская **АМС "Контур"** для изучения двух комет (не вышла на межпланетную траекторию полета из-за взрыва разгонного блока) и международная **астрофизическая обсерватория** гамма-лучей "Интеграл" (Земля и Вселенная, 2003, №№ 1, 2). На околоземные орбиты доставлено 5 **научных спутников**, созданных США, ФРГ, КНР и Австралией. На геостационарную орбиту выведено **26 спутников**. Стартовавшие космические аппараты по назначению распределены следующим образом: связь – 38 (в том числе принадлежащие международным консорциумам "Iridium" – 7, "Eutelsat" и "Intelsat" – по 4), экспериментальные – 8, научные – 7,

дистанционное зондирование Земли – 6, навигация – 5, метеорология – 4, радиоловительские – 2, технологический и макет АМС – по 1, военное назначение – 13 (10 российских, США, КНР и Израиль – по 1). В числе **военных спутников**: 6 разведывательных (3 – оптико-электронная разведка, 2 – предупреждение о ракетном нападении и обнаружение пусков баллистических ракет и 1 – фотонаблюдение), 4 – навигация и 3 – связь.

В таблице представлены стартовые массы космических аппаратов и параметры окончательных (рабочих) орбит спутников. Запуск нескольких КА одной ракетой-носителем обозначен одинаковой цифрой индекса (например, 6 ИСЗ №№ 58А–Н). В комментарии указаны рабочие точки "стояния" на орбите геостационарных спутников.

КОММЕНТАРИИ К ТАБЛИЦЕ

1. 5-й секретный военный спутник данной серии (3-й второго поколения) космической системы высокой защищенности для нужд Министерства обороны и спецслужб США. Запущен на геостационарную орбиту, приведены приблизительные параметры. Расчетная точка "стояния" 55° в.д.

2. Телекоммуникационный геостационарный спутник связи третьего поколения принадлежит Индийской организации космических исследований (ISRO). Предназначен обеспечивать мобильную и фиксированную связь на всей территории Индии. Выведен в точку 74° в.д.

3. 2-й квалификационный запуск японской РН "H-2A" с двумя экспериментальными ИСЗ (№№ 3А и 3В). На последней ступени размещался неотделимый имитатор полезного груза "VEP-3" (№ 3С) для измерений параметров носителя. Спутники выведены на геопереходную орбиту. КА (№ 3А) содержал орбитальный аппарат-носитель и возвращаемую капсулу "DASH" (Demonstrator of Atmospheric reentry System with Heper velocity – демонстратор возвращения в атмосферу системы с гиперзвуковой скоростью) для измерений параметров при спуске. Капсула должна была отделиться от спутника после трехдневного автономного полета, совершить ориентиро-

Таблица

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Наклонение (град.)	Период обращения (мин)	№ ком- ментария
01А	16 января	"Milstar-2F2"	США	4700	Канаверал	"Titan-4B"	329 × 334	42.58	91.16	1
02А	23 января	"Insat-3С"	Индия	2750	Куру	"Ariane-42L"	35775 × 35798	0.17	1436.7	2
03А	4 февраля	"DASH"	Япония	89	Танегасима	"H-2A"	480 × 35735	28.24	634.51	3
03В	" – "	"MDS-1" ("Tsubasa")	" – "	449	" – "	" – "	487 × 36689	28.53	634.77	4
04А	5 февраля	"RHESSEI"	США	293	Канаверал	"Pegasus-XL"	578.5 × 609.1	38.04	96.56	5
05А–Е	11 февраля	"Iridium-90, -91, -94, -96"	(США)	5 × 657	Ванденберг	"Delta-2"	664 × 680	86.57	98.19	6
06А	21 февраля	"EchoStar-7"	" – "	4026	Канаверал	"Atlas-3B"	35742 × 35912	0.06	1438.1	7
07А	23 февраля	"Intelsat-904"	" – "	4680	Куру	"Ariane-44L"	35784 × 35791	0.05	1436.1	8
08А	25 февраля	"Космос-2387"	Россия	6600	Плесецк	"Союз-У"	276 × 369	67.1	91.15	9
09А	1 марта	"Envisat-1"	ЕСА	8209	Куру	"Ariane-5G"	785.1 × 791.3	98.55	100.62	10
10А	" – "	"Columbia-27"	США	116987	Канаверал	STS-109	562.2 × 583.7	28.46	95.98	11
11А	8 марта	"TDRS-9"	" – "	3190	Канаверал	"Atlas-2A"	35772 × 35805	1.5	1436.2	12
12А–В	17 марта	"GRACE-1, -2"	" – "	2 × 474	Плесецк	"Рокот/Бриз"	496.7 × 521.1	89.02	94.58	13
2001–51С	19 марта	"Колибри-2000"	Россия	20.5	"Прогресс М1-7"	" – "	387.2 × 404.2	51.6	92.3	14
13А	21 марта	"Прогресс М1-8"	" – "	7286	Байконур	"Союз-У"	375.7 × 391.9	51.63	92.19	15
14А	25 марта	"Шэнь Чжоу-3"	КНР	7650	Цзюцюань	"CZ-2F"	349.5 × 357.9	42.39	91.4	16
14В	" – "	орбитальный модуль	" – "	2100	" – "	" – "	350.4 × 358.3	42.4	91.53	16
15А	29 марта	"JCSAT-2A"	Япония	2600	Куру	"Ariane-44L"	35725 × 36854	0.04	1436.25	17
15В	" – "	"Astra-3A"	Люксембург	1495	" – "	" – "	35763 × 35806	0.02	1435.9	18
16А	30 марта	"Intelsat-903"	США	4726	Байконур	"Протон-К"	35772 × 35797	0.17	1436.1	8
17А	1 апреля	"Космос-2388"	Россия	1250	Плесецк	"Молния-М"	538.5 × 39738.8	62.93	715.58	19
18А	8 апреля	"Atlantis-25"	США	116610	Канаверал	STS-110	385.7 × 397.9	51.64	92.29	20
19А	16 апреля	"NSS-7"	Голландия	4700	Куру	"Ariane-44L"	35778 × 35794	0.04	1436.1	21
20А	25 апреля	"Союз ТМ-34"	Россия	7200	Байконур	"Союз-У"	385.2 × 398.6	51.64	92.3	22

Таблица (продолжение)

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Наклонение (град.)	Период обращения (мин)	№ ком- ментария
21А	4 мая	"SPOT-5"	Франция	3030	Куру	"Ariane-42P"	796.6 × 812.9	98.75	101.03	23
22А	--	"Aqua"	США	3015	Ванденберг	"Delta-2"	669.4 × 688.6	98.17	98.37	24
23А	7 мая	"DirecTV-5"	--	3640	Байконур	"Протон-К"	35778 × 35794	0.06	1436.06	25
24А	15 мая	"Фэнь Юнь-1D"	КНР	960	Тайюань	"CZ-4B"	851.6 × 873.1	98.8	102.2	26
24В	--	"Хай Юань-1"	--	360	--	--	792.9 × 795.0	98.8	100.74	27
25А	28 мая	"Ofeq-5"	Израиль	300	Пальмахим	"Shavit"	363.1 × 773.5	143.46	95.07	28
26А	--	"Космос-2389"	Россия	800	Плесецк	"Космос-3М"	950.1 × 1016.2	82.95	104.76	29
27А	5 июня	"Intelsat-905"	(США)	4723	Куру	"Ariane-44L"	35771 × 35801	0.14	1436.07	8
28А	--	"Endeavour-18"	США	116521	Канаверал	STS-111	377.6 × 393.3	51.64	92.21	30
29А	10 июня	"Экспресс-А" № 4	Россия	2600	Байконур	"Протон-К"	35736 × 35833	0.17	1435.9	31
30А	15 июня	"Galaxy-3С"	США	4850	"Одиссей"	"Зенит-3SL"	35781 × 35788	0.11	1436.0	32
31А-В	20 июня	"Iridium-97, -98"	(США)	2 × 689	Плесецк	"Рокот/Бриз"	668.1 × 675.5	86.58	98.18	6
32А	24 июня	"NOAA-M" (NOAA-17)	США	1475	Ванденберг	"Titan-23G"	808.8 × 825.6	98.78	101.24	33
33А	26 июня	"Прогресс М-46"	Россия	7290	Байконур	"Союз-У"	393.6 × 403.8	51.63	92.37	15
34А	3 июля	"Contour"	США	970	Канаверал	"Delta-2"	212 × 108614	30.55	2486.12	34
35А	5 июля	"Stellat-5"	Франция	4050	Куру	"Ariane-5G"	35787 × 35789	0.09	1436.17	35
35В	--	"N-Star-C"	Япония	1645	--	--	35773 × 35790	0.07	1435.9	36
36А-В	8 июля	"Космос-2390, -2391"	Россия	2 × 230	Плесецк	"Космос-3М"	1474 × 1503	82.48	115.8	37
37А	25 июля	"Космос-2392" (Аркон)	--	6200	Байконур	"Протон-К"	1512 × 1762	63.47	119.02	38
38А	21 августа	"Hot Bird-6"	(ЕСА)	3905	Канаверал	"Atlas-5"	35782 × 36789	0.13	1436.05	39
39А	22 августа	"EchoStar-8"	(США)	4660	Байконур	"Протон-К"	35759 × 35810	0.05	1436.01	7
40А	28 августа	"Atlantic Bird-1"	(ЕСА)	2700	Куру	"Ariane-5G"	35709 × 35867	0.06	1436	39
40В	--	"MSG-1"	--	2010	--	--	21675 × 35751	0.95	1090.32	40
41А	6 сентября	"Intelsat-906"	(США)	4730	Куру	"Ariane-44L"	35780 × 35793	0.09	1436.09	8
42А	10 сентября	"USERS"	Япония	1726	Танегасима	"H-2A"	504.7 × 519.4	30.42	94.85	41
42В	--	"DRTS" ("Kodama")	--	2800	--	--	35766 × 35808	0.34	1436.12	42
43А	12 сентября	"Metsat-1"	Индия	1060	Шрихарикота	"PSLV-C"	35771 × 35901	0.48	1436.08	43

Таблица (продолжение)

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Наклонение (град.)	Период обращения (мин)	№ ком- ментария
-	15 сентября	"Цинь Хуа-2"	КНР	50	Тайюань	"КТ-1"	-	-	-	44
44A	18 сентября	"Hispasat-10"	Испания	3250	Канаверал	"Атлас-2AS"	35784 × 35790	0.09	1436.12	45
45A	25 сентября	"Прогресс М1-9"	Россия	7440	Байконур	"Союз-ФГ"	375.3 × 396.2	51.64	92.23	15
46A	26 сентября	"Надежда-М" (№ 6)	- "-	825	Плесецк	"Космос-3М"	984.4 × 1029.9	82.94	104.98	46
47A	7 октября	"Атлантис-26"	США	116535	Канаверал	STS-112	375.9 × 407.1	51.63	92.32	47
-	15 октября	"Фотон-М" (№ 1)	Россия	6425	Плесецк	"Союз-У"	-	-	-	48
48A	17 октября	"Integral"	ESA	3951	Байконур	"Протон-К"	9028 × 153762	52.22	4313.24	49
49A	27 октября	"Цзы Юань-2"	КНР	2300	Тайюань	"CZ-4B"	473.5 × 513.7	97.4	94.51	50
50A	30 октября	"Союз ТМА-1"	Россия	7220	Байконур	"Союз-ФГ"	376.1 × 406.3	51.64	92.34	51
51A	20 ноября	"Eutelsat W5"	(ESA)	3170	Канаверал	"Delta-4"	35786 × 35790	0.1	1436.15	39
52A	24 ноября	"Ендавуол-19"	США	116458	Канаверал	STS-113	391.6 × 401.5	51.63	92.44	52
52A	- "-	"MERIS" + "Picosat"	- "-	6 + 2 × 1	- "-	- "-	387.1 × 398.7	51.65	92.35	53
53A	25 ноября	"Астра-1К"	Люксембург	5250	Байконур	"Протон-К"	280.3 × 291.5	51.61	90.22	18
54A	28 ноября	"Можавец"	Россия	69	Плесецк	"Космос-3М"	691.1 × 771.9	98.23	99.1	54
54B	- "-	"AlSat-1"	Алжир	90	- "-	- "-	694.1 × 773.9	98.24	99.14	55
54C	- "-	"Rubin-3"	ФРГ	45	- "-	- "-	698.2 × 775.5	98.24	99.19	56
55A	5 декабря	"TDRS-10"	США	3196	Канаверал	"Атлас-2A"	35763 × 35812	0.89	1436.13	12
-	11 декабря	"Hot Bird-7"	(ESA)	3250	Курю	"Атлант-5ECA"	-	-	-	39
-	- "-	"Stentor"	Франция	2210	- "-	- "-	-	-	-	57

Таблица (окончание)

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА (кг)	Космодром	Тип РН	Высота орбиты (км)	Наклонение (град.)	Период обращения (мин)	№ ком- ментария
56A	14 декабря	"ADEOS-2"	Япония	3680	Танегасима	"H-2A"	798.3 × 812.8	98.69	101.05	58
56B	- " -	"FedSat"	Австралия	58	- " -	- " -	799.5 × 811.7	98.67	101.92	59
56C	- " -	"WEOs" ("Kanta Kun")	Япония	50	- " -	- " -	786.3 × 811.4	98.68	101.88	60
56D	- " -	"MicroLabSat"	- " -	68	- " -	- " -	783.8 × 811.3	98.67	101.86	61
57A	17 декабря	"NSS-6"	Голландия	4575	Куру	"Ariane-44L"	35771 × 35796	0.06	1435.9	21
58A	20 декабря	"Rubin-2"	ФРГ	14	Байконур	"Днепр-1"	637.8 × 698.6	64.56	97.87	62
58H-B	- " -	"LatinSat-A, -B"	Аргентина	2 × 10	- " -	- " -	640.1 × 678.1	64.55	97.66	63
58C	- " -	"SaudiSat-1C"	С. Аравия	15	- " -	- " -	635.9 × 709.4	64.56	97.98	64
58D	- " -	"UniSat-2"	Италия	10	- " -	- " -	638.5 × 687.7	64.56	97.76	65
58E	- " -	"Traiblazer"	США	14	- " -	- " -	640.7 × 668.4	64.56	97.57	66
59A	24 декабря	"Космос-2393"	Россия	2650	Плесецк	"Молния-M"	539 × 39724	62.87	715.92	19
60A-C	25 декабря	"Космос-2394-2396"	- " -	3 × 1450	Байконур	"Протон-K"	19123 × 19137	64.79	675.74	67
61A	29 декабря	"Шэнь Чжоу-4"	КНР	7650	Цзюцюань	"CZ-2F"	331.4 × 337.2	42.41	91.21	16
61B	- " -	орбитальный модуль	- " -	2100	- " -	- " -	354.8 × 366.1	42.41	91.75	16
62A	- " -	"Nimiq-2"	Канада	3678	Байконур	"Протон-M"	35763 × 35795	0.1	1436.01	68

Геостационарные спутники связи "Intelsat-9" (№№ 7A, 16A, 27A и 41A) входят в спутниковую систему международной компании Intelsat Ltd, обеспечивающую ретрансляцию данных на все континенты. Фото и рисунок Space Systems/Loral.



ванный вход в атмосферу со скоростью более 10 км/с и после торможения – парашютный спуск в районе Мавритании. Аппарат с капсулой не отделился от последней ступени РН и был потерян.

4. Японский экспериментальный технологический спутник "MDS-1" (Mission Demonstration test Satellite – программа испытаний спутника-демонстратора) провел тестирование компонентов перспективных коммерческих КА, испытания новых систем и электронных микросхем.

5. Американская астрофизическая космическая обсерватория "RHESSI" (Ramaty High Energy Solar Spectroscopic Imager – высокоэнергетический солнечный спектроскоп для получения изображений, КА им. Р. Рамати) исследует ускорение частиц при солнечных вспышках, рентгеновские и гамма-всплески от разных небесных объектов (Земля и Вселенная, 2003, № 1). Спутник оснащен телескопом-спектрометром. Запущен РН "Pegasus-XL", стартовавшей с борта самолета-носителя L-1011 над Атлантическим океаном.

6. 7 резервных спутников связи (№№ 5A–E, 31A–B) низкоорбитальной системы (запущено 95 КА) международного консорциума "Iridium LLC", включающего 17 компаний из 8 стран (в том числе Россия), обеспечивают глобальную персональную телефонную и телефаксную связь. Система состоит из 76 работающих КА (из них 9 резервных), расположенных в шести плоскостях.

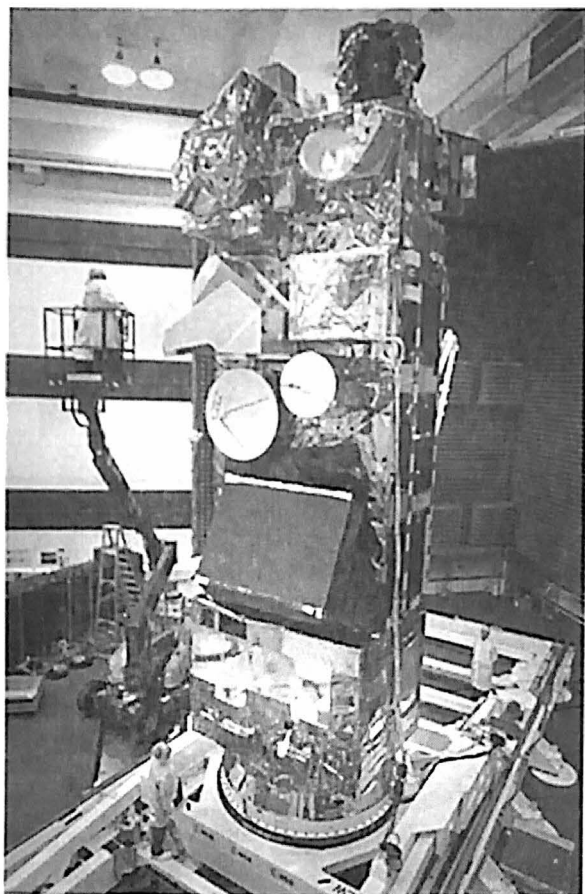
7. 7-й и 8-й геостационарные спутники связи прямого вещания американской корпорации Echostar Communications входят в систему из 6 ИСЗ, обеспечивают 6.4 млн. клиентов более чем 500 цифровыми телеканалами и видеопрограммами на территории США. Размещены в точках 119° з.д. (№ 6A) и 110° з.д. (№ 39A). Второй запуск новой амери-



канской РН с российским двигателем РД-180 (Земля и Вселенная, 2001, № 1).

8. 22–25-й геостационарные спутники связи и непосредственного телевидения новой серии и 3–6-й девятого поколения (№№ 7A, 16A, 27A и 41A) международной организации спутниковой связи "Intelsat" обслуживают страны Европы, Азии, Америки, Африки и Австралию. Размещены в точках 60° (№ 7A) и 64° (№ 41A) в.д., 24.5° (№ 27A) и 34.5° (№ 16A) з.д.

9. Российский военный КА "Кобальт" высокодетального фотонаблюдения входит в космическую систему оптической разведки "Янтарь 4K2" (117-й спутник ти-



Европейский КА дистанционного зондирования Земли и экологического контроля "Envisat-1" в сборочном цехе перед отправкой на космодром Куру. Фото ESA.

па "Янтарь" и 77-й данной серии). Запущен в интересах Министерства обороны РФ. Капсула с результатами наблюдений совершила посадку 7 июня 2002 г.

10. Универсальный тяжелый КА дистанционного зондирования Земли (ESA) выполняет глобальный контроль процессов в атмосфере и Мировом океане, взаимодействия и энергообмена между сушей, океаном и атмосферой, изучает распределение и динамику ледяных и растительных покровов, геологических и минеральных ресурсов, биопродуктивности океанов, ведет мониторинг лесов, водных запасов и сельскохозяйственных угодий, загрязнения биосферы. На спутнике установлено 10 приборов, в том числе 2 радара-локатора с синтези-

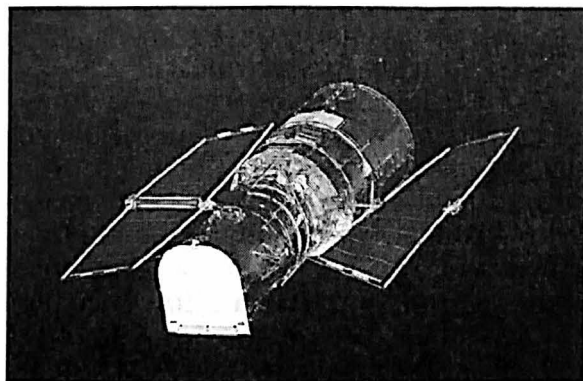
рованной апертурой. Запущен на солнечно-синхронную орбиту в рамках Международной программы наблюдения Земли.

11. 27-й полет КК "Колумбия", экипаж корабля (программа STS-109) состоял из 7 астронавтов (включая 1 женщину). Четвертый полет для обслуживания КТХ (Земля и Вселенная, 2002, № 4). За 11 сут проведены ремонтно-профилактические работы и дооснащение оборудованием телескопа. Астронавты 5 раз выходили в открытый космос. Посадка состоялась 12 марта.

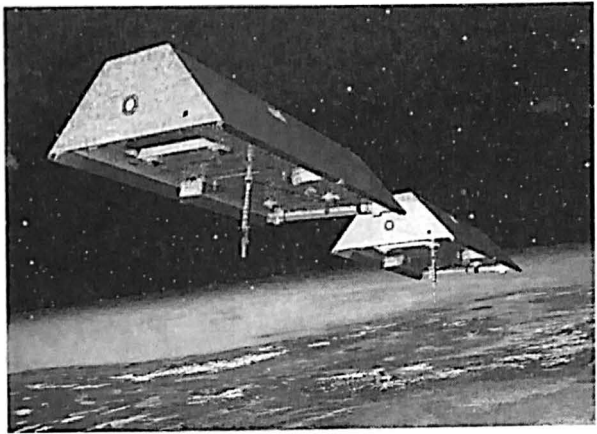
12. 9-й и 10-й геостационарные спутники цифровой связи и ретрансляции данных нового поколения входят в систему TDRS. Запущены в интересах различных космических систем NASA (включая корабли "Спейс Шаттл" и МКС, КТХ, научные ИСЗ) и Министерства обороны США. Выведены в точки 149° з.д. (№ 11А) и 150° з.д. (№ 55А).

13. Американо-немецкие научные спутники "Грейс" ("GRACE" – Gravity Recovery And Climate Experiment – гравитационная регенерация и климатический эксперимент) определяют с высокой точностью параметры гравитационного поля по программе NASA "Науки о Земле" (Земля и Вселенная, 2003, № 1). ИСЗ "Том" и "Джерри" (№№ 12А и В) вышли на околополярную орбиту и летят друг за другом на расстоянии 220 км. На иден-

КТХ после расстыковки с ним корабля "Колумбия" (STS-109), астронавты которого выполнили его четвертый ремонт и замену научной аппаратуры. Сфотографирован из кабины КК 9 марта 2002 г. Фото NASA.



Американо-немецкие научные спутники "Grace-1, -2" ("Том" и "Джерри", №№ 12А и В) осуществляют орбитальный полет друг за другом на расстоянии 220 км, определяя с высокой точностью параметры гравитационного поля Земли. Рисунок EADS.



тичных спутниках установлено по 8 приборам.

14. Российско-австралийский научно-образовательный микроспутник для регистрации параметров среды вдоль траектории полета и передачи данных, радиолобительской связи (Земля и Вселенная, 2002, № 2). Запущен с борта грузового корабля "Прогресс М1-7" (2001 г. – № 51А) после расстыковки с МКС.

15. С помощью транспортных грузовых кораблей "Прогресс" на МКС доставляются расходные материалы (вода, питание, топливо), научные приборы, оборудование и сменяемые системы, обеспечивающие длительную работу экипажей основных экспедиций. Корабли новой (№ 13А и 45А) и старой (№ 33А) серий обслуживали станцию, затем сошли с орбиты: 25 июня (№ 13А) и 14 октября 2002 г. (№ 33А), 1 февраля 2003 г. (№ 45А).

16. Третий и четвертый испытательные полеты в автоматическом режиме китайского пилотируемого КК "Шэнь Чжоу" ("Волшебный корабль"), на нем установлено 44 научных прибора для проведения экспериментов в области материаловедения и биотехнологии, наблюдения Земли и атмосферы, мониторинг космической среды. Спускаемые аппараты КК успешно совершили посадку на территории КНР 1 апреля 2002 г. (№ 14А) и 5 января 2003 г. (№ 61А), а их орбитальные модули проводили исследования до 12 ноября 2002 г. (№ 14С) и 15 июля 2003 г. (№ 61С). На РН "Великий поход-2F" установлена новая система аварийного спасения космонавтов.

17. 9-й японский геостационарный спутник связи предоставляет услуги по ретрансляции телевизионных каналов высокой четкости на всей территории Японии, обычных теле- и радиопрограмм, мультимедиа и сети Интернет на территории Южной и Юго-Восточной

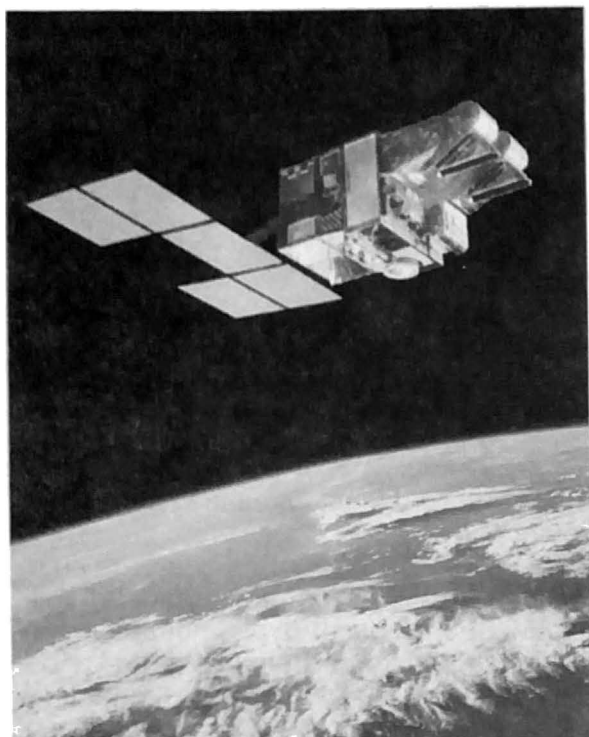
Азии, Австралии и Океании. Запущен в точку 154° в.д.

18. 13-й и 14-й геостационарные спутники системы "Астра" принадлежат компании SES (Люксембург), предназначены для непосредственного теле- и радиовещания (аналоговые и цифровые каналы) на территорию Западной Европы. Первый доставлен в точку "стояния" 23.5° в.д. (№ 15В), второй КА (№ 53 А) из-за аварийной работы разгонного блока носителя не смог достичь рабочей орбиты и совершил спуск.

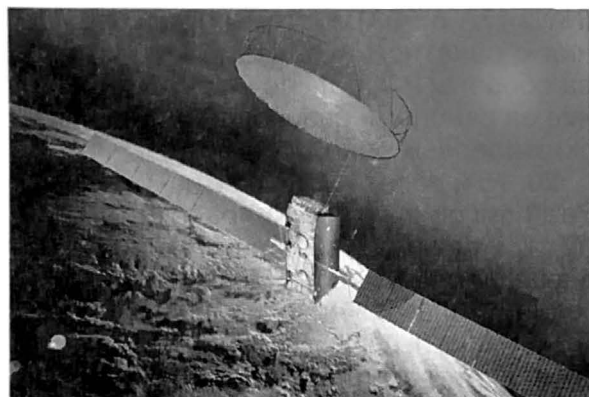
19. 81-й и 82-й военные КА типа "Око" (№№ 17А и 59А) системы предупреждения о ракетном нападении Министерства обороны РФ, обеспечивают наблюдение за районами базирования американских ядерных ракет.

20. 25-й полет КК "Атлантис" (STS-110). За 11 сут экипаж из 7 человек (в том числе 1 женщина) выполнил монтаж на внешней поверхности МКС центральной секции многофункциональной фермы ITS-SO с рельсовым путем и подвижным транспортером-платформой канадского производства "Canadarm-2", на котором установлен дистанционный робот-манипулятор SSRMS (Земля и Вселенная, 2002, № 4). Астронавты 4 раза выходили в открытый космос. Посадка состоялась 19 апреля.

21. 8-й и 9-й геостационарные спутники связи (№ 19А и 57А) принадлежат компании New Skies Satellites (Нидерланды). КА предоставляют услуги в области телекоммуникации, телефонии и доступа в Интернет на территории Америки, Европы и Африки. 150-й запуск РН



Французский спутник "SPOT-5" для многоспектральной съемки с высоким разрешением, картографирования поверхности и контроля природных ресурсов. Рисунок CNES.



Спутник дистанционного зондирования Земли "Aqua" (США) запущен по международной программе мониторинга глобального изменения климата. Сверху на КА установлен микроволновый сканирующий радиометр для изучения круговорота воды. Рисунок NASA.

семейства "Ариан" (№ 19А). Выведены в точки 21.5° з.д. и 95° в.д.

22. Третья экспедиция посещения на МКС. Экипаж – Ю.П. Гидзенко (РФ),

Р. Виттори (ESA, Италия) и второй космический турист М. Шаттлуорт (ЮАР). В течение 10-сут полета выполнили научные эксперименты по российской, европейской ("Марко Поло") и южноафриканской программам. Посадка на КК "Союз ТМ-33" состоялась 5 мая.

23. Французский КА "SPOT" (Satellite Pour l'Observation de la Terre – спутник для наблюдения Земли) дистанционного зондирования Земли (CNES) снабжен двумя фотокамерами и стереоаппаратурой высокого разрешения для многоспектральной съемки земной поверхности с разрешением до 10 м и точностью привязки изображений к местности до 50 м. Спутник входит в систему изучения и контроля природных ресурсов, осуществляет картографирование территорий, экологический мониторинг.

24. Американский спутник дистанционного зондирования Земли запущен по международной программе исследования в области глобального изменения климата (США, Бразилия и Япония) на солнечно-синхронную околополярную орбиту. На КА установлено 6 научных приборов.

25. 5-й геостационарный спутник прямого телевидения американской компании Direc TV на территории США и Гавайских островов. Размещен в точке 119° з.д.

26. Китайский метеоспутник "Фэньюнь" (ветер и облака) для наблюдения за атмосферой, литосферой и океаном.

27. Китайский океанографический КА осуществляет съемку водной поверхности в видимом и ИК-спектрах, экологический и температурный контроль океанов.

28. Израильский КА дистанционного зондирования Земли, проводит съемку земной поверхности с высоким разрешением (до 1 м), ведет оперативную высокодетальную видовую разведку стран региона и обнаружение пусков ракет. Запущен в направлении, обратном вращению Земли.

29. 90-й военный КА типа "Парус" входит в навигационно-связную систему "Циклон-Б", обеспечивает навигацию и дальнюю двухстороннюю радиосвязь подводных лодок и надводных кораблей

ВМФ России во всех районах Мирового океана.

30. 110-й полет по программе "Спейс Шаттл" и 18-й полет КК "Индевор" (STS-111). За 14 сут международный экипаж из 7 человек (включая 1 женщину), в их числе астронавт Франции и 2 космонавта России, выполнил на внешней поверхности МКС монтаж мобильной системы обслуживания MBS (передвижной платформы) на основной ферме, ремонт канадского робота-манипулятора "Canadarm-2", установил экран для защиты от космического мусора, научную аппаратуру и снабдил станцию расходными материалами (Земля и Вселенная, 2003, № 1). Астронавты 3 раза выходили в открытый космос. На МКС доставлена пятая основная экспедиция (командир – российский космонавт В.Г. Корзун), возвращен экипаж экспедиции МКС-4. Посадка состоялась 19 июня.

31. 4-й российский геостационарный спутник связи данной серии (последний типа А) оборудован французской электроникой, предоставляет мультисервисные услуги (цифровое телерадиовещание, телефония, видеоконференции, передача информации, доступ в Интернет) на территории России и стран СНГ. Доставлен в точку "стояния" 40° в.д.

32. 8-й запуск по программе "Морской старт" вблизи о. Рождества в Тихом океане. Геостационарный спутник связи американской корпорации PanAmSat обеспечивает телевидение в различных режимах (эфирное, абонентное и кабельное) и передачу данных в США и страны Латинской Америки. Выведен в точку 95° з.д.

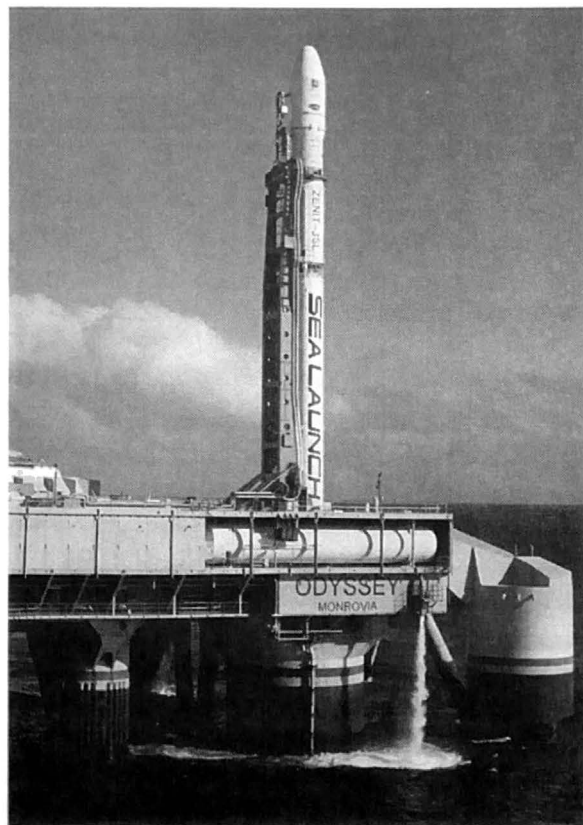
33. 17-й американский метеорологический спутник (третий в серии из пяти оперативных полярных КА наблюдения окружающей среды) запущен на солнечно-синхронную орбиту в интересах Национального управления США по океанам

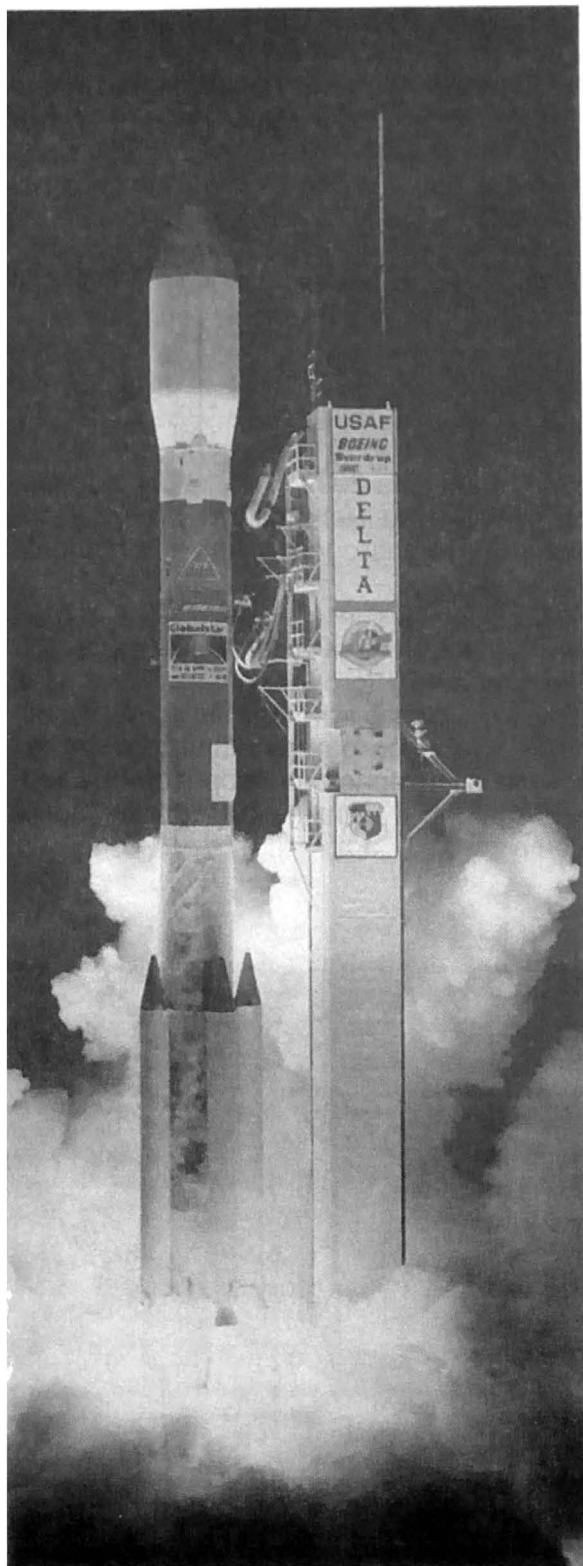
и атмосфере (NOAA), Национальной службы погоды, Департамента сельского хозяйства и еще нескольких правительственных организаций, а также других пользователей во всем мире. Входит в международную космическую систему КОСПАС – SARSAT (поиск и спасение терпящих аварию судов и самолетов).

34. Американская АМС "Контур" ("Contour" – Comet Nucleus Tour – возвращение к кометному ядру) запущена по программе сближения и исследования комет Энке и Швассмана – Вахмана-3 в 2003 – 06 гг. На КА установлено 6 приборов. 15 августа 2002 г. во время перевода станции на межпланетную траекторию полета разгонный блок взорвался и уничтожил ее.

35. Первый геостационарный телекоммуникационный спутник французского совместного предприятия Stellat, объединяющего три компании, ретранслирует телепрограммы и предоставляет доступ в Интернет на территории Европы, Африки и Ближнего Востока. Запущен в точку 5° з.д.

Ракета-носитель "Зенит-3SL" (проект "Морской старт") на стартовой платформе "Одиссей" в Тихом океане. 15 июня 2002 г. с нее запущен связной спутник "Galaxy-3C" на геостационарную орбиту. Фото Boeing Space & Communications.





Старт РН "Дельта-2" с американской АМС "Контур", которая должна была исследовать две кометы в 2003–06 гг. Во время перевода на межпланетную траекторию полета станция разрушилась в результате взрыва разгонного блока носителя. Фото NASA.

36. Японский геостационарный спутник связи принадлежит компании NTT, оказывает услуги подвижной связи на территории Японии и акватории Тихого океана. Размещен в точке 136° в.д.

37. Военные спутники связи (№№ 36А и В) низкоорбитальной системы "Стрела-3" запущены в интересах Министерства обороны РФ.

38. 2-й военный спутник двойного назначения. Гражданские цели: гидрометеорологическое и фотонаблюдение, картографирование земной поверхности, экологический мониторинг (типа "Аркон"). В интересах Министерства обороны РФ осуществляет оптико-электронную разведку (типа "Аракс").

39. Геостационарные многофункциональные телекоммуникационные спутники европейской организации "Eutelsat" для передачи программ цифрового телевидения и выполнения других услуг связи на территории Европы, Северной Африки и Ближнего Востока – 2 ИСЗ "Hot Bird" (№ 38А, второй КА потерян из-за аварии РН "Ariane-5"), "Atlantic Bird" (№ 40А) и "Eutelsat W5" (№ 51А). Размещены в точках "стояния" соответственно 13° в.д., 12.5° з.д. и 70.5° в.д. Первые запуски новых РН "Атлас-5" с КА "Hot Bird-6" и "Дельта-4" с коммерческим спутником "Eutelsat W5".

40. Первый КА второго поколения геостационарных метеоспутников европейской метеорологической системы Meteosat, созданный по заказу европейской организации Eumetsat для обеспечения прогноза погоды на территории Европы и в других частях света. Доставлен в точку "стояния" 0° долготы.

41. Японский экспериментальный спутник для проведения материаловедческого эксперимента в интересах Министерства экономики и Организации развития новых энергетических и промышленных технологий. На КА установлен модуль с возвращаемой капсулой для результатов эксперимента – выращенных полупроводниковых кристаллов. Через 8.5 мес полета капсула отдели-

Метеорологический геостационарный спутник "MSG-1" второго поколения европейской метеорологической системы Meteosat. Он входит в глобальную космическую систему наблюдения за состоянием погоды и производит мониторинг окружающей среды. Рисунок ESA.

лась, совершила спуск в атмосфере и приводнилась в Тихом океане к югу от Японии.

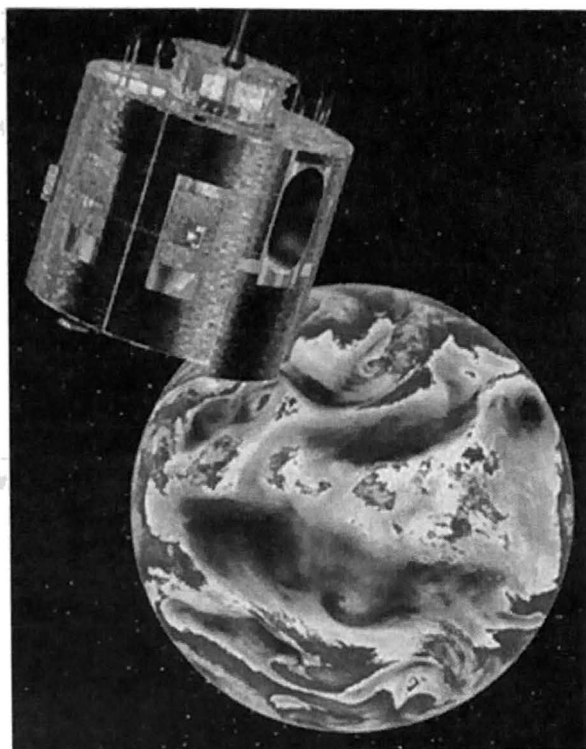
42. Японский геостационарный спутник для испытаний системы ретрансляции данных DRTS призван продемонстрировать новые технологии, улучшающие функции передачи и обработки информации. Аналог КА "TDRS" (США), "Альтаир" и "Гейзер" (Россия). Выведен в точку 90.75° в.д.

43. Первый специальный геостационарный метеоспутник, созданный Индийской организацией космических исследований (ISRO). Осуществляет глобальную съемку Земли с помощью сканирующего радиометра и ПЗС-камеры (в тепловом, видимом и водяного пара спектральных диапазонах) для долгосрочных климатических прогнозов. Размещен в точке 74° в.д.

44. Китайский экспериментальный образовательный микроспутник "Tsinghua-2", созданный в Университете Цинхуа. Первый запуск новой РН "Кайтуочжэ-1" закончился аварией.

45. Испанский телекоммуникационный спутник компании Hispasat для ретрансляции цифровой информации и программ цифрового телевидения на территорию Европы, Америки, Северной Африки и Среднего Востока. Запущен в точку 30° з.д. 25-й успешный запуск новой американской РН модификации "Atlas-2AS".

46. 6-й российский навигационный спутник "Надежда" (КОСПАС-10, первый новой модификации), входящий в две космические системы – российскую "Цикада" (двойного применения) и международную КОСПАС – SARSAT (поиск и спасение терпящих аварию судов и самолетов). Системы позволяют пользователям с помощью радиобуев определять свое местонахождение с точностью



до 80 м. В случае аварийных ситуаций сигналы ретранслируются на наземные приемные станции, затем данные передаются в службы спасения.

47. 26-й полет КК "Атлантис" (программа STS-112) с международным экипажем из 6 человек, в их числе российский космонавт (Земля и Вселенная, 2003, № 5). Корабль доставил на МКС оборудование и расходные материалы для пятой основной экспедиции. За 11 сут астронавты трижды выходили в открытый космос, произвели монтаж секции S1 на основную ферму. Посадка состоялась 18 октября.

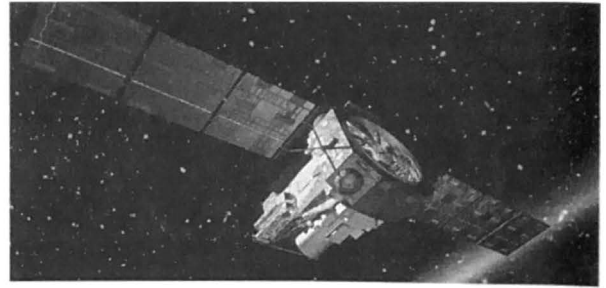
48. 13-й запуск (первый этой модификации) международной лаборатории микрогравитации (менее 10^{-5} g) из серии российских технологических КА по программе 14 стран Европы, Азии, Америки и России. На спутнике установлена аппаратура для изучения физики жидкостей, биологических образцов и конструкционных материалов, проведения технологических экспериментов (включая выращивание кристаллов полупроводников). Вскоре после старта РН взорвалась и упала вблизи стартового комплекса.



Международная лаборатория микрогравитации "Фотон-М" (№ 1) в монтажно-испытательном корпусе космодрома Плесецк во время подготовки к запуску. На спутнике установлена аппаратура для проведения технологических экспериментов. Создан по программе 14 стран Европы, Азии, Америки и России. Утрачен в результате аварии носителя. Фото NASA.

49. Международная астрофизическая обсерватория гамма-лучей "Интеграл" ("Integral" – International gamma-ray astrophysics laboratory) создана ESA совместно с Россией и США, исследует взрывы сверхновых, аннигиляционное излучение, ядра галактик и квазаров, вспышки на Солнце, взаимодействие космических лучей с межзвездной средой, аккрецию вещества на черные дыры и проводит картографирование диффузного излучения нашей Галактики (Земля и Вселенная, 2003, № 2). На КА установлено 5 приборов. Запущена на высокоэллиптическую орбиту.

50. Китайский военный спутник "Цзы Юань" (ресурс) двойного назначения –

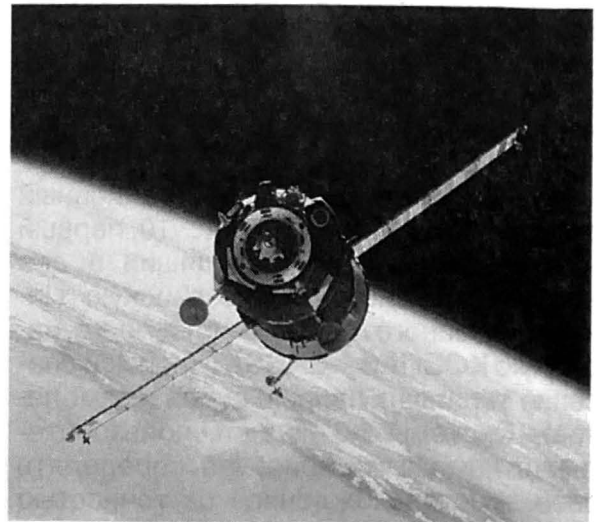


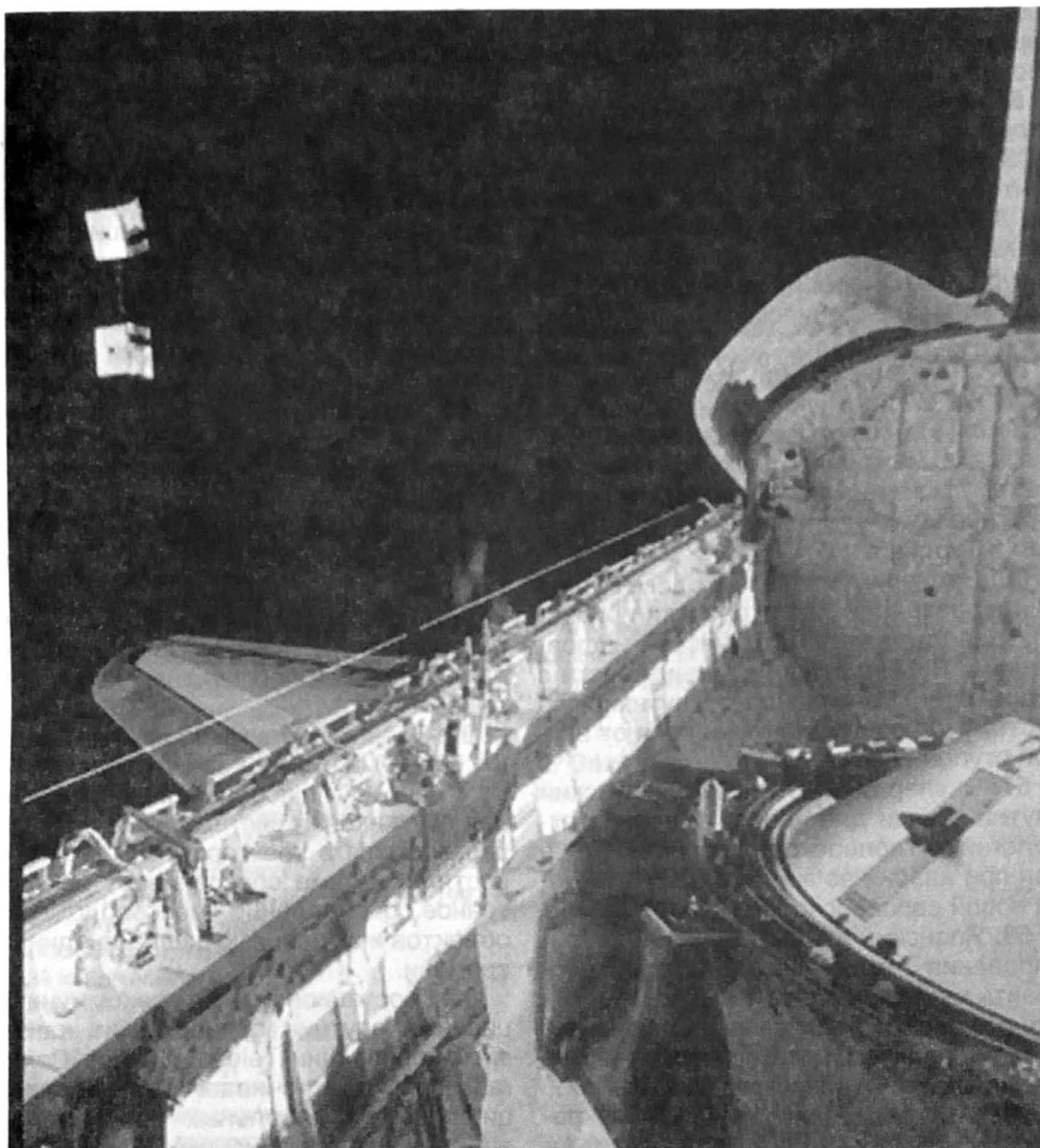
Международная астрофизическая обсерватория гамма-лучей "Интеграл" создана Европейским космическим агентством совместно с Россией и США, проводит исследование Вселенной. Рисунок ESA.

оптико-электронная разведка и мониторинг окружающей среды, включая контроль за урожайностью сельскохозяйственных культур и районами стихийных бедствий.

51. 1-й полет нового КК "Союз ТМА". Четвертая экспедиция посещения на МКС. Экипаж – С.В. Залётин и Ю.В. Лончаков (РФ), Ф. Де Винн (ESA, Бельгия). В течение 11-сут полета выполнили 24 научных эксперимента по российской и европейской ("Одиссея") про-

Новый российский КК "Союз ТМА" доставил экипаж четвертой экспедиции посещения на МКС. Сфотографирован с борта станции во время стыковки 1 ноября 2002 г. Фото NASA.





Два экспериментальных микроспутника связи "Picosat" (США) соединены тросом (слева на снимке). Запущены из грузового отсека КК "Индевор" (STS-113) 2 декабря 2002 г. с помощью пусковой установки MEPSI. Фото NASA.

граммам. Вернулись на КК "Союз ТМ-34" 10 ноября.

52. 19-й полет КК "Индевор" (программа STS-113) с 7 астронавтами (в том числе 2 космонавта России). Доставка на МКС шестой основной экспедиции, научной аппаратуры, грузов и расходных

материалов. Монтаж секции Р1, гидромагистралей и других элементов на многофункциональной ферме. Астронавты 3 раза выходили в открытый космос (45–47-й выходы по программе строительства станции). Посадка состоялась 7 декабря.

53. Модуль MEPSI для запуска сверхмалых спутников содержал пусковую установку и 2 пикоспутника, находился в грузовом отсеке корабля "Индевор". Отделен 2 декабря после расстыковки с МКС, затем спутники запущены в свободный полет. 2 ИСЗ "Picosat", соединен-

ные тросом длиной 152 м, провели эксперимент связи с помощью радиолокационного сигнала.

54. Экспериментальный радиолобительский микроспутник создан на базе ИСЗ связи "Стрела-1М" при участии курсантов Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского (Санкт-Петербург). На КА установлена также научная аппаратура для измерения радиации и напряженности электрического поля вокруг спутника.

55. 1-й алжирский КА выполняет мультиспектральную съемку поверхности Земли с высоким разрешением (до 32 м), входит в международную спутниковую систему мониторинга чрезвычайных ситуаций наряду с Англией, Нигерией, Таиландом и Турцией.

56. Экспериментальный блок "Рубин-3" предназначен для отработки принципов передачи телеметрической информации с РН вне зоны радиовидимости с территории России через спутниковую систему Orbcomm. Не отделялся от второй ступени носителя.

57. Экспериментальный французский спутник связи для проверки новых технологий на геопереходной орбите. Потерян при аварии во время первого запуска новой европейской РН "Ariane-5ECA".

58. Японский КА дистанционного зондирования Земли "Midori-2" призван прояснить механизм глобальных изменений в экосфере, собирая данные о динамике энергии, водяного пара, углерода и озона в атмосфере. КА оснащен 5 приборами.

59. Австралийский научный микроспутник для исследования структуры и динамики ионосферы и экзосферы, картографирования и мониторинга геомагнитного поля.

60. Японский микроспутник "Kantaku" наблюдает за экологией китов и отслеживает их миграцию в океане.

61. Экспериментальный технологический микроспутник (Япония) для проверки перспективных элементов космической техники.

62. Итало-германский экспериментальный микроспутник демонстрирует передовые космические технологии и новую систему передачи данных.

63. 2 аргентинских микроспутника связи (№ 58В и Н) принимают информацию с портативных стационарных и передвижных абонентских станций.

64. Коммерческий микроспутник связи Саудовской Аравии обеспечивает обмен данными между портативными стационарными и передвижными абонентскими станциями.

65. Итальянский научно-исследовательский экспериментальный микроспутник создан студентами лаборатории астродинамики Римского университета для наблюдения за космическим мусором и аэрозолями, испытания микродвигателей.

66. Макет малогабаритной АМС (США) построен в КБ "Южное" (Украина), испытывался как перспективный спутник Луны.

67. Военные навигационные спутники (№ 60А-С) входят в космическую систему ГЛОНАСС (глобальная навигационная спутниковая система) из 24 КА, обрабатывающихся в трех орбитальных плоскостях. Система обеспечивает высокоточное определение местоположения объектов и их привязку к шкале единого времени.

68. Геостационарный телекоммуникационный спутник принадлежит канадской корпорации Telesat Canada Corporation. КА обеспечивает ретрансляцию цифровых и кабельных телеканалов, аудио- и информационных передач для домашних абонентов Канады и США. Занял точку 91° з.д.

С. А. ГЕРАСЮТИН

*По материалам NASA, ESA,
Astrium, DASA и CNES,
бюллетеня "COSPAR"*

*и журналов "Spaceflight", "Flieger Revue" и
"Новости космонавтики"
за 2002-03 гг.*

К 40-летию нашего журнала

Указатель статей и заметок о Луне, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 годах

I. Статьи

Армстронг Н. Исследование лунной поверхности	1970, 5	Рускол Е.Л. История системы Земля–Луна	1965, 5
Барсуков В.Л. Луна – далекая и близкая	1980, 3	Сафронов В.С. Лунные масконы	1970, 3
Белый Ю.А. "Сон или астрономия Луны" – последнее произведение Кеплера	1972, 1	Сурков Ю.А. Новое о лунном веществе	1967, 6
Богданов М.Б., Трунковский Е.М., Черпащук А.М. Система Земля–Луна как телескоп сверхволнового разрешения	1992, 6	Тарасов Л.С., Базилевский А.Т. Реголит из моря Кризисов	1977, 1
Бронштэн В.А. Лунная теория Ньютона	1998, 1	Фесенков В.Г. Природа Луны	1966, 5
Бульсков В.П., Сурков Ю.А., Шварев В.В. Как взяла грунт автоматическая станция "Луна-16"	1971, 2	Чуйкова Н.А. Фигура Луны	1973, 5
Бурба Г.А. Полярные области Луны	1977, 2	Шевченко В.В. Астрономическая ориентировка на Луне	1968, 1
Виноградов А.П. О происхождении лунных пород	1970, 3	Шевченко В.В. Луна: 15 лет космических исследований	1975, 3
Галкин И.Н. Сейсмичность Луны: загадки и итоги	1983, 5	Шевченко В.В. Луна: космические и наземные исследования	1979, 1
Галкин И.Н. Лунотрясения по гравитационной указке	1992, 6	Шевченко В.В. "Лунар Проспектор" погиб, проблемы остались...	2001, 1
Герасютин С.А. Таблица запусков космических аппаратов для исследования Луны	1998, 4		
Громов В.В., Леонович А.К., Шварев В.В. "Луноход-1" на Земле и на Луне	1971, 3		
Ерошенко Е.Г. Магнетизм Луны	1975, 5		
Крупенио Н.Н. Радиолокация Луны с космических аппаратов	1975, 2		
Левин Б.Ю. Новое о термических свойствах Луны	1967, 1		
Левин Б.Ю., Маева С.В. Загадки происхождения и истории Луны	1975, 1		
Лейкин Г.А. Луна с точки зрения космонавта	1966, 2		
Лейкин Г.А. Вода на Луне	1992, 5		
Миронов С.В. Луна – основа энергетики XXI века?	1997, 2		
Покровский Б.А. Лицом к лицу с Луной (к 40-летию полетов первых станций "Луна")	1999, 6		
Родионова Ж.Ф. Новая карта Луны	1979, 1		
Родионова Ж.Ф., Дехтярева К.И. Особенности рельефа Земли, Луны, Марса и Венеры	1985, 4		
Родионова Ж.Ф. Лунные ландшафты	1997, 4		

II. Заметки

Вода на Луне, где она?	2000, 4
Возможные цвета деталей лунного рельефа	1967, 1
Геологическая карта лунного кратера "Циолковский"	1970, 1
Глобусы Луны	1982, 1
Горячие пятна на Луне	1965, 5
Десять рабочих дней "Лунохода-1"	1971, 5
Дешевый билет до Луны	1996, 4
Есть ли вода на Луне?	1990, 1
Есть ли лед на Луне?	1995, 1
Загадок, связанных с Луной, не уменьшилось	1970, 3
Загадочные вспышки на Луне	1991, 4
Залив Радуги	1973, 2
Измерение плотности лунной атмосферы	1972, 6
Инфракрасные измерения температуры лунной поверхности	1966, 3
Инфракрасные изображения Луны	1967, 6
Как образовался кратер Джордано Бруно	1979, 1
Как разрабатывать горные породы на Луне	1966, 1
Камнепады на Луне	1977, 5
К итогам научных исследований станции "Луна-10"	1967, 1
"Клементина" фотографирует Луну	1995, 1
Когда пошлют на Луну ученых?	1970, 5

Кратер Коперник	1972, 5	Новый метеорный кратер на Луне	1972, 5
Лазерный отражатель на Луне	1990, 2	Новый проект геологической съемки Луны	1995, 6
Лед на Луне?	1997, 5	Новый японский лунный проект	1999, 2
Луна и землетрясения	1987, 5	Обмен лунным грунтом	1972, 4
Луна и животные	1989, 2	Оранжевый грунт	1973, 6
“Луна-16” о лунном грунте	1970, 6	Открыт самый большой кратер на Луне	1995, 5
Лунная поверхность – индикатор метеоритной бомбардировки	1966, 2	Откуда на Луне странные цепочки кратеров	1994, 6
Лунное затмение 17 октября 1986 г.	1987, 2	Палеокарта Луны	1972, 6
Лунный камень “дарит” новую информацию	1989, 5	Первые люди на Луне	1969, 5
Лунный сейсмический эксперимент	1972, 5	Первый рентгеновский снимок Луны	1991, 3
“Луноход-2” полностью выполнил программу	1973, 4	Перед шестой лунной ночью	1971, 3
Луноход продолжает работать	1971, 4	Покрытия планет Луной в 1991 году	1990, 6
Любительские фотографии лунного затмения 24 марта 1978 г.	1979, 5	Покрытия “царапающих звезд”	1966, 4
Люди Земли на Луне	1969, 4	Полет “Аполлона-16”	1972, 4
Магнитные аномалии и вращение Луны	1979, 2	Полное лунное затмение	1967, 1
Макет участка лунной поверхности	1966, 6	Полное лунное затмение в ночь с 3 на 4 апреля	1996, 5
Можно ли увидеть искусственные спутники Луны	1968, 6	Посадочная площадка “Аполлона-11”	1969, 5
Наблюдения лунного затмения	1979, 2	Последняя лунная экспедиция по программе “Аполлон”	1973, 2
Наблюдения лунного затмения	1982, 4	Природа лунного альbedo	1975, 1
Названия на картах Луны	1972, 5	Природа V-образных хребтов на Луне	1975, 3
Натриевый “хвост” Луны	1992, 4	Расстояние между точками на Луне и на Земле	1970, 2
Натриевый “хвост” Луны	2000, 2	Руслу лунных рек	1969, 4
Научная экспедиция на Луну	1970, 1	Секрет периодичности лунотрясений	1983, 5
Начало лунной сейсмологии	1971, 3	Старейший лунный камень	1971, 1
Новая карта Луны	1966, 2	Стоячие волны на Луне	1970, 2
Новая фотографическая карта видимого полушария Луны	1967, 3	Талассоиды – новые образования на Луне	1967, 2
Новое издание “Карты Луны”	1986, 1	Термолюминесценция Луны	1967, 5
Новое о фотометрии Луны	1968, 2	Топографический план места посадки “Луны-9”	1967, 6
Новые карты Луны на XIII съезде Международного астрономического союза	1968, 1	Фотографируем лунное затмение	1989, 6
Новые названия лунных кратеров	1965, 4	Шкала относительных возрастов для лунных кратеров	1969, 1

Указатель статей, опубликованных в “Земле и Вселенной” в 2003 году

Бурхэм Р. Исследуя малые небесные тела	3	Памяти Всеволода Сергеевича Авдеевского	4
Веселовский И.С. Изучение Солнца с обсерватории “СОНО”	3	Памяти Ильи Пригожина	5
Гребенев С.А., Сюняев Р.А. Международная астрономическая лаборатория гамма-лучей “Интеграл”	2	Памяти Георгия Алексеевича Трошкова	6
Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Потепление неотвратимо?	3	Рашид Алиевич Сюняев (к 60-летию со дня рождения)	2
Дьяченко А.И. Ларец сокровищ в туманности N6C 3603 (окончание)	1	МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ	
Звягинцев А.М. Судьба озоносферы Земли	6	МКС в конце первого пятилетия своей работы	5
Куимов К.В. Современная астрометрия	5, 6	ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ	
Летников Ф.А. “Тепловая машина” Земли	1	Герасютин С.А. I. Запуски научных спутников. II. Полеты автоматических межпланетных станций. III. Программа “Спейс Шаттл”:	
Попов С.Б. Черные дыры и нейтронные звезды в эллиптических галактиках	6	хроника полетов	1
Рябов Ю.А. Резонансные движения в Солнечной системе	5	Герасютин С.А. Программа “Спейс Шаттл”:	
Сенкевич В.П. Современное общество и космонавтика	4	хроника полетов	5
Сидоренков Н.С. Приливы дирижируют погодой	5	СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ	
Сурков Ю.А. На пути к освоению Луны	4	Ананичева М.Д., Воскресенская Е.Н. Под девизом “Ренессанс географии”	3
Сурков Ю.А., Харюкова В.П. Космическая пыль в Солнечной системе	6	Астров С.А. XXVII академические чтения по космонавтике	4
Уфимцев Г.Ф. Горы Азии – научная сокровищница	4	Голованов Л.В. Мы живем в ритме космоса	1
ЭКОЛОГИЯ		Григорян С.С. Юбилей Тунгусского “пришельца”	6
Зонн И.С. Мировые ресурсы пресной воды	6	Илясов Ю.П. Российская конференция “Радиотелескопы РТ-2002”	3
Косарев А.Н., Костяной А.Г., Михайлов В.Н. Арал, который мы теряем	2	Левин Б.В. Природные катастрофы: три научных форума	2
ЛЮДИ НАУКИ		Косарев А.Н., Костяной А.Г. Проблемы кризисных морей Земли	6
Бронштэн В.А. Патрик Мур (к 80-летию со дня рождения)	6	Маркин В.А. Дегазация Земли	1
Гамбурцев А.Г. Григорий Александрович Гамбурцев (к 100-летию со дня рождения)	2	ИСТОРИЯ НАУКИ	
Грибко Л.П. Константин Александрович Куликов	3	Мальшакова Н.К., Масленицын С.Ф. Забытые страницы истории планетариев	1
Дадаев А.Н. Митрофан Степанович Зверев (к 100-летию со дня рождения)	5	Матвеев Л.И. 40 лет радиоинтерферометрии со сверхбольшими базами	4
Еремеева А.И., Цицин Ф.А. Елена Ивановна Казимирчак-Полонская (к 100-летию со дня рождения)	1	Наумов Г.В. Биосфера в космосе	1
Кардашев Н.С., Дубинский Б.А. Владимир Александрович Котельников (к 95-летию со дня рождения)	6	Юревич В.А. Древняя астрономия Нового и Старого Света	2
Козенко А.В. Джеймс Хопвуд Джинс (к 125-летию со дня рождения)	2	ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ	
Мильхикер М.А. Гавриил Андрианович Тихов	3	Порошин А.П., Кострова Н.А. Нижегородская астрономическая обсерватория	1

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ		Небесный календарь: март–апрель 2003 г.	1
		Небесный календарь: май–июнь 2003 г.	2
Бронштэн В.А. Озоновая дыра и рост деревьев на Тунгуске	5	Небесный календарь: сентябрь–октябрь 2003 г.	4
Владимирский Б.М. “Космическая погода” и социальные явления	3	Небесный календарь: ноябрь–декабрь 2003 г.	5
Городец Б.С. Мировые константы π и e в природе	5	Небесный календарь: январь–февраль 2004 г.	6
Зайцев А.В. Защита Земли от астероидно-кометной опасности	2		
ПРОБЛЕМЫ SETI		ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ	
Ефремов Ю.Н. Молчание Вселенной как вызов научному знанию	1	Бекашев Р.Х. Менисковый 150-мм рефлектор на монтировке Добсона	2
Лем С. Эссе	5	Бекашев Р.Х. Необычный телескоп Пулковской обсерватории	3
Панов А.Д. Галактический “сверхразум” и программа SETI	3	Рутковская М.Я. Самодельный телескоп для наблюдения космических лучей	4
ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ		ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ	
Казютинский В.В. Нужна ли сегодня философия?	3	Рогожин Е.А., Рейснер Г.И. Оценка сейсмического потенциала	1
Казютинский В.В. Космическая философия К.Э. Циолковского	4	Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. На этот раз	
Урсул А.Д. Устойчивое (ноосферное) развитие	5	“сейсмогроза” коснулась и Европы (апрель–сентябрь 2002 г.)	2
АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ		Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Октябрь 2002 г. – февраль 2003 г.	4
Бекашев Р.Х. Опыт преподавания астрономии в Санкт-Петербургском ГМТУ	5	КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
Левитан Е.П. Современная концепция астрономического образования	1	Козенко А.В. У истоков российской сейсмологии	3
Левитан Е.П. Размышление о судьбе и насущных проблемах школьной астрономии	3	Левитан Е.П. Дочь – о гениальном отце (заметка о книге Н.С. Королевой “Отец”)	4
Левитан Е.П. Проблемы формирования научной школы	5	ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ	
АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ		Герасютин С.А. Таблица запусков космических аппаратов в 2001 г.	2
Гулютин Д.А. Летняя школа в Приэльбрусье	3	Герасютин С.А. Таблица запусков космических аппаратов в 2002 г.	6
ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ		Кузьмин А.В. Имена созвездий	2
Бронштэн В.А. Великое противостояние Марса	4	Кузьмин А.В. Созвездия, которые были...	4
Горшечников М.В. Леониды в 2002 году	3	ПОГОДА ЗЕМЛИ	
Горшечников М.В. ПЗС в любительской астрофотографии	4	Паршина Л.Н., Бурцева Т.Н. 2002 г.: рекорд тепла за сто лет	2
Денисенко Д.В. Покрытие звезд астероидами в 2003 г.	1	ГРОЗНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ	
Денисенко Д.В. Покрытия звезд астероидами в 2004 г.	5	Маркин В.А., Силкин Б.И. Очередное пробуждение Этны	3

Новости науки и другая информация

АСТРОНОМИЯ

Астероид на земной орбите	3
Взгляд в "сердце" Крабовидной туманности	4
Водяной лед на Марсе	6
Древний океан на Марсе	3
Звездное кольцо Галактики	4
Из воспоминаний о М.С. Звереве	5
Красный Прямоугольник	6
Леониды 2002: первые результаты	1
Магнитные поля – создатели сложных форм туманностей	2
Моделирование Большого взрыва	5
Quaoar: необычный астероид?	1
Нобелевская премия по физике в 2002 г. присуждена за работы в области астрофизики	1
Новые пособия по астрономии	3
Обратное вращение спиральной галактики	3
Очень горячие звезды	5
Планета в двойной звезде	3
Поляризация реликтового излучения	3
Рассеяние шаровых скоплений	1
Семейный портрет α Кентавра (Центавра)	5
Солнце в августе–сентябре 2002 г.	1
Солнце в октябре–ноябре 2002 г.	2
Солнце в декабре 2002 г. – январе 2003 г.	3
Солнце в феврале–марте 2003 г.	4
Солнце в апреле–мае 2003 г.	5
Солнце в рентгеновских лучах	6
Спектр нейтронной звезды	3
Уникальный магнитный объект	3
Уточнены размеры Тефии	3
Ученые подошли вплотную к "темным векам"	3
Черная дыра в центре Галактики	3
Экзопланета с самым коротким периодом обращения	5

ГЕОФИЗИКА

Австралия – чемпион по запасам урана	3
Атака горного ледника	1
Белухи сообщают о температуре в глубинах моря	5
Быстрое поднятие Аляски	4
В кратере мексиканского вулкана	4
Всемирная сейсмическая сеть	3
Извержение подводного вулкана	5
Килауэа продолжает извергаться	1
Миграция "озоновых мини-дыр"	4

Новые данные о ледяном покрове Западной Антарктиды	1
Отравляющие озера	6
Потеплело в тропиках, и стали таять льды...	5
Проблема "вечной мерзлоты"?	6
"Развенчание" Гольфстрима?	4
Растительность поглощает двуокись углерода	2
Реки и Северный Ледовитый океан	4
КОСМОНАВТИКА	
"Артеми́с" достиг геостационарной орбиты	4
Возобновление полетов к Венере	1
"Envisat-1" – год работы на орбите	6
Запуск АМС "Розетта" перенесен	5
Катастрофа корабля "Колумбия"	2
Научный форпост в точке Лагранжа	2
Новое о "космическом мусоре"	2
Определение времени пролетов Международной космической станции	1
Перспективы исследования Солнечной системы	2
Планы NASA по изучению Марса	2
Последний запуск носителя "Ариан-4"	4
Проверка в космосе теории относительности	6
Программа Китая по исследованию Луны	5
Проект полета к Плутону	4
Российско-европейское космическое сотрудничество	6
Спутники "Spot-4 и -5" изучают Землю	1
"Стардаст" пролетел у астероида	4
Три новых старта к Марсу	5
Умолк "Пионер-10"	3
НОВЫЕ КНИГИ	1–2, 4–6
Сводный указатель проблемных статей по астрономии, космонавтике и наукам о Земле, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1995–2002 гг.	2
Указатель статей и заметок о Солнце, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.	5
Указатель статей и заметок о верхней атмосфере, околоземном и межпланетном пространстве, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.	5
Указатель статей и заметок о Луне, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.	6
Указатель статей, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 2003 г.	6

Водяной лед на Марсе

В 2002 г. было окончательно подтверждено существование водного льда в приполярных областях Марса. Это показали данные с борта АМС "Mars Odyssey" (Земля и Вселенная, 2001, № 5; 2002, № 3; 2003, № 1), снабженной оборудованием для регистрации нейтронного и гамма-излучения, возникающего при бомбардировке поверхности планеты космическими лучами. Приборы способны определять также количество и мощность слоя влаги на глубинах до 1 м.

Исследования, проведенные сотрудниками Лос-Аламосской национальной лаборатории (штат Нью-Мексико, США) У. Фелдманом и Р. Токаром, выявили, что лед на Красной планете захоронен под поверхностным слоем толщиной в несколько сантиметров в обоих полушариях начиная от полюсов и вплоть до широты 60°. Это говорит о том, что льда на Марсе больше, чем считалось до сих пор. Причем и масса его оказалась весьма значительной: в высоких широтах Южного полушария лед составляет от 40 до 73% всего объема грунта (Земля и Вселенная, 1999, № 4; 2002, № 4).

Однако эти данные, по-видимому, противоречат представлениям о Марсе как о "пыльной" планете: в его атмосфере взвешено огромное количество твердых частиц, временами возникают пыльные бури и смерчи, что несомненно с высокой увлажненностью. Весьма прав-

доподобное объяснение такому парадоксу предложили сотрудники Браунского университета. Они проанализировали изображения, полученные фотокамерой космического аппарата "Mars Global Surveyor" (Земля и Вселенная, 1997, № 4; 1999, № 3; 2000, № 4; 2001, № 5; 2003, № 1), обладающей беспрецедентно высокой разрешающей способностью.

Как считает участник работы Дж. Мастанд, такой рельеф – результат частичного испарения в атмосферу весьма тонкого слоя льда, находившегося в высоких широтах (на широте примерно 60°). Это напоминает процесс таяния "вечной мерзлоты" на Земле, при котором почва приобретает бугристые очертания.

Проведенный Дж. Хедом и М. Креславским анализ топографии по данным лазерного альтиметра АМС "Mars Global Surveyor" подтверждает описанную выше картину. Оба метода создают впечатление, что в высоких и средних широтах Красной планеты существуют тонкие слои загрязненного льда, достигавшие 30° широты, но теперь под влиянием потепления отступившие примерно до 60°.

* * *

Еще одна загадка – происхождение оврагов. Данные обеих станций, находящихся на орбите Марса, свидетельствуют о потеплении, приведшем к таянию льда. Стекающая влага породила овраги, а умягченный лед – "вязкие потоки". Одновременно происходила сублимация льда, которая также ослабила прочность покрова и позволила ему растрескаться...

Оставался нерешенным важный вопрос: причина отступления оледенения. Возможно, оно связано с гипотетическими долгопериодическими (около 1000 тыс. лет) колебаниями оси вращения Марса под действием тяготения Юпитера.

Подобные колебания могли вызвать сильные изменения в распределении количества поступающей солнечной энергии по сезонам. Как известно, в настоящее время отклонения оси Марса от вертикали к плоскости орбиты составляет примерно 24.9°. А, например, когда ось вращения Марса была наклонена на 35°, лето у его полюсов было более теплым. Влага, замороженная в полярных шапках, легче испарялась в атмосферу. Ее перенос в сторону экватора приводил к увлажнению воздуха более низких широт, усиливая там тенденцию к похолоданию. Экстремальные сезонные изменения усиливали ветры с их пылевыми бурями, когда мелкие частицы загрязняли ледниковый покров. Но стоило наклону оси вращения уменьшиться, как влага возвращалась в полярные шапки, оставаясь на ледниках в средних широтах пылевую корку, которая растрескивалась под воздействием сильного ветра.

Сотрудники Калифорнийского технологического института в Пасадене М. Мишна и М. Ричардсон взялись проверить эту стройную гипотезу. Они построили математическую модель климата Марса при различных наклонах его оси. Выяснилось, что при наклоне, превышающем нынешний, влага действительно мигрирует из областей полярных шапок к средним широтам планеты. Причем скорость этой миграции достаточна, чтобы за 10-тысячный цикл мог накопиться слой льда толщиной несколько десятков метров. При возвращении к небольшому наклону оси средние широты планеты начинали терять ледяной покров.

М. Ричардсон с коллегами пошли еще дальше. Они предполагают, что в какое-то время Марс покрывался льдом целиком, вплоть до самого экватора. Доведа наклон оси до 45° и даже до 60° (максимально возможный в теории), они наблюдали

Ф.С.П.И	АБОНЕМЕНТ		70336 <small>(индекс издания)</small>									
	на <u>газету</u> на <u>журнал</u>		Количество комплектов									
	Земля и Вселенная <small>(наименование издания)</small>											
	на ___ год по месяцам:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Куда											
	<small>(почтовый индекс)</small>						<small>(адрес)</small>					
	Кому											
	<small>(фамилия, инициалы)</small>											

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА												
ПВ	место	литер	70336 <small>(индекс издания)</small>									
на <u>газету</u> на <u>журнал</u>												
Земля и Вселенная <small>(наименование издания)</small>												
Стом- мость	подписки пере- адресовки	___ руб. ___ коп. ___ руб. ___ коп.	Количество комплектов									
на ___ год по месяцам:												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Куда												
<small>(почтовый индекс)</small>						<small>(адрес)</small>						
Кому												
<small>(фамилия, инициалы)</small>												

на мониторе компьютера языки ледников, спускавшихся к самому экватору. Геолог-гляциолог Д. Маршан из Бостонского университета (штат Массачусетс) выдвигает предположение, согласно которому загадочные потокообразные отложения на

склонах трех гигантских вулканов в марсианских горах Тарсис могут быть остатками ледников. Эти вулканы расположены у экватора, и на северо-западном склоне каждого из них заметен характерный конус выно-

са, образованный отложениями породы.

Окончательный ответ следует ожидать от планируемых экспедиций АМС к Красной планете.

Science, 2003, 300, 5617

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу “Пресса России” (I полугодие 2004 г.) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

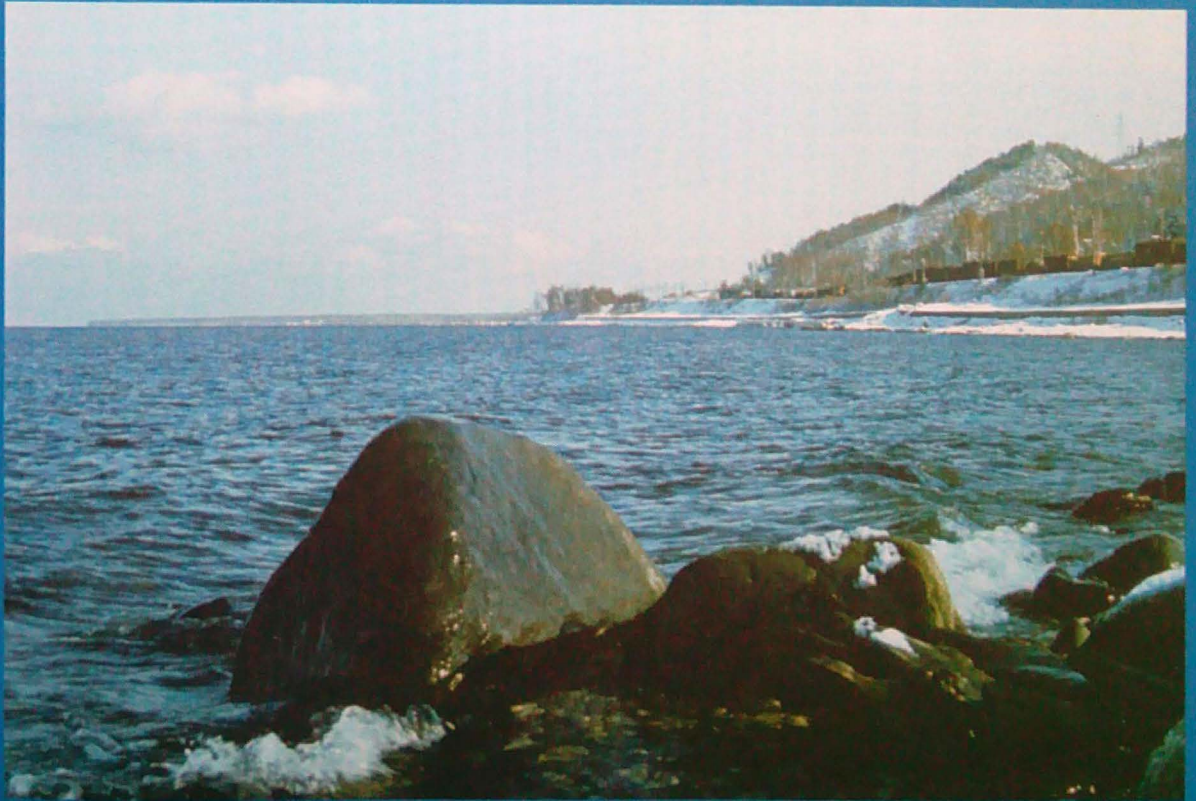
**Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом астрономии Г.Н. Яшина
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин**

**Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Мл. редактор Л.В. Рябцева
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина**

Сдано в набор 04.09.2003. Подписано в печать 24.10.2003. Формат бумаги 70×100¹/₁₆
Офсетная печать Уч.-изд. л. 13.7 Усл.печ. л. 9.1 Усл.кр.-отт. 7.4 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 794 экз. Заказ № 7700

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

Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Адрес редакции: 119991 Москва, Марононский пер., 26
Телефоны: 238-42-32, 238-29-66
Отпечатано в ППП “Типография Наука”
121099 Москва, Шубинский пер., 6





“Наука”
Индекс 70336