

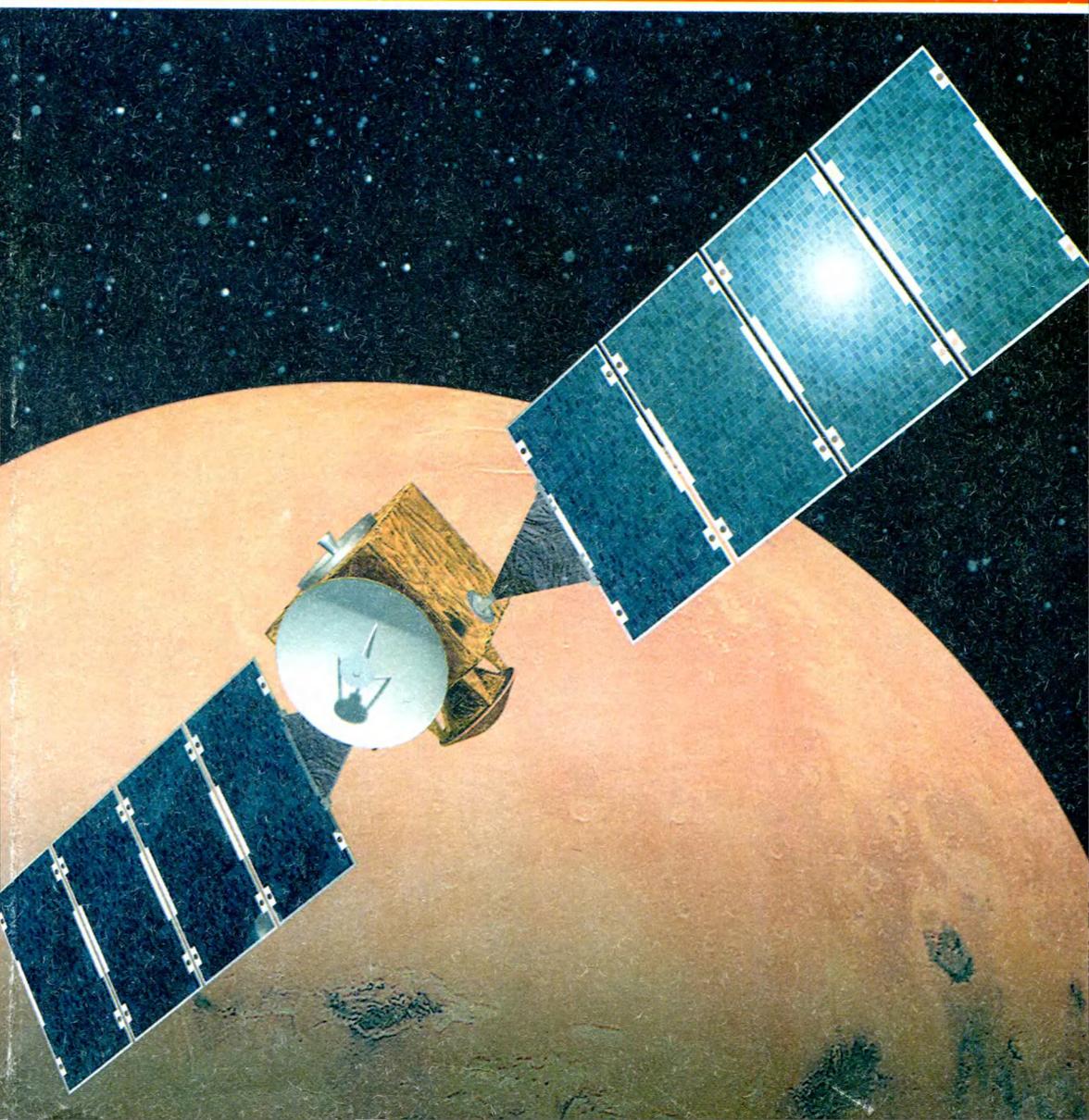
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

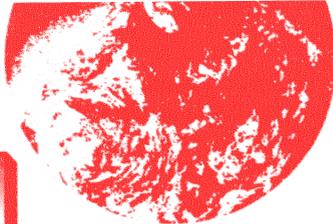
СЕНТЯБРЬ—ОКТЯБРЬ

5/2003





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

5/2003

В номере:

Новости науки и другая информация:

Солнце в апреле–мае 2003 г. [19]; Последний запуск носителя "Ариан-4" [21]; Программа Китая по исследованию Луны [34]; Из воспоминаний о М.С. Звереве [45]; Три новых старта к Марсу [54]; Моделирование Большого взрыва [68]; Потеплело в тропиках, и стали таять льды [76]; Извержение подводного вулкана [84]; Семейный портрет α Кентавра (Центавра) [88]; Запуск АМС "Розетта" перенесен [94]; Очень горячие звезды [104]; Экзопланета с самым коротким периодом обращения [104]; Новые книги [105]; Белухи сообщают о температуре в глубинах моря [111]

- 3 СИДОРЕНКОВ Н.С. Приливы дирижируют погодой
10 РЯБОВ Ю.А. Резонансные движения в Солнечной системе
23 КУИМОВ К.В. Современная астрометрия

ЛЮДИ НАУКИ

- 35 Памяти Ильи Пригожина
40 ДАДАЕВ А.Н. Митрофан Степанович Зверев (к 100-летию со дня рождения)

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- 47 УРСУЛ А.Д. Устойчивое (ноосферное) развитие

ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 55 ГЕРАСЮТИН С.А. Программа "Спейс Шаттл": хроника полетов

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ

- 62 МКС в конце первого пятилетия своей работы

ПРОБЛЕМЫ СЕТИ

- 65 ЛЕМ С. Эссе

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 69 ГОРОБЕЦ Б.С. Мировые константы π и e в Природе
77 БРОНШТЭН В.А. Озоновая дыра и рост деревьев на Тунгуске

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 79 ЛЕВИТАН Е.П. Проблемы формирования научной школы
85 БЕКЯШЕВ Р.Х. Опыт преподавания астрономии в Санкт-Петербургском ГМТУ

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 89 Небесный календарь: ноябрь–декабрь 2003 г.
95 ДЕНИСЕНКО Д.В. Покрытия звезд астероидами в 2004 году
106 Тематический указатель статей и заметок о Солнце, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.
109 Тематический указатель статей и заметок о верхней атмосфере, околоземном и межпланетном пространстве, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.



© 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: Европейская АМС "Марс Экспресс" на орбите Марса. Планируется, что межпланетная станция выйдет на орбиту ИСМ в декабре 2003 г. Рисунок ESA (к стр. 54).

На стр. 2 обложки: Вверху – старт РН "Союз" с космическим кораблем "Союз ТМА-2" 26 апреля 2003 г. с космодрома Байконур; внизу – экипаж КК "Союз ТМА-2" и седьмой основной экспедиции на МКС: Ю.И. Маленченко (Россия) и Э. Лу (США). Фото NASA (к стр. 62).

На стр. 3 обложки: Прохождение Меркурия по диску Солнца 7 мая 2003 г. Фотография сделана в Германии американским астрономом-любителем Эхардом Славиком в 11 ч 34 мин по Гринвичу.

На стр. 4 обложки: Туманность около горячей звезды Вольфа-Райе ВАТ99-2 в Большом Магеллановом Облаке. К югу от этой звезды хорошо видно полукольцо – часть "пузыря", образовавшегося в результате выметания межзвездного вещества звездным ветром. Снимок получен Европейской Южной Обсерваторией с помощью мультимодульного инструмента FORS1 Очень Большого Телескопа. Фото ESO (к стр. 104).

In This Issue:

- 3 SIDORENKOV N.S. High Tides Conduct Weather
- 10 RYABOV Yu.A. Resonance Motion in Solar System
- 23 KUIMOV K.V. Modern Astronometry

PEOPLE OF SCIENCE

- 35 To the Memory of Ilya Prigozhin
- 40 DADAYEV A.N. Mitrofan Stepanovich Zverev (to the 100th birthday)

PHILOSOPHIC PROBLEM

- 47 URSUL A.D. Steady (Noosperical) Development

NEWS FROM FOREIGN ASTRONAUTICS

- 55 GERASYUTIN S.A. Programme "Space Shuttle": Chronicle of Flights

INTERNATIONAL SPACE STATION

- 62 International Space Station at the End of the First Five Years of its Work

SETI PROBLEMS

- 65 LEM S. Essay

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 69 GOROBETZ B.S. World Constants π and e in Nature
- 77 BRONSHTEN V.A. Ozone Hole and Growth of Trees on Tunguska

ASTRONOMIC EDUCATION

- 79 LEVITAN E.P. Problems of Formation of the Scientific School
- 85 BEKYASHEV R.H. Experience of Teaching Astronomy in St. Petersburg State Naval Technical University

AMATEUR ASTRONOMY

- 82 Celestial Calendar: November – December 2003
- 95 DENISENKO D.V. Covering Stars With Asteroids in 2004
- 106 Index of Articles and News on Sun, published in "Earth and Universe" in 1965–2003
- 109 Index of Articles and News on Upper Atmosphere, Circumplanetary and Interplanetary Space, published in "Earth and Universe" in 1965–2003

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

Приливы дирижируют погодой

Н. С. СИДОРЕНКОВ,
доктор физико-математических наук
Гидрометцентр России

В последние годы достигнут существенный прогресс в понимании механизмов, управляющих синоптическими процессами в атмосфере. Созданы методы прогноза границ синоптических периодов и температуры воздуха с годовой заблаговременностью. Автор статьи сформулировал концепцию, объясняющую многочисленные корреляции десятилетних флуктуаций вращения Земли с климатическими, гляциологическими, сейсмическими, геомагнитными и другими глобальными характеристиками.



СИНОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

В конце XIX в. в России и ряде стран Европы стали составлять синоптические карты. На бланки географических карт наносят метеорологические элементы (атмосферное давление, температуру воздуха, ветер и облачность), наблюдавшиеся в различных пунктах в один и тот же момент времени. С помощью этих карт были выявлены синоптические образования (циклоны и антициклоны, ложбины низкого атмосферного давления и гребни высокого, теплые

и холодные воздушные массы и разделяющие их фронты). Постепенно выявились закономерности движения синоптических образований и появилась возможность прогнозировать их перемещения и связанную с ними погоду в конкретных районах.

С начала XX в. разрабатываются синоптические методы долгосрочных прогнозов погоды на месяц и сезон. Выдающийся вклад в развитие этого направления науки внесли отечественные метеорологи Б.П. Мультановский,

Г.Я. Вангенгейм, С.Т. Парава. Они показали, что синоптические процессы в Северном полушарии (от полюса до 30° с.ш.) эволюционируют обособленно в трех секторах. Эти секторы стали называть естественными синоптическими районами (е.с.р.). Оказалось, что особые условия теплообменов между океанами и материками в каждом из них влияют на формирование и развитие атмосферных процессов большого масштаба. В первом секторе (от 50° з.д. до 80° в.д.) доминирует

теплообмен с Атлантикой, во втором (от 80° в.д. до 165° з.д.) – теплообмен с Тихим океаном и в третьем (от 165° до 50° з.д.) – теплообмен с Тихим и Атлантическим океанами.

Значительный прогресс синоптического метода исследований был достигнут благодаря введению сборно-кинематических карт. На бланки географических карт стали наносить положения и траектории особых барических точек (центров циклонов и антициклонов), взятые с синоптических карт за последовательные дни. Области, занятые центрами антициклонов и циклонов, образуют на карте положительные и отрицательные барические поля. Их разделяют демаркационными линиями. С помощью сборно-кинематических карт установлено, что положение барических полей удерживается в течение нескольких дней, а затем быстро (за 12–36 часов) радикально трансформируется. Возникшая картина сохраняется несколько дней – до следующей перестройки. В пределах отдельного естественного синоптического района однопольный характер эволюции не меняется. В 1915 г. этот интервал Б.П. Мультиановский назвал естественным синоптическим периодом (е.с.п.). Другими словами, это время существования атмосферного процесса в данном е.с.п.

В 40-х годах XX в. стали строить высотные карты барической топографии. Поле давления и температуры обуславливает ори-

ентировку перемещения барических образований у земной поверхности и сохранение географического расположения их центров в пределах е.с.п. При смене периода термобарическое поле тропосферы быстро перестраивается, что вызывает новую локализацию центров барического поля и смещение траекторий барических образований у земной поверхности. Вид сборно-кинематической карты меняется от текущего естественно-синоптического периода к следующему скачкообразно. Длительность е.с.п. варьирует от 5 до 8 дней. Природа этих явлений долгое время оставалась неизвестной.

ПРИЛИВНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Земля вращается вокруг своей оси нестабильно. Меняется ее скорость вращения, и перемещаются географические полюса. Уже более 100 лет астрономы проводят мониторинг нестабильностей вращения Земли. Сначала они выявили десятилетние флуктуации, а потом сезонные.

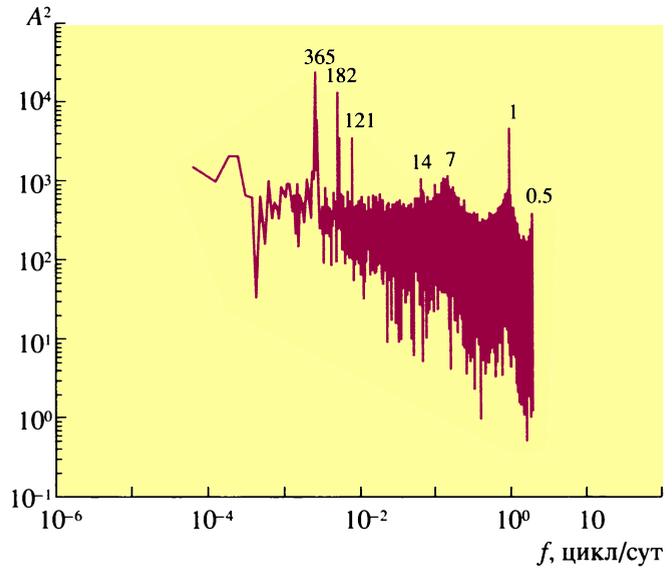
В 80-е гг. XX в. на смену астрооптическим наблюдениям пришли новые методы: измерения с помощью радиоинтерферометров со сверхдлинными базами, лазерная локация спутников и Луны, система глобального позиционирования (СГП – GPS). Точность определения параметров вращения Земли (длительность суток, координаты полюса и поправки нутации) увеличи-

лась на два порядка. В итоге появилась возможность изучать короткопериодные колебания скорости вращения Земли с суточным разрешением, а во время специальных серий наблюдений – с разрешением до нескольких часов. Помимо межгодовых и сезонных вариаций зафиксированы быстрые колебания скорости вращения Земли в пределах месяца. По величине амплитуды они лишь немного уступали сезонным колебаниям, но были в десятки раз короче сезонных периодов – приблизительно 14 суток.

Колебания внутри месяца обусловлены лунно-солнечными зональными приливами. Приливообразующая сила растягивает Землю вдоль прямой, соединяющей ее центр с центром возмущающего тела – Луны или Солнца. Сжатие Земли увеличивается, когда ось растяжения совпадает с плоскостью экватора, и уменьшается, когда ось растяжения отклоняется к тропикам.

Момент инерции сжатой Земли больше, чем недеформированной шарообразной планеты. Напомним, что момент инерции частицы относительно оси вращения Земли равен произведению ее массы на квадрат расстояния до оси. Момент инерции Земли – сумма моментов инерции составляющих ее частиц. А поскольку момент импульса Земли (произведение ее момента инерции на угловую скорость) должен оставаться постоян-

Спектр колебаний экваториальных компонентов момента импульса ветров атмосферы. Видны составляющие с периодами 365, 182, 121, 14, 7, 1 и 0.5 суток. По вертикальной оси отложены значения спектральной плотности (квадрата амплитуды, A^2) в децибелах, а по горизонтальной — частоты f в циклах за среднесолнечные сутки в логарифмическом масштабе.



ным, то скорость вращения сжатой Земли меньше, чем недеформированной.

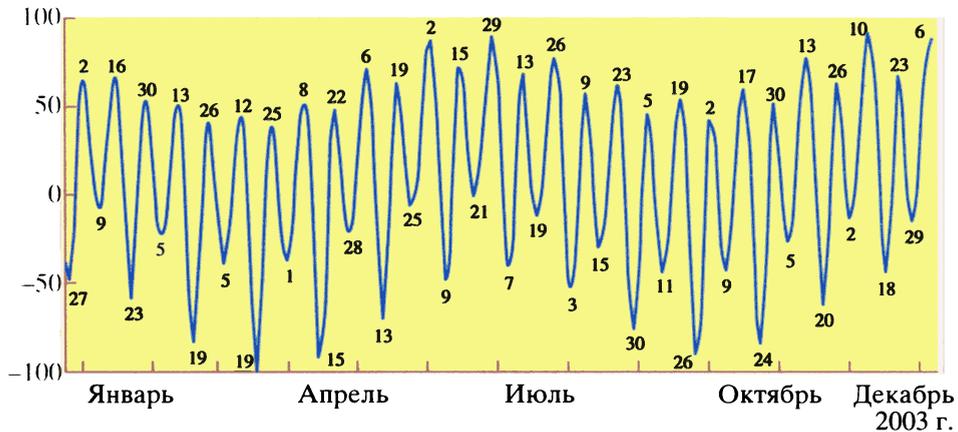
Приливообразующая сила колеблется во времени. Соответствующим образом изменяется и величина сжатия Земли, что в результате и вызывает приливную неравномерность ее вращения. Наиболее значительны из этих изменений скорости вращения Земли колебания с полумесячным и месячным периодами. На протяжении лунного месяца сменяют друг друга четыре режима вращения: Земля дважды ускоряет и дважды замедляет свое вращение. Длительность этих режимов варьирует (как и продолжительность е.с.п.) от 5 до 8 дней, но в сумме она всегда равна лунному тропическому месяцу (27.32 суток). Средняя длительность одного режима вращения Земли и естественных синоптических периодов совпадают. Но режимы вращения Земли обусловлены зональными приливами, и естественные синоптические периоды вызываются, возможно, ими же. Нужна была проверка этого предположения на независимых материалах наблюдений.

ПРИЛИВЫ УПРАВЛЯЮТ СИНОПТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Большая часть перестройки синоптических процессов в атмосфере, по многолетним наблюдениям автора, осуществляет-

ся вблизи экстремумов (минимумов или максимумов) приливных колебаний угловой скорости вращения Земли. А значит, изменения режимов вращения Земли совпадают с перестройками синоптических процессов в атмосфере. Автор регулярно следил за приливными колебаниями скорости вращения Земли, эволюцией синоптических процессов в атмосфере и вариациями гидрометеорологических характеристик во времени. При более углубленном изучении выяснилось, что длительности отдельных режимов вращения Земли и естественных синоптических периодов совпадают. Но режимы вращения Земли обусловлены зональными приливами, и естественные синоптические периоды вызываются, возможно, ими же. Нужна была проверка этого предположения на независимых материалах наблюдений.

В 1999 г. в США завершились грандиозные работы по реанализу метеорологических наблюдений с 1948 г. Получены уникальные объективные данные о полях ветра на всех стандартных изобарических поверхностях (1000 гПа, 925 гПа, 850 гПа и т.д. вплоть до 10 гПа (высота 31 км) с шагом 6 ч. Основываясь на этих результатах, автор вычислил пятидесятилетние временные ряды компонентов момента импульса ветров всей атмосферы и их спектры мощности. Оказалось, что в колебаниях момента импульса ветров действительно преобладают гармоники зональных приливов, слегка трансформированные атмосферой. По существу, сделано фундаментальное открытие: эволюция синоптических процессов в атмосфере происходит не только за счет внутренней динамики, но и под управлением внешнего



“дирижера” — лунно-солнечных зональных приливов. Естественные синоптические периоды обусловлены колебаниями приливных сил, а их смена связана с изменениями знаков приливных сил.

Между приливными колебаниями скорости вращения Земли и изменениями синоптических процессов в атмосфере имеется статистически значимое синхронное соответствие. Позже были также сопоставлены приливные колебания вращения Земли и вариации метеорологических характеристик. В итоге стало возможно разработать способ прогноза гидрометеорологических характеристик (патент зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 мая 2002 г., № 2182344).

Колебания скорости вращения Земли ω уверенно предвычисляются с любой дискретностью и заблаговременностью на основании теории*. По предвычисленным на про-

гнозируемый период (ближайший год) значениям скорости вращения Земли ω с помощью корреляционного анализа определяется аналогичный период в прошлом примерно с таким же режимом вращения Земли. Предполагается, что расписание синоптических процессов и ход аномалий температуры в прогнозируемом отрезке времени будут соответствовать периоду-аналогу. Аномалии температуры, наблюдавшиеся в его границах, принимаются за ожидаемые. Затем к ним прибавляют соответствующие нормы и получают прогноз температуры воздуха.

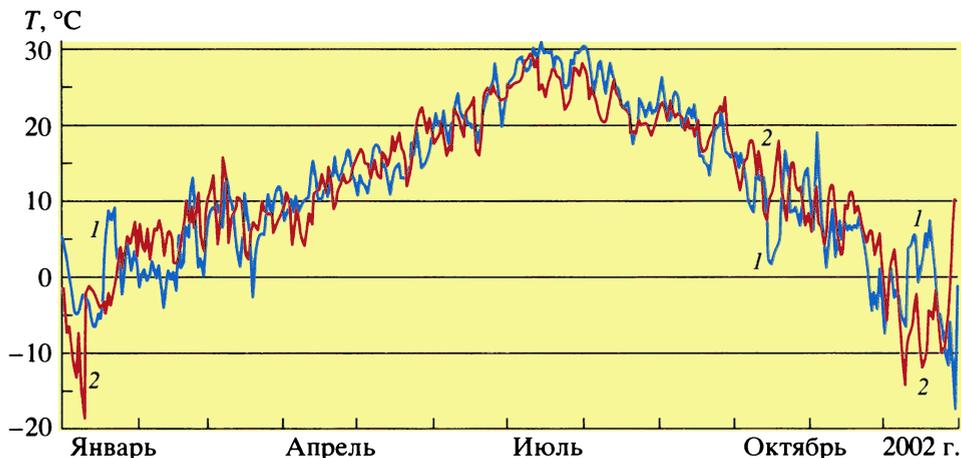
Наша методика позволяет предвычислять температуру воздуха с суточным разрешением на срок до одного года по любому пункту, где только имеются достаточно продолжительные ряды наблюдений. В настоящее время автор делает прогнозы аномалий температуры воздуха по 70 станциям мира, а также в узлах сет-

Прогноз приливных колебаний скорости вращения Земли на 2003 г. У экстремумов проставлены календарные даты. Вблизи них сменяются синоптические процессы, учащаются природные и техногенные катастрофы, усиливается социальная напряженность, обостряются всевозможные конфликты.

ки $5^\circ \times 10^\circ$ по трапеции, ограниченной $40\text{--}75^\circ$ с.ш. и $20\text{--}180^\circ$ в.д.

Оправдываемость прогнозов среднемесячных аномалий температуры в Москве за 2000–02 гг. составила 75% (примерно 9 месяцев из 12). Коэффициент корреляции между прогностической и фактической аномалиями температуры равен 0.38. Среднеквадратическая ошибка прогноза на 8% превышает естественную изменчивость температуры. Самая хорошая оправдываемость отмечается в Поволжье, Центральной России и на Северном Кавказе. Заметно хуже результаты у высокоширотных и морских станций. В целом

* Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. М., Физматлит, 2002.



Среднесуточная температура воздуха в г. Краснодаре в 2002 г. 1 – фактические значения, 2 – прогноз, составленный в декабре 2001 г.

прогнозы, по-видимому, можно считать удачными только в Первом естественном синоптическом районе (до Енисея). Для районов, расположенных восточнее, за последние 2 года получены неудовлетворительные результаты. Самые плохие прогнозы получаются в годы Эль-Ниньо (Земля и Вселенная, 2001, № 6).

ДЕСЯТИЛЕТНИЕ ФЛУКТУАЦИИ

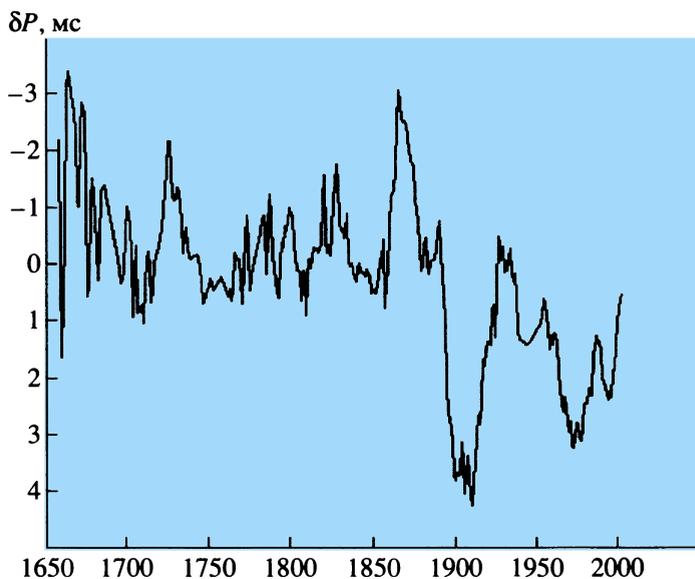
Все многообразие макросиноптических процессов в Первом естественном синоптическом районе

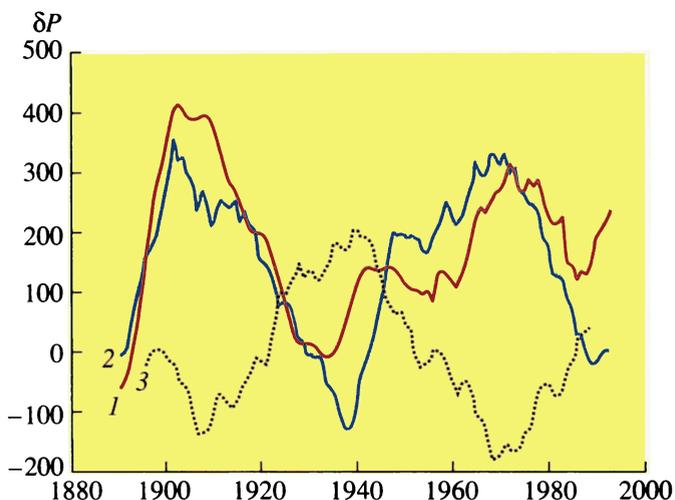
Отклонения δP длительности суток от эталонных за период 1650–2002 гг. Видны нерегулярные флуктуации скорости вращения Земли за последние 150 лет с характерным временем порядка 70 лет.

(от Гренландии до Енисея и к северу от 30° с.ш.) советский климатолог Г.Я. Вангенгейм предложил делить на три типа (или формы) атмосферной циркуляции: западную *W*, восточную *E* и меридиональную *C*. Форма *W* характеризует слабо возмущенный западно-восточный перенос в тропосфере. При форме *E* гребень повышенного давления располагается над европейской территорией

России, а ложбины пониженного давления – над Западной Европой и Западной Сибирью. Форма *C* знаменует противоположное сочетание полей давления: гребни расположены над Западной Европой и Западной Сибирью, а ложбина – над Европейской Россией.

В Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте Росгидромета создан





Отклонения δP длительности земных суток (1) изменяются синхронно с суммами аномалий годового числа дней синоптических процессов меридиональной формы S (2) и скользящих десятилетних аномалий Δt температуры воздуха Северного полушария (после исключения тренда и увеличения их в 1000 раз) (3).

каталог повторяемости (с 1891 г.) суточных форм циркуляции по Г.Я. Вангенгейму. Их анализ выявил, что в течение длительных интервалов времени (порядка 20–40 лет) преобладает та или иная форма циркуляции. Это эпохи атмосферной циркуляции. Сравнение эпох циркуляции и многолетних флуктуаций скорости вращения Земли показало, что при пониженной частоте появления процессов формы S вращение Земли ускоряется. Когда же эти процессы возникают чаще обычного, оно замедляется. Коэффициент корреляции между накопленной суммой аномалий меридиональной формы ΣS и значениями отклонений длительности суток δP равен +0.80. Было установлено, что каждому многолетнему режиму вращения Земли соответствует своя преобладающая форма атмосферной циркуляции и, следовательно, свой режим погоды в различных районах земного шара.

Установлена тесная связь между многолетними флуктуациями вращения Земли и колебаниями глобальной температуры воздуха, региональных осадков и облачности и даже с изменениями размеров улова промысловых рыб в Тихом океане.

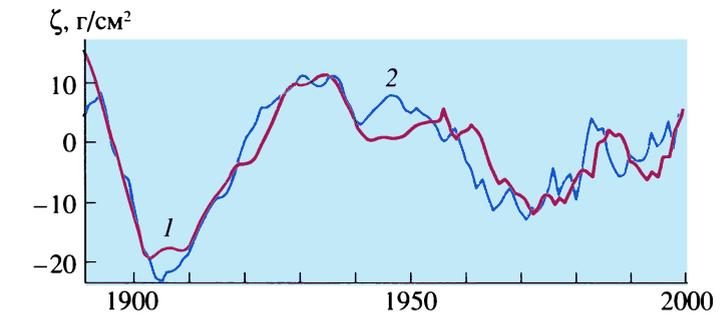
Автор нашел тесную связь многолетних флуктуаций вращения Земли с колебаниями масс ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии. Геофизики неоднократно отмечали корреляцию сейсмической активности с межгодовыми изменениями длительности суток. Известна тесная корреляция ($r = -0.93$) между изменениями скорости вращения Земли и флуктуациями скорости дрейфа экваториального магнитного диполя с характерным временем около 60 лет. Причем наступление экстремумов в скорости дрейфа экваториального диполя запаздывает приблизительно на 7 лет. Предполагается, что именно за это время маг-

нитный сигнал от ядра Земли проходит через мантию и достигает земной поверхности.

Таким образом, существуют тесные связи флуктуаций вращения Земли с колебаниями климатических, гляциологических, геофизических и геомагнитных характеристик. Флуктуации вращения Земли очень малы, они составляют миллионные доли процента от величины угловой скорости, поэтому не могут оказывать заметного влияния на земные процессы. Перечисленные выше связи возникают, вероятно, из-за того, что многолетние флуктуации вращения Земли, с одной стороны, и колебания повторяемости тех или иных форм атмосферной циркуляции, климатических параметров, масс ледниковых щитов, сейсмичности и скорости дрейфа экваториального магнитного диполя Земли, с другой, обусловлены в конечном счете общей причиной, которая одновременно влияет и на скорость вращения Земли, и на процессы в земном ядре, и на процессы в климатической системе. По видимому, это гравитационное взаимодействие Земли с Луной, Солнцем и

планетами. Помимо классических приливов притяжение Луной, Солнцем и планетами эксцентричных оболочек Земли приводит к их относительным смещениям, вынужденным перемещениям масс и в результате влияет на климатические, гляциологические, геофизические и геомагнитные процессы.

По десятилетним флуктуациям скорости вращения Земли можно следить за колебаниями климата и в какой-то степени прогнозировать их. Периоды ускорения вращения Земли (то есть уменьшения длительности суток) совпадают с эпохами отрицательных аномалий частоты появления формы C и положительных аномалий комбинированной формы $(W + E)$ атмосферной циркуляции. В эти периоды увеличивается масса льда в Антарктиде, ослабевает интенсивность зональной циркуляции, повышается темп роста температуры в Северном полушарии, преобладают положительные аномалии глобальной облачности, возрастают уловы промысловых рыб в Тихом океане. В периоды замедлений скорости вращения Земли формы атмосферной циркуляции C появляются чаще, а $(W + E)$ реже обычного, масса льда в Антарктиде уменьшается, понижается темп



роста глобальной температуры, отмечаются отрицательные аномалии глобальной облачности, снижаются от года к году уловы промысловых рыб в тихоокеанской акватории.

Ускорение вращения Земли, начавшееся в 1973 г., закончится, вероятно, в 2005–10 гг. Поэтому можно ожидать, что в ближайшие годы наступит период замедления вращения Земли и начнется новая климатическая эпоха. Это означает, что в одних районах земного шара станет теплее и суше, а в других – прохладнее и влажнее. Синоптические процессы меридиональной формы циркуляции C начнут появляться чаще, а комбинированной формы $(W + E)$ реже обычного, масса льда в Антарктиде уменьшится, замедлится темп роста глобальной температуры, возникнут отрицательные аномалии глобальной облачности, снизятся уловы промыс-

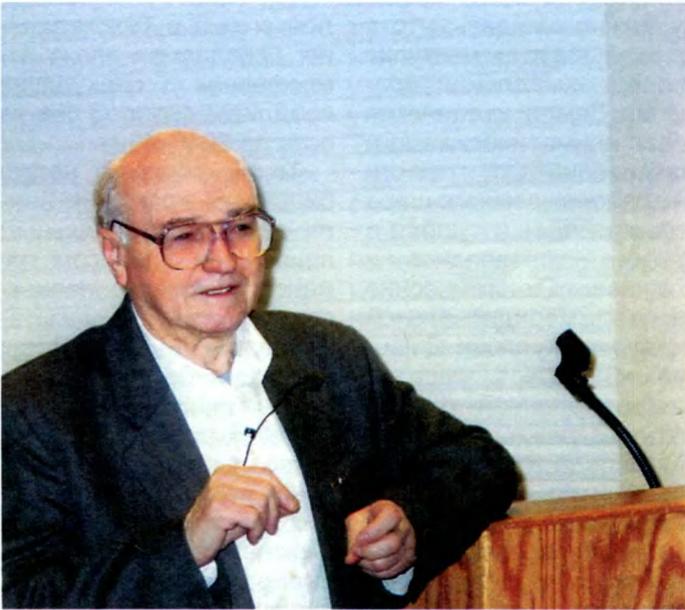
Изменение во времени отклонения удельной массы (ζ) льда в Антарктиде: 1 – величины, вычисленные по данным многолетних флуктуаций скорости вращения и векового движения полюса; 2 – эмпирические данные об атмосферных осадках (В.Н. Петров, 1975 г.; Н.Н. Брызгин, 1990 г.).

ловых рыб в Тихом океане. Ожидаемая эпоха атмосферной циркуляции продлится около 35 лет, то есть до 2040–45 гг.

Таким образом, нестабильности вращения Земли являются уникальным природным индексом изменений земных процессов в различных масштабах времени. Параметры вращения Земли определяются Международной службой вращения Земли в реальном времени с очень высокой точностью. С их помощью можно эффективно решать некоторые важные задачи различных наук о Земле.

Резонансные движения в Солнечной системе

Ю. А. РЯБОВ,
доктор физико-математических наук
Московский технический университет (МАДИ)



ских вузах с научной работой в области небесной механики, общей астрономии, дифференциальных уравнений, нелинейных колебаний, математической физики и численных методов. Он написал и опубликовал (самостоятельно и в соавторстве) 15 монографий и научно-популярных книг, более 140 научных и научно-популярных статей, учебных пособий, а также перевел ряд научных и научно-популярных английских и французских книг на русский язык.

Ю.А. Рябов – один из самых активных членов редакционной коллегии нашего журнала с начала его издания (с 1965 г.!) и является автором интересных статей.

Редколлегия, редакция и авторский коллектив журнала “Земля и Вселенная” сердечно поздравляют Юрия Александровича с юбилеем и желают ему многих лет плодотворной деятельности.

15 июня 2003 г. исполнилось 80 лет доктору физико-математических наук, заслуженному деятелю науки Российской Федерации, известному ученому в области математики и небесной механики, участнику Великой

Отечественной войны, кавалеру 2 военных орденов и 8 медалей Юрию Александровичу Рябову.

На протяжении многих лет профессор Ю.А. Рябов успешно совмещает преподавание в ведущих москов-

Автор знакомит читателей с интересной и очень сложной проблемой динамики Солнечной системы, известной как проблема *соизмеримостей, резонансов* или *малых знаменателей*, которая имеет два аспекта. Первый – практиче-

ский, подразумевающий непосредственные наблюдения, исследования реальных планетных и спутниковых систем, где выявлены соизмеримости (резонансы). Второй – теоретический, обычно связанный со сложными математичес-

кими исследованиями соответствующих дифференциальных уравнений и устойчивости движений. Рассматриваются оба аспекта проблемы, а также ряд примыкающих к ней астрономических и математических идей.

ПРОБЛЕМА
СОИЗМЕРИМОСТЕЙ
ДВИЖЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

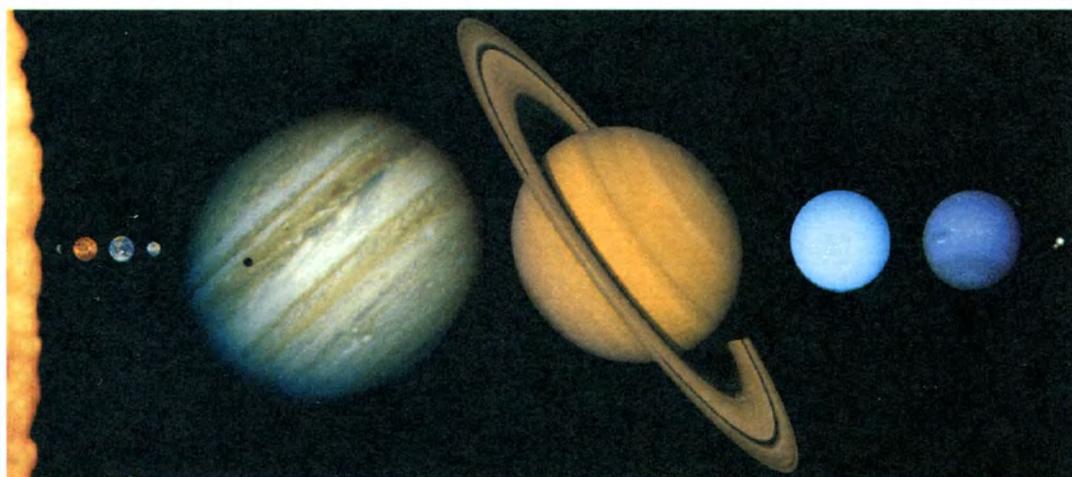
Движение каждой планеты в нашей Солнечной системе по своей орбите характеризуется, прежде всего, *средним расстоянием от Солнца* (большой полуосью орбиты a) и *периодом обращения P* вокруг Солнца или *средним угловым движением n* по орбите, равным $360^\circ/P$ градусов дуги в сутки или $1296000''/P$ секунд дуги в сутки. Если отношение n_1/n_2 средних движений двух планет или двух спутников планеты ма-

ло отличается от несократимой дроби p/q (p, q – целые числа), то математики и астрономы говорят, что приближенно имеет место **резонанс (соизмеримость вида p/q)** между движениями этих планет или спутников). Соизмеримость считается тем более *острой*, чем меньше по абсолютной величине разность $pn_2 - qn_1$. *Точная соизмеримость* будет в случае точного равенства $p/q = n_1/n_2$. Сумма $p + q$ называется *порядком соизмеримости*. Наибольшие возмущения в движениях небесных тел (отклонения

от кеплерового эллиптического движения) и наибольшие трудности при построении аналитических теорий движения планет, спутников, астероидов создаются соизмеримостями низкого порядка. Дело в том, что в таких теориях содержатся обычно суммы гармоник вида:

$$B_k \sin(k_1 n_1 + k_2 n_2) / k_1 n_1 + k_2 n_2$$

и такие же гармоники с косинусами, где k_1, k_2 – целые (положительные или отрицательные) числа, а коэффициенты B_k , как правило, тем меньше,



Планеты Солнечной системы в порядке удаления их от Солнца (от Меркурия до Плутона с Хароном). Снимки получены КТХ и АМС "Маринер-10", "Вояджер-1-2". Фото NASA.

чем больше сумма $|k_1| + |k_2|$. В случае соизмеримости вида p/q эти гармоники при $k_1 = q$, $k_2 = -p$ содержат знаменатели $qn_1 - pn_2$, $2qn_1 - 2pn_2, \dots$ (малые знаменатели), тем меньшие по абсолютной величине, чем более острой является соизмеримость.

Средние движения планет: Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера и Сатурна – были известны еще в античную эпоху. Однако первым обратил внимание на то, что отношение средних движений Юпитера и Сатурна близко к $5/2$ и этот факт играет существенную роль, знаменитый французский математик и астроном **П. Лаплас** (1749–1827) в 1789 г.

По наблюдениям, проведенным во второй половине XVIII в., средние движения Юпитера и Сатурна были равны $n_j = 299.128369''$, $n_s = 120.454645''$, отсюда

$n/n_s = 2.483328 \approx 5/2$ и $2n_j - 5n_s = -4.016503 = -0.0000194725$ радиан. Эти числа свидетельствовали о довольно острой соизмеримости.

Соответствующие гармоники для возмущений в среднем движении Юпитера и Сатурна, вычисленные П. Лапласом с этим знаменателем, имели период $2\pi/0.0000194725 \approx 322678$ сут ≈ 883 года и амплитуды $0.055''$, $0.0235''$. Без учета этих возмущений расхождения между теоретическими и наблюдаемыми положениями на небе Юпитера и Сатурна могут достигать соответственно $20'$ и $50'$. П. Лаплас исправил теорию движения Юпитера и Сатурна, учитывая указанную соизмеримость.

В дальнейшем выяснилось, что резонансы средних движений обнаруживаются в случаях других

планет, а также систем спутников планет и малых планет (астероидов). Проблема изучения и преодоления (исключение из теорий движения) соизмеримостей (или малых знаменателей) – одна из фундаментальных проблем небесной механики.

СОИЗМЕРИМОСТИ В ПЛАНЕТНОЙ И СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ

На основании данных о движении планет (таблица 1), кроме соизмеримости для Юпитера и Сатурна, рассчитаем еще три соизмеримости:

$$n(\text{Юпитера}) / n(\text{Урана}) = \frac{n_5}{n_7} = \frac{299.128}{42.231} = 7.0831 \approx \frac{7}{1};$$

$$n(\text{Урана}) / n(\text{Нептуна}) = \frac{n_7}{n_8} = \frac{42.231}{21.535} = 1.961 \approx \frac{2}{1};$$

Таблица 1

Параметры движения планет

№ (k)	Название планеты	Среднее расстояние a (а. е.)	Среднее движение (n'')	Период P (сут)	$\frac{n_k}{n_5}$ (наблюдения)	$\frac{n_k}{n_5}$ (теория)	$\frac{\Delta n_k}{n_k}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Меркурий	0.3870989	14732.420	87.970	49.2512	49.0809	0.0035
2	Венера	0.7233379	5767.670	224.701	19.2816	19.2095	0.0037
3	Земля	0.9999814	3548.193	365.256	11.8618	11.8286	0.0028
4	Марс	1.5223675	1886.518	686.980	6.3067	6.2857	0.0033
5	Юпитер	5.2039966	299.128	4332.59	1	1	0
6	Сатурн	9.5819500	120.455	10759.20	0.40269	0.400	0.0067
7	Уран	19.2474535	42.231	30685	0.14118	0.14286	0.0119
8	Нептун	30.141182	21.535	60131	0.071993	0.071428	0.0078
9	Плутон	39.301028	14.209	91209	0.047501	0.047619	0.0025

Примечание. Параметры движения планет указаны по данным на 1999 г. (графы 3–5). Соизмеримости средних движений планет со средним движением Юпитера получены из наблюдений (графа 6) и теоретически (графа 7). За единицы времени приняты эфемеридные сутки и юлианский год, содержащий 365.25 эфемеридных суток. Единицей расстояния является астрономическая единица (а. е.), равная 149597872 км.

Параметры движения спутников планет

№ (к)	Название спутника	Среднее расстояние a (тыс. км)	Среднее движение n^p	Период P (сут)	$\frac{n_k}{n_5}$ (набл.)	$\frac{n_k}{n_5}$ (теория)	$\frac{\Delta n_k}{n_k}$
<i>Спутники Юпитера</i>							
1	Ио	421.8	203.4889	1.76914	4.0441	4.000	0.0109
2	Европа	671.4	101.3747	3.55118	2.0147	2.000	0.0073
3	Ганимед	1071	50.3176	7.15455	1	1	0
4	Каллисто	1884	21.5711	16.68902	0.42870	0.4285	0.0005
<i>Спутники Сатурна</i>							
1	Мимас	185.7	381.995	0.942422	16.9296	16.8	0.0071
2	Энцелад	238.2	262.732	1.370218	11.6372	11.6	0.0032
3	Тетфия	294.8	190.698	1.887802	8.4466	8.5	0.0055
4	Диона	377.7	131.535	2.736916	5.8261	5.8	0.0045
5	Рея	527.5	79.6900	4.517503	3.5297	3.5	0.0084
6	Титан	1223	22.5770	15.945452	1	1	0
7	Гиперион	1484	16.9999	21.276665	0.79443	0.75	0.0008
8	Япет	3563	4.5380	79.33082	0.20100	0.2	0.0050
<i>Спутники Урана</i>							
1	Миранда	130.1	254.597	1.414	6.15691	6.545	0.0630
2	Ариэль	191.8	142.836	2.52038	3.45420	3.454	0.0001
3	Умбриэль	267.3	86.8688	4.14418	2.10075	2.091	0.0046
4	Титания	438.7	41.3514	8.70588	1	1	0
5	Оберон	586.6	26.7394	13.46326	0.646638	0.6364	0.0158

Примечание. a – расстояние спутника от центра своей орбиты в тыс. км, P – период обращения в эфемеридных сутках, n^p – среднее угловое движение по орбите в градусах за сутки.

$$n(\text{Урана}) / n(\text{Плутона}) = \frac{n_7}{n_9} = \frac{42.231}{14.209} = 2.9721 \approx \frac{3}{1}n.$$

Разности $2n_5 - 5n_6$, $n_5 - 7n_7$, $n_7 - 2n_8$, $n_7 - 3n_9$ равны $-4.019''$, $3.511''$, $-0.839''$, $-0.396''$, так что последние три соизмеримости даже более острые, чем для Юпитера и Сатурна. Детальный анализ позволяет обнаружить кратные резонансы, при которых оказываются малыми линейные комбинации средних движений нескольких планет (с целыми коэффициентами):

$$\begin{aligned} n_1 - n_2 - 2n_3 - n_4 + n_8 &= 3.381'' \text{ (пятичастотный резонанс);} \\ n_2 - 3n_4 - n_6 + n_9 &= 1.870'' \text{ (четырёхчастотный резонанс);} \\ n_4 - 6n_5 - 2n_7 &= 7.288'' \text{ (трехчастотный резонанс);} \\ n_3 - 2n_4 + n_5 - n_6 + n_7 &= -3.939'' \text{ (пятичастотный резонанс).} \end{aligned}$$

Средние движения n вдоль орбиты называют также *частотами*. Итак, в Солнечной системе, в которую входят девять планет, есть восемь достаточно острых резонансных соотношений.

Анализ *спутниковых систем* Юпитера, Сатурна и

Урана показывает, что и в этих системах наблюдаются различные соизмеримости средних движений (таблица 2):

– для галилеевых спутников Юпитера

$$\begin{aligned} n_1 - 3n_2 + 2n_3 &= 0.000000^\circ, \\ n_1 - 2n_2 &= 0.7395^\circ, \\ n_2 - 2n_3 &= 0.7395^\circ, \\ -3n_3 + 7n_4 &= 0.0449^\circ \end{aligned}$$

(заметим, что третье соотношение следует из двух первых);

– для спутников Сатурна

$$n_1 - 2n_3 = 0.599^\circ,$$

$$\begin{aligned}
 n_2 - 2n_4 &= -0.338^\circ, \\
 n_3 - 2n_5 - n_6 - 2n_8 &= -0.3350^\circ, \\
 n_4 - 2n_5 + n_6 + n_8 &= -0.7300^\circ, \\
 n_5 - 2n_6 - 2n_7 &= 0.6962^\circ, \\
 3n_6 - 4n_7 &= 0.0514^\circ, \\
 n_6 - 5n_8 &= -0.1130^\circ,
 \end{aligned}$$

– для спутников Урана

$$\begin{aligned}
 n_2 - n_3 - 2n_4 + n_5 &= 0.0038^\circ, \\
 2n_3 - n_4 - 5n_5 &= -1.3108^\circ, \\
 n_3 - 4n_4 + 3n_5 &= 1.6814^\circ, \\
 n_3 - 2n_4 &= 4.1660^\circ.
 \end{aligned}$$

Особого внимания заслуживает трехчастотный резонанс между средними движениями спутников Ио, Европа и Ганимед. И на эту почти точную соизмеримость впервые указал П. Лаплас. Прошло уже почти 400 лет после открытия этих спутников Г. Галилеем, но такое их движение сохраняет удивительную устойчивость.

Итак, если в XVIII в. соизмеримости средних движений планет и спутников представлялись как особые случаи, то в настоящее время такие резонансы выглядят как распространенное, закономерное явление. Существует теория, согласно которой гравитационная эволюция систем планетного типа направлена именно к возникновению резонансной структуры. Исходя из этого и был выдвинут **принцип наименьшего взаимодействия**. В соответствии с этим принципом система N планет или спутников с точечными массами, притягивающими друг друга по закону Ньютона, эволюционирует так, что система стремится к конфигурации, для которой временное среднее от возму-

щающей функции вдоль траекторий движения имеет минимальное значение. Конфигурация же наименьшего взаимодействия соответствует именно определенным соизмеримостям между средними движениями.

Известный современный математик **А. Молчанов** предложил принцип достижения **максимально резонансной структуры**, основываясь на математическом анализе так называемых *резонансных зон гамильтоновых систем* дифференциальных уравнений (Icarus, 1968, 8, № 2). Согласно этому принципу, система планетного или спутникового типа из N тел приобретает в ходе гравитационной эволюции $(N - 1)$ резонансных соотношений. Выполнение этого условия говорит о более поздней стадии эволюции данной системы. Примером максимально резонансной структуры служит система галилеевых спутников Юпитера.

Вернемся к таблице 1. В графе 6 даны отношения средних движений планет к среднему движению наиболее крупной планеты – Юпитера. В графе 7 – вычисленные теоретические отношения, при которых все 8 резонансных соотношений выполняются точно. В 8-й выписаны относительные поправки, на которые теоретические отношения отличаются от фактических (полученных из наблюдений). Видно, что эти поправки достаточно малы, и предположение, что в процессе эволюции планетной системы

они будут стремиться к нулю, выглядит правдоподобно. Справедливость этого мнения подтверждает анализ данных движений спутников планет (таблица 2), вычисления таких же поправок для них приводит к аналогичным результатам.

В 1970 г. английский астроном **Дж. Хиллз** опубликовал результаты проведенного им численного моделирования (Nature, № 225. М. Ньюто; “Закон Тициуса – Бодде”. М., Мир, 1976). Он рассматривал три плоские системы из трех, четырех и шести массивных точечных планет на произвольных начальных расстояниях и с произвольными начальными скоростями. Численное интегрирование проводилось на интервале времени длиной в 10^3 – 10^4 лет. На конце этого интервала проявлялась тенденция к устойчивой конфигурации с определенными соотношениями между средними расстояниями от центра и между периодами обращения.

Эти результаты весьма интересны, но, конечно, их надо рассматривать как предварительные.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЛАНЕТНЫХ РАССТОЯНИЙ

Резонансные соотношения в планетной и спутниковых системах связаны со средними расстояниями планет и спутников от центров своих орбит, поскольку отношения квадратов периодов обращения небесных тел пропорциональны отношениям кубов

Приближенные значения средних расстояний планет от центров орбит, вычисленные из наблюдений и по правилу Тициуса–Боде (единица масштаба равна 10)

Планеты	n	Средние расстояния	
		по наблюдениям	по Тициусу–Боде
Меркурий	$-\infty$	3.9	4
Венера	0	7.2	7
Земля	1	10.0	10
Марс	2	15.2	16
	3		
Юпитер	4	52.0	52
Сатурн	5	95.5	100

Примечание. Пустая строка, где $n = 3$, показывает, что между Марсом и Юпитером должна быть планета.

больших полуосей их орбит (третий закон Кеплера):

$$\frac{P_1^2}{P_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Датский астроном **М. Ньето** подробно изложил историю открытия в 1766 г. закона планетных расстояний немецким профессором естествознания **Иоганном Тициусом** (1729–1796) из университета г. Виттенберг, а также его дальнейшие модификации и гипотезы происхождения.

Оригинальный закон, названный в дальнейшем правилом – законом Тициуса–Боде (**Иоганн Элерт Боде** (1747–1826) – всемирно известный в те времена астроном, активный глашатай этого закона), определяет приближенно радиусы планетных орбит от Меркурия до Сатурна по формуле:

$$r_n = 4 + 3 \cdot 2^n,$$

где $n = -\infty$ для Меркурия, $n = 0, 1, 2$ для Венеры, Земли, Марса и $n = 4, 5$ для Юпитера и Сатурна (при единице масштаба, равной 10, то есть расстояние от Земли до Солнца принимается за 10). Сравнение расстояний, полученных из наблюдений и вычисленных по этой формуле, даны в таблице 3.

В 1781 г. английский астроном **В. Гершель** (1738–1822) открыл небесный объект, который оказался планетой со средним расстоянием от Солнца 191.8 (единица масштаба = 10). Название планеты – Уран – предложил Боде. Отклонение данного расстояния от величины $r_6 = 4 + 3 \times 2^6 = 196$, соответствующей правилу Тициуса–Боде, составляло менее 2%. Это вселило в Боде уверенность в справедливости правила и в возможности существования между Марсом и Юпитером планеты (обратите внимание на то,

что при $n = 3$ в таблице 3 пустое место!).

В 1801 г. было открыто сравнительно небольшое небесное тело со средним расстоянием от Солнца 27.67 – Церера, а в 1802 г. еще одно – со средним расстоянием 27.77 – Паллада. Эти небесные тела стали называть *малыми планетами*. Астроном **Г. Ольберс** (1758–1840) высказал гипотезу, что существует множество малых планет, которые представляют собой осколки разрушившейся большой планеты. Вскоре действительно были открыты другие малые планеты (прежде всего Юнона и Веста). Перед глазами астрономов предстал **пояс малых планет (астероидов)**. Мы возвратимся к системе малых планет несколько позже, а сейчас продолжим анализ планетной системы.

К семи планетам, известным до XIX в., включая Уран, открытый Гершелем



Первый снимок астероида, полученный с близкого расстояния. Астероид (951) Гаспра. Октябрь 1991 г. АМС "Галилей". Фото NASA.

в 1781 г., добавились еще Нептун и Плутон (открытые в 1846 и 1930 гг.). По формуле Тициуса–Боде, их теоретические средние расстояния от Солнца равны $r_7 = 4 + 3 \times 2^7 = 388$, $r_8 = 4 + 3 \times 2^8 = 772$, а фактические средние расстояния – 301 и 393. Мнения астрономов по поводу справедливости, значимости и физического смысла правила Тициуса–Боде суще-

ственно разошлись. Но позднее был разработан ряд модификаций этого правила, в работах английского астронома **Мэри Блэгг** (1913 г.) и американского астронома **Д. Ричардсона** (1945 г.). Они построили эмпирические формулы, выражающие весьма точно все средние расстояния как в планетной, так и в спутниковых системах (таблица 4).

Заметим, что Плутон был открыт позже публикации статьи М. Блэгг, но его среднее расстояние было предсказано довольно точно.

Расчеты для средних расстояний спутников в системах Юпитера, Сатурна и Урана с помощью тех же формул, что и для планет, но с другими параметрами, также показывают хорошее совпадение теоретических и фактических величин.

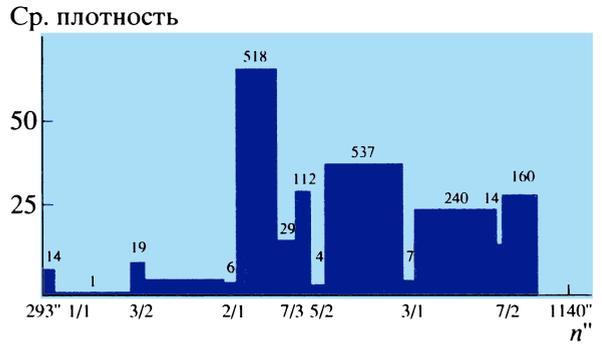
Формула М. Блэгг и Д. Ричардсона точно описывает соизмеримости средних движений в планетной и спутниковых системах. Формулы представляют собой геометрическую прогрессию со знаменателем, близким к 1.73, умноженную на некоторую периодическую функцию. Эту функцию М. Ньюто называет "эволюционной" и предполагает, что именно она ответственна за соизмеримости, возникшие в процессе эволюции планетной и спутниковых систем в результате действия гравитационных сил и сил приливного трения. Согласно ряду теорий о происхождении Солнечной системы, ее история разделяется на *агрегационный* и *планетный периоды*. В течение первого периода сконденсировавшиеся глыбы камня и льда медленно соединяются друг с другом и образуют

Средние расстояния планет от Солнца (по Блэгг и Ричардсону)

Таблица 4

Название планеты	Фактическое расстояние (а. е.)	Закон Блэгг	Закон Ричардсона
Меркурий	0.387	0.387	0.387
Венера	0.723	0.723	0.724
Земля	1.000	1.000	0.999
Марс	1.522	1.524	1.525
Церера	2.77	2.77	2.87
Юпитер	5.204	5.200	5.194
Сатурн	9.582	9.550	9.505
Уран	19.25	19.23	19.210
Нептун	30.14	30.13	30.300
Плутон	39.30	41.8	41.833

Диаграмма средней плотности малых планет в интервале от 293" до 1140". Участки с минимумом количества астероидов – "люки Кирквуда". Максимумы плотности астероидов – "сгущения".



более крупные планеты. В течение следующего периода планеты уже существуют как самостоятельные тела, но незначительная аккреция продолжается, и эволюция планетной системы происходит главным образом за счет гравитационных и приливных сил (Земля и Вселенная, 2002, № 2). В эволюции спутниковых систем предполагаются аналогичные периоды.

Следует произвести численные расчеты эволюции плоской, а затем и пространственной модели Солнечной системы с фактическими массами планет (или пропорциональными фактическим) на интервале времени, близком к реальному возрасту Солнечной системы. Может оказаться, что эта модель будет эволюционировать от заданного начального распределения расстояний, соответствующего геометрической прогрессии со знаменателем 1.73, до близкого к нынешнему распределению. Тогда справедлив вывод о гравитационном происхождении эволюционной функции в формуле Тициуса–Боде. Но если модель эволюционирует к нынешнему распределению расстояний от произвольного начального распределения, то справед-

лив вывод о гравитационном происхождении полной формулы Тициуса–Боде. Не исключается, конечно, и отрицательный результат, когда эта модель не будет эволюционировать описанным путем. Тогда возможно, что более обнадеживающий результат будет получен после включения в данную модель действия приливных сил.

СОИЗМЕРИМОСТИ В ПОЯСЕ МАЛЫХ ПЛАНЕТ

Проблема соизмеримостей возникает также при анализе орбит малых планет (астероидов), образующих, как мы упоминали выше, пояс между орбитами Марса и Юпитера. К 1969 г. сборник "Эфемериды малых планет" (Институт Теоретической астрономии, Ленинград) содержал данные о 1734 астероидах (нумерованных и с известными элементами орбит). К 1982 г. уже были данные о 3964, к 1999 г. – о 8058, а в настоящее время сообщается об открытии около 50 тысяч малых планет.

Малые планеты представляют астрономам и математикам богатейший

материал для исследований. В частности, интересна проблема соизмеримостей их средних движений.

Еще в 1867 г. американский астроном **Д. Кирквуд** обнаружил в диаграмме распределения малых планет по среднему движению пустые места, то есть отсутствие или очень малое количество астероидов со средними движениями, соизмеримыми с Юпитерианским в отношениях 3:1, 2:1. Эти пустоты назвали "люки Кирквуда". В дальнейшем были обнаружены другие интервалы малой плотности, соответствующие соизмеримостям 5:2, 7:3, 4:1, 7:2, а также "сгущения", соответствующие соизмеримостям 1:1, 3:2 (группа "тройнецов" и группа, названная по имени малой планеты Гильда).

Анализ средних движений 3964 малых планет, проведенный С. Журавлевым в 1982 г., подтверждает результаты Д. Кирквуда. Современные количественные данные совсем другие, например, малых планет группы Гильда – более 60, а "тройнецов" – более 1500.

В небесной механике вопрос о происхождении

“люков” и “сгущений” обсуждается уже давно, и его считают почти решенным. В отличие от задачи многих тел, какой является задача о движениях планетной системы или спутниковой системы в целом, мы имеем в случае системы Солнце–Юпитер–малая планета ограниченную задачу трех тел, с возможным учетом влияния Сатурна и Марса. Она все же проще задачи многих тел, хотя также достаточно сложна.

Известные математики и астрономы получили важные результаты при анализе соизмеримостей в ограниченной задаче трех тел. Общий смысл результатов примерно таков: орбиты с соизмеримостями 4:1, 2:1, 3:1, 5:2, 7:3, 7:2 неустойчивы, причем может значительно возрасти эксцентриситет орбиты астероида. Это приводит к пересечению орбит малой планеты и Марса и в конце концов к ее сближению с Марсом. Далее Марс как бы “выкидывает” эту малую планету с резонансной орбиты. Одни авторы оценивают временные интервалы такой эволюции в миллионы лет, другие – в тысячи. Движения с остальными соизмеримостями, в частности 3:2, оцениваются в

указанных исследованиях как устойчивые, что соответствует наблюдениям.

Многое еще неизвестно, в частности, выводы относительно устойчивости движений с одинаковыми соизмеримостями в случаях пояса малых планет и систем планет и спутников противоречат друг другу. Действительно, в системах спутников и планет имеется много резонансов, в том числе парных вида 2:1. Считается, что они не только не разрушаются, но, наоборот, испытывают тенденцию к упрочению. Между тем такие же соизмеримости в поясе малых планет рассматриваются как неустойчивые, разрушающиеся. Поэтому вполне перспективны дальнейшие исследования, особенно с помощью численных моделей.

Заметим, что мы оставили в стороне вопрос о соизмеримостях между орбитальным движением планет и их вращением вокруг своей оси. Самой наглядной является соизмеримость 1:1 между периодом обращения и вращения Луны. Наблюдения Меркурия показали, что период его вращения равен 58.6 сут – почти 2/3 орбитального периода 87.97 сут. Венера вращается в обратном на-

правлении так, что в каждом нижнем соединении с Землей она обращена к ней одной и той же точкой своей поверхности. Между периодом $T = 243.16$ сут вращения Венеры, орбитальным периодом Земли $P_0 = 365.256$ сут и орбитальным периодом Венеры $P_1 = 224.701$ сут существует почти точное соотношение:

$$\frac{1}{T} = \frac{4}{P_1} - \frac{5}{P_0}.$$

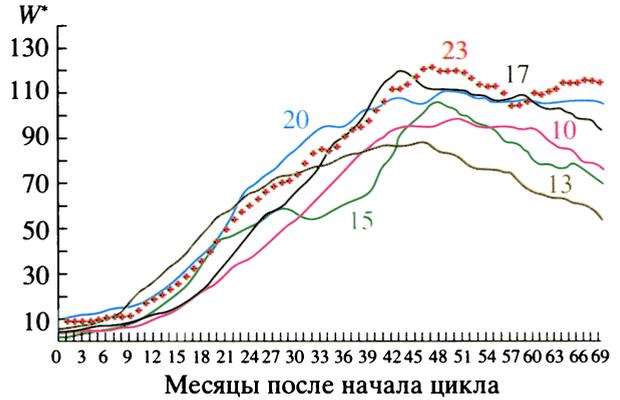
Эти резонансы возникли в основном благодаря приливному трению.

Таким образом, наблюдательные данные о движениях многочисленных небесных тел Солнечной системы свидетельствуют о том, что проявляется тенденция к образованию динамических резонансных структур. Причины возникновения таких структур и их эволюция все же не вполне объяснимы с точки зрения небесной механики и теории происхождения Солнечной системы. Мы полагаем, что описанные в статье резонансные движения останутся еще долго в программах астрономических и математических исследований.

Солнце в апреле–мае 2003 г.

Солнечная активность в последние месяцы весны 2003 г. после резкого подъема в конце марта снова снизилась. Значения относительного числа солнечных пятен $W_{\text{апр}} = 60.0$ и $W_{\text{май}} = 55.2$. В июле 2002 г. текущий солнечный цикл вошел в фазу спада. Напомним, что максимум текущего солнечного цикла наступил в апреле 2000 г. ($W_{\text{max}} = 121.7$, $F_{10\text{см}} = 181$), вторичный максимум* – в ноябре 2001 г. ($W^* = 115.6$, $F_{10\text{см}} = 193.6$) (Земля и Вселенная, 2003, №№ 2–4).

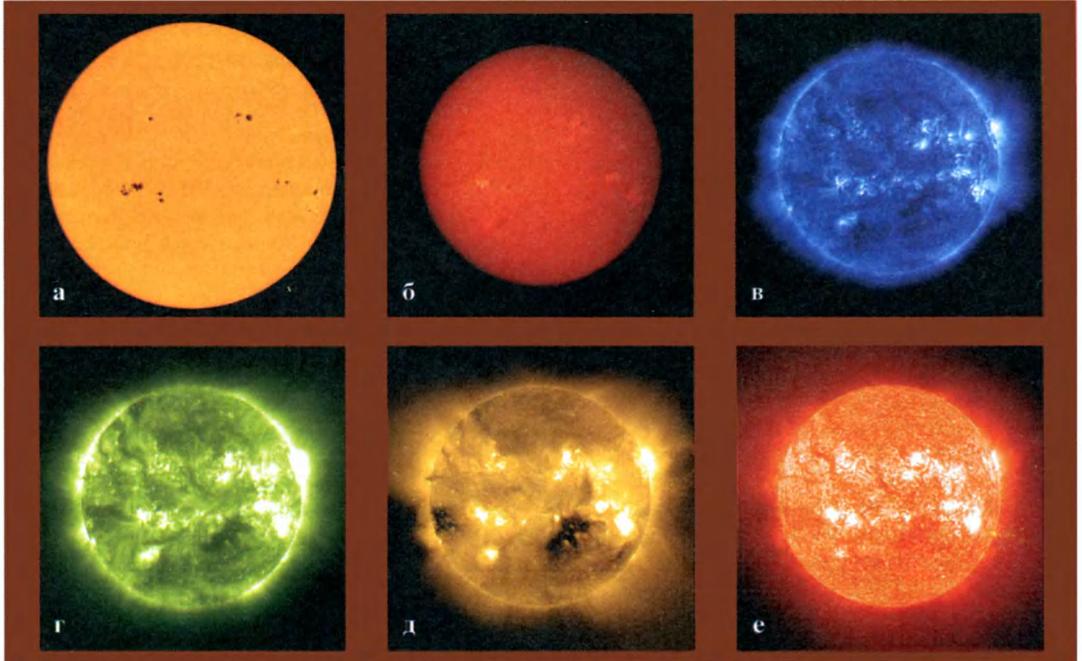
В апреле 2003 г. пятнообразовательная активность Солнца



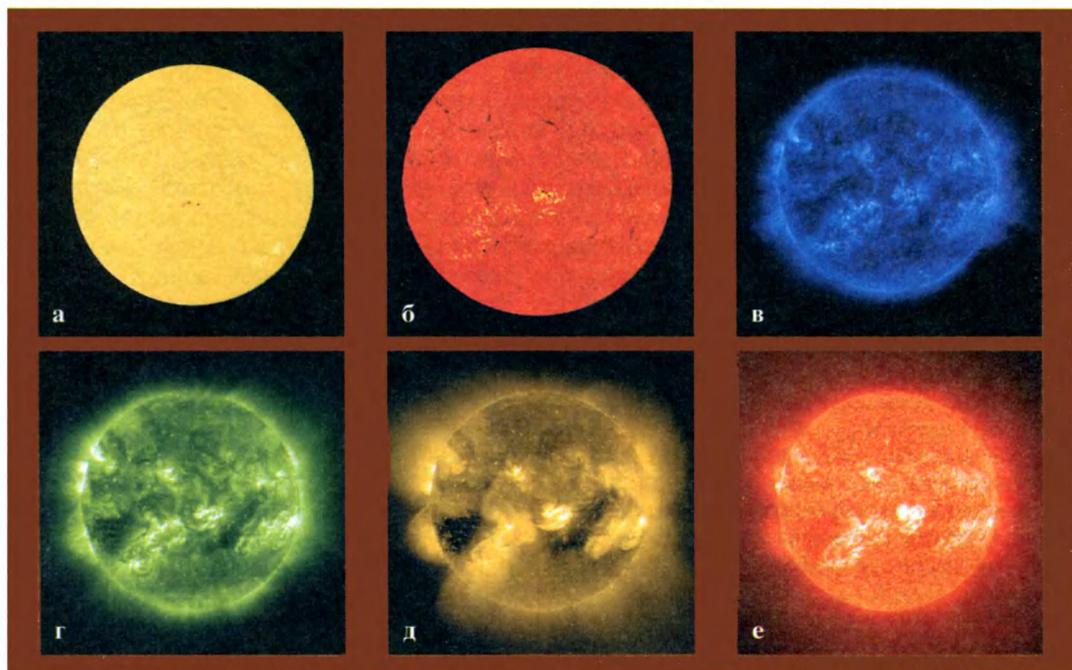
Ход развития (78 месяцев) текущего 23-го цикла солнечной активности среди аналогичных циклов. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.

в первой декаде была на среднем уровне, далее менялась от низкого уровня во второй декаде до высокого в последние дни месяца. Максимальное относительное число пятен ($W = 112$) наблюдалось 29 апреля, а ми-

нимальное ($W = 16$) – 16 апреля. На видимом диске Солнца постоянно отмечалось от 3 до 11 групп солнечных пятен. Вспышечная активность была низкой до третьей декады апреля (вспышки средних баллов



Вид Солнца 29.04.2003 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, д, е) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 171\text{\AA}$, 195\AA , 284\AA , 304\AA ("SOHO").



Вид Солнца 26.05.2003 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, д, е) в линиях крайнего ультрафиолета $\lambda = 171\text{\AA}$, 195\AA , 304\AA ("SOHO").

Источник снимков: Интернет, страница Службы Солнца (www.sec.noaa.gov).

зафиксированы только 4, 9 и 18 апреля). С 21 апреля повысилась вспышечная активность в группе пятен Северного полушария. За семь дней в этой области произошли две большие вспышки (23 и 24 апреля) и восемь вспышек средних баллов. Всего за месяц зарегистрировано 13 вспышек рентгеновского балла М (Земля и Вселенная, 2001, № 2) и 14 выбросов солнечных волокон. Геомагнитная обстановка была возмущенной почти весь апрель (27 суток) преимущественно из-за рекуррентных высокоскоростных потоков солнечного ветра от корональных дыр. Малые магнитные бури зафиксированы 2,

4, 16, 17, 24, 25 апреля и с 29 апреля по 1 мая. В околоземном космическом пространстве на геостационарных орбитах в течение 27 суток отмечался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В первые пять суток мая пятнообразовательная активность Солнца держалась на высоком уровне, к 13 мая резко упала до низкого, а во второй половине месяца оставалась на среднем. Наибольшее относительное число пятен ($W = 99$) наблюдалось 1 мая, а наименьшее ($W = 17$) – 10 мая. Во вспышечном отношении последний месяц весны был спокойным: всего одна вспышка сред-

него балла (2 мая). Кроме того, в мае произошло 16 выбросов солнечных волокон. Количество корональных дыр практически не уменьшилось. В околоземном космическом пространстве зафиксировано 17 возмущенных дней, порог малой геомагнитной бури был превышен 1, 6–10, 13–15, 21, 22, 24 и 25 мая. 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

Последний запуск носителя “Ариан-4”

15 февраля 2003 г. с космодрома в Куру (Французская Гвиана) произведен последний запуск европейской РН “Ариан-4” (вариант “Ariane-44L”). Носитель успешно вывел на геостационарную орбиту спутник связи “Интелсат-9” массой 4685 кг. Это **158-й старт** ракеты-носителя семейства “Ариан” (“Ariane”) и **116-й** данного типа (“Ariane-4”). Закрыта страница истории одного из наиболее успешных коммерческих космических транспортных средств в связи с переходом на новый носитель “Ариан-5”.

В свое время европейская РН “Ariane” продолжила опыт разработки носителя среднего класса по французскому проекту “Europa-3” (1972–73 гг.). 24 декабря 1979 г. стартом “Ariane-1” с Гвианского космического центра началась эксплуатация РН семейства “Ariane”. В 1980 г. для производства, запуска и коммерческого использования дан-

Один из первых запусков РН “Ariane-5” с третьего стартового комплекса. Фото Arianespace.



Ночной старт РН “Ariane-4” с космодрома в Куру. Фото Arianespace.



ного носителя была создана европейская компания Arianespace, включающая 48 организаций – акционеров из 11 европейских стран. “Ariane-1” имела стартовую массу 245.9 т (максимальная масса полезной нагрузки при выведении на геостационарную орбиту – 1.7 т), тогда как “Ariane-4” – 437.7 т, что позволило увеличить массу ИСЗ в три раза (до 5 т). Создано 6 вариантов РН “Ariane-4”: базовая “Ariane-40” (7 запусков, или 6% от общего числа стартов), с двумя стартовыми ускорителями “Ariane-42P” (15, 13%), с четырьмя твердотопливными ускорителями “Ariane-44P” (15, 13%), с двумя жидкостными стартовыми ускорителями “Ariane-42L”

(13, 11%), с двумя твердотопливными и двумя жидкостными ускорителями “Ariane-44LP” (26, 22%) и с четырьмя жидкостными стартовыми ускорителями “Ariane-44L” (40, 35%). Всего выполнено 116 пусков, из них лишь три завершились авариями (22 февраля 1990 г., 24 января и 1 декабря 1994 г.). Тем не менее надежность носителя достигла 97.4%. Новый носитель обошелся в 476 млн. долларов. В Куру построили второй стартовый комплекс для запусков “Ariane-4”. Первый испытательный пуск “Ariane-3” состоялся 28 марта 1986 г., первый эксплуатационный старт “Ariane-4” – **15 июля 1988 г.** В течение 15 лет этот носитель вывел на орбиты 182 КА с об-

щей массой более 400 т. В рамках программы было подписано более 150 контрактов с 60 клиентами.

Компания Arianespace теперь полностью переключается на запуски с третьей стартовой площадки в Куру РН “Ariane-5” (первый запуск в 1996 г.), способной выводить на орбиту КА до 10 т. Однако новый носитель не может похвастаться столь же высокой надежностью, как “Ariane-4”. Первый старт был аварийным, из 14 последующих – четыре неудачные. По планам в 2003 г. будет выполнено 4–5 запусков “Ariane-5” с 8 КА. В этом году уже состоялся успешный старт “Ariane-5”.

По материалам Arianespace и ESA

Современная астрометрия

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

В начале 60-х гг., когда автор был молодым специалистом, среди астрономов нередко слышались высказывания вроде: “Астрометрия? Да там нет никакого прогресса, только рутинная работа”. С тех пор прошло 40 лет. Научно-техническая революция вывела этот старейший раздел астрономии из кризиса. Теперь астрометрия является одной из быстро развивающихся областей астрономии, можно даже говорить о революции в астрометрии. В этой статье мы опишем современные задачи астрометрии и наиболее впечатляющие достижения.



ЗАДАЧИ АСТРОМЕТРИИ

Люди, хоть немного интересующиеся астрономией, знают, что небесные тела находятся в движении. Первые вопросы, которые возникают при изучении небесного тела: где оно находится и как движется? Выражаясь научным языком, мы спросим: каковы вектор положения и вектор скорости небесного тела? Если они изве-

стны, мы можем определить его абсолютную светимость; где оно находится: в Солнечной системе, в Галактике или за ее пределами; к какому семейству небесных тел принадлежит; каковы его масса и возраст; есть ли около него невидимые спутники, и узнать множество других важных и интересных сведений. Сейчас актуальны и более фундаментальные вопросы, например

каковы объем Вселенной, ее масса и возраст? Ответа на эти и множество других вопросов мы не найдем, если не будем знать векторов положения и скорости небесных тел.

В теоретических исследованиях используются прямоугольные (декартовы) координаты. Это координаты x , y , z и компоненты вектора скорости v_x , v_y , v_z , всего шесть чисел. Из наблюдений определя-

ются другие шесть чисел: сферические координаты на небе (прямое восхождение и склонение), параллакс (эквивалент расстояния), собственные движения по прямому восхождению и склонению, а также лучевая скорость. Они связаны с декартовыми координатами простыми формулами и называются *астрометрическими параметрами* какого-либо тела. Лучевая скорость определяется по спектрам, и поэтому не всегда ее относят к астрометрическим параметрам.

Как известно, все движения относительны. Какие тела выбрать в качестве начала отсчета? Каким способом "привязать" к ним систему координат? На эти вопросы отвечает раздел астрономии, который называется **фундаментальной астрометрией**. Итак, задача фундаментальной астрометрии – установить небесную систему координат, а для этого надо выбрать небесные тела, которые будут служить началом отсчета.

Но как использовать установленную систему координат? Как решить задачу, которая встает перед большинством астрономов: узнать, где находятся изучаемые объекты и как они движутся? Какие наблюдения надо провести для решения этой задачи? Как из проведенных наблюдений получить небесные координаты и их изменения со временем? Какова точность полученных результатов? На эти вопросы отвечает раздел астрометрии, который мы

назовем **практической астрометрией**.

К сожалению, в астрономии нельзя обойтись одной системой координат. Например, если наблюдения проводятся с Земли, телескоп движется вместе с Землей. Значит, для приведения непосредственно измеренных координат к стандартной системе требуется знать движение Земли, в частности ее суточное вращение. Поэтому изучение вращения Земли также считается частью астрометрии.

АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Любое наблюдение звезды, которую мы будем рассматривать как точечный источник света, может преследовать только простые цели:

- сосчитать кванты света, приходящие от звезды за единицу времени на единицу площади;
- определить их распределение по длинам волн;
- указать, с какого направления эти кванты пришли.

Кроме того, можно определить степень поляризации света звезды. Первая цель на языке астрономов звучит так: "измерить звездную величину", вторая – "определить спектр звезды", а третья – "измерить небесные координаты звезды". Существовало даже разделение труда: среди астрономов были астрометристы, фотометристы, спектроскописты. В последнее время благодаря появлению новых, более универсальных, приемни-

ков света, это разделение медленно исчезает.

Для определения астрометрических параметров небесных тел необходимы первые три измерения? От чего зависит их точность? Сейчас мы покажем, что она зависит только от количества собранных квантов света и диаметра объектива телескопа (D). Читатель может поверить нам на слово, что точность других данных обусловлена теми же параметрами.

Любая оптическая система строит изображение светящейся точки не в виде точки, а в виде некоторого пятна со сложным распределением освещенности. Это явление называется дифракцией. Если объектив телескопа круглый, то пятно представляет собой светлый диск, окруженный светлыми кольцами. Число этих колец теоретически бесконечно велико, но их яркость быстро убывает по мере увеличения расстояния от центра. Угловой радиус дифракционного диска вычисляется по формуле $r = 13.8''/D$ (см). Эта формула выведена для света с длиной волны 550 нм, к которому человеческий глаз наиболее чувствителен. Чем больше диаметр объектива, тем меньше дифракционный диск. Радиус дифракционного диска принимается за разрешающую силу телескопа.

Выше мы говорили о квантах, частицах света. Если рассматривать свет как поток квантов, то дифракционная картина представляет собой распределение вероятностей,

Теоретически возможная точность астрометрических наблюдений

Звездная величина	$D = 20 \text{ см}$		$D = 100 \text{ см}$	
	N_q	σ''	N_q	σ''
0	$3.2 \cdot 10^9$	0.000012	$8.0 \cdot 10^{10}$	0.0000005
5	$3.2 \cdot 10^7$	0.000122	$8.0 \cdot 10^8$	0.000005
10	$3.2 \cdot 10^5$	0.001217	$8.0 \cdot 10^6$	0.000049
15	$3.2 \cdot 10^3$	0.012173	$8.0 \cdot 10^4$	0.000487
20	$3.2 \cdot 10^1$	0.121728	$8.0 \cdot 10^2$	0.004869

с которой кванты попадают в то или иное место. Например, если пришел только один квант, то вероятность, что он попадет в дифракционный диск, а не в кольца, составляет 84%.

Введем упрощения. Пренебрежем кольцами и будем считать, что эта вероятность равна 100%. Мы будем также считать, что распределение интенсивности света (т.е. вероятности попадания кванта) внутри дифракционного диска – равномерное. Примем также, что направление, в котором видна звезда, – это центр дифракционного диска.

Предположим теперь, что у нас есть приемник света, который позволяет узнать, в какое именно место попал квант света, т.е. определить координаты x , y этого места. Если мы имеем один квант, то, при наших допущениях, с вероятностью 100% он попал в точку, находящуюся на расстоянии от центра диска не более чем r (т.е. внутри дифракционного диска). Другими словами, регистрация только одного кванта позволяет определить направление на звезду с точностью, равной радиусу дифракционного диска.

Если же зарегистрировано много квантов, то среднее арифметическое их координат будет гораздо ближе к центру диска, чем координаты каждого отдельного кванта. Как известно из математической статистики, увеличение числа измерений от 1 до n улучшает точность в \sqrt{n} раз (неискушенного

читателя опять просим поверить автору на слово). Мы приходим к выводу, что точность, с которой можно определить положение центра дифракционного диска, равна радиусу диска, деленному на квадратный корень из числа зарегистрированных квантов. Эту оценку мы назовем теоретически возможной точностью астрометрических измерений.

В таблице приведены теоретически возможная точность астрометрических измерений σ для объектов диаметром 20 см и 100 см, а также число квантов N_q , накопленных за 10 с. Заметим, при расчете таблицы предполагалось, что фотоприемник зарегистрировал все кванты. На самом деле регистрируется некоторая доля квантов, часто небольшая. Эта доля называется квантовой эффективностью фотоприемника.

Чтобы оценить эти данные, посмотрим, что означает ошибка в 0.001". Если параллакс звезды известен с такой точностью, расстояние до звезд будут установлены с точнос-

тью 10%, если они находятся не далее 100 пк, и с точностью 20%, если они не далее 200 пк. По галактическим масштабам это совсем рядом, звезд в объеме радиусом 100 пк немного. Значит, ошибка в 0.001" дуги довольно велика. Итак, природа поставила нам некоторые ограничения. Чтобы их преодолеть, нужно увеличить число собранных квантов или размер объектива телескопа. Пока этот природный барьер точности в большинстве астрометрических наблюдений не достигнут, т.е. существуют другие способы для увеличения точности наблюдений. Все сказанное справедливо только в том случае, если свет распространяется прямолинейно. Но гравитационные поля искривляют световые лучи. Наиболее известен этот эффект при прохождении света вблизи Солнца. Луч, почти касательный к диску Солнца, отклоняется на 1.75". Свет от далеких звезд также проходит мимо массивных тел и, следовательно, отклоняется. Кроме того, для земного на-

блюдателя изменяется яркость звезд. Массивные тела, мимо которых прошел свет, находятся в движении. Поэтому можно ожидать, что видимые нами звезды чуть-чуть шевелятся на небе и изменяют свою видимую величину. Это явление носит название **микрولينзирования**. Изменение яркости уже обнаружено во время специально поставленных наблюдений. Поскольку мы не знаем, мимо каких тел проходит

свет от звезды, то не можем предсказать, каково будет видимое движение звезды на небе. Наоборот, измерив такое движение, можно судить о наличии массивных тел, другим способом не обнаруживаемых.

Велико ли ожидаемое смещение? Оценка показывает, что оно может достигать в большинстве случаев 1–2 микросекунд дуги, а иногда и много больше. Если это значение правильно, опреде-

лить координаты звезды, вернее предсказать их изменения, с большей точностью невозможно. Некоторые авторы называют эту величину предельной точностью астрометрических измерений. Это неверно, ведь произвести измерения можно и с большей точностью, именно по этой причине ученые надеются обнаружить это гравитационное отклонение, вызываемое неизвестными пока телами. Но при установлении системы координат наличие такого гравитационного отклонения вызовет некоторые трудности.

НАЧАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И НАЧАЛО КООРДИНАТ

Выше мы говорили о том, что система координат должна быть связана с определенным телом или телами. Как же астрономы выбрали эти тела? Напомним, что для установления системы координат надо выбрать два основных направления и положение начала координат. С древних времен Земля верой и правдой служила астрономам в качестве начала отсчета. Не вдаваясь в подробности, скажем, что основными направлениями системы координат были направления на полюс мира (т.е. направление оси



Меридианный круг в обсерватории в г. Ла Пальма на Канарских островах. С инструментами такого типа до недавнего времени устанавливалась фундаментальная система координат, определяемая движением Земли.

вращения Земли) и на точку весеннего равноденствия, кратко – точку весны. Это точка пересечения экватора и эклиптики (плоскости орбиты Земли). Следовательно, основные направления классической экваториальной системы координат определяются суточным вращением Земли и ее движением вокруг Солнца. Начало ее помещалось в центр Земли или центр масс Солнечной системы, в зависимости от решаемых задач. Координаты звезд в этой системе определялись с помощью меридианного круга.

Чем плоха экваториальная система координат? Тем, что она медленно вращается в пространстве. Направление оси вращения Земли изменяется прецессией и нутацией, а положение плоскости эклиптики изменяется из-за возмущений планет. Это было бы приемлемо, если бы закон всех этих изменений был точно известен. Чем точнее наблюдения, тем точнее нужно знать закон. Но теория не всегда успевает за практикой.

Ясно, что в качестве тел, с которыми можно связать систему небесных координат, лучше взять далекие тела, которые кажутся неподвижными на небе. Звезды находятся гораздо дальше планет Солнечной системы. Нельзя ли к ним привязать систему координат? Но и звезды движутся. Их можно использовать, если точно известны движения хотя бы некоторых звезд. Конечно, сейчас такие звезды есть,

но относительно чего известны их движения?

Следующие по расстоянию системы небесных тел – галактики. Они, конечно, тоже движутся. Оценим их собственные движения на небе. Спектральный анализ позволяет определить лучевые скорости галактик. У ближайших галактик они составляют, сотни километров в секунду. Мы вправе ожидать, что скорость в направлении, перпендикулярном лучу зрения, по порядку величины может быть такой же. Возьмем значение 1000 км/с и вычислим собственное движение, например, галактики из скопления в созвездии Девы. Расстояние до этого скопления – около 15 Мпк. Простой расчет показывает, что собственное движение составляет 0.000014" в год. Пока такая точность наблюдений не достигнута, так что эту величину можно считать пренебрежимо малой.

С точки зрения астрометрии, это очень ценное свойство галактик. Были проведены специальные фотографические наблюдения для определения движений звезд относительно галактик. Определенные таким способом собственные движения звезд астрономы называют *абсолютными*, т.е. измеренными относительно неподвижных на небе объектов. Галактики, относительно которых можно измерить движения звезд, должны быть не очень размытыми, симметричными по видимой форме и не слишком сла-

быми. К сожалению, подходящих галактик немного. Решить с их помощью задачу установления фундаментальной системы координат не удалось.

К счастью, в начале 60-х гг. XX в. были открыты небесные тела, очень удобные для привязки к ним системы небесных координат. Это квазары – самые далекие из наблюдаемых небесных тел. Квазары излучают в широком спектральном диапазоне, в т.ч. в радиодиапазоне и видимом свете. Их угловые размеры очень малы, намного меньше 1". Наиболее точные астрометрические измерения сейчас возможны именно в радиодиапазоне, поэтому квазары очень подходят как астрометрические стандарты. С другой стороны, относительно квазаров можно измерить положения других небесных тел, которые излучают в видимом свете. В настоящее время стандартная система небесных координат основана на квазарах. Надо заметить, однако, что среди основных астрометрических объектов есть и другие.

Квазары фиксируют направление осей координат. Кроме того, нам нужно решить, где поместить начало координат. В астрономии наиболее часто используются геоцентрическая и барицентрическая системы координат. Как говорят сами эти названия, их начала находятся в центре масс Земли и центре масс Солнечной системы. Ранее вместо барицентрической употреблялась гелиоцентричес-

кая система, с началом в центре Солнца. Заметим, что центр масс Солнечной системы удаляется от центра Солнца не более чем на его диаметр.

Поскольку большинство телескопов стоят на Земле, необходима еще одна система координат, в которой можно указывать координаты наблюдателя, – земная система. Она зафиксирована прямоугольными координатами около двухсот станций, чье взаимное расположение определено методами космической геодезии. Эта система вращается вместе с Землей.

Важно установить связь между всеми этими системами координат. Если большой точности не нужно, это дело несложное – достаточно учесть вращение Земли, прецессию, нутацию и движение полюсов. Для перехода к барицентрической системе перенесем начало координат по простым формулам геометрии.

Но если нужна более высокая точность, возникает, как всегда, множество проблем. Частично они связаны со сложностью описания вращения Земли, частично – с необходимостью рассмотрения систем координат в рамках теории относительности.

Движение нашей планеты “отслеживается” Международной службой вращения Земли с максимальной возможной точностью. А вот формулы для перехода от одной системы к другой в теории относительности куда сложнее,

чем в механике Ньютона и евклидовой геометрии. Заметим еще, что если мы пользуемся теорией относительности как теорией пространства и времени, необходимо в каждой системе координат определить свою шкалу времени. Только недавно, в 2000 г., Международный астрономический союз (МАС) принял соответствующие рекомендации.

ПОСТРОЕНИЕ ОПОРНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

“Рядовому” астроному, желающему, например, определить координаты открытой им сверхновой звезды или кометы и сообщить их коллегам, которые могут организовать срочные наблюдения, ничуть не легче от того, что 600 квазаров имеют точные координаты. Чтобы это было возможно, необходимо на небе иметь **опорную систему** – как можно больше звезд с известными координатами. Это качество опорной системы мы назовем ее *доступностью*. Каков же путь от точных координат нескольких сотен квазаров до доступной опорной системы? К сожалению, этот путь длинен и тернист. Далее мы рассмотрим, как астрометристы прошли этапы этого пути.

Прежде всего, надо определить координаты квазаров. Наивысшей разрешающей способностью в радиодиапазоне обладают *радиоинтерферометры со сверхдлинной базой* (РСДБ). Такой радиоинтерферометр – это, по

крайней мере, два радиотелескопа, находящиеся на большом расстоянии друг от друга (несколько тысяч километров). Радиоисточник наблюдается одновременно на двух телескопах, причем принимаемый сигнал записывается на магнитную ленту вместе с метками точного времени. На один из радиотелескопов сигнал поступает позже, чем на другой. Сигналы, записанные на каждой ленте, обрабатываются совместно на ЭВМ. Результатом является время задержки сигнала.

Проведя несколько таких наблюдений пары радиоисточников, можно определить угловое расстояние между ними на небе. Выберем на небе некоторое число квазаров и определим попарные угловые расстояния между ними. Получим “жесткую сетку” – совокупность объектов, взаимное расположение которых точно известно. Теперь, приписав одному из этих объектов какие-либо координаты (вообще говоря, произвольные), а другому – одну координату, мы получим совокупность объектов, имеющих точные координаты. Она называется *реализацией* фундаментальной системы координат в радиодиапазоне.

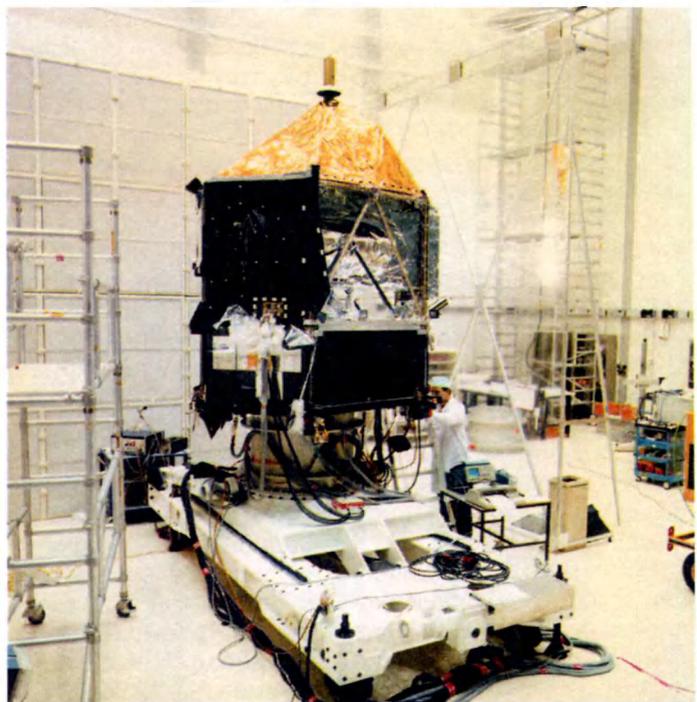
Часы при обоих телескопах должны быть точно согласованы. Кроме того, радиоисточники наблюдаются в разные моменты времени. Направление линии, соединяющей радиотелескопы (направление базы), изменяется вследствие вращения Земли.

“Гиппаркос” – первый космический астрометрический инструмент.

Это изменение должно быть учтено или определено из самих наблюдений. Есть много и других тонкостей при обработке наблюдений (Земля и Вселенная, 1976, № 6). Мы лишь заметим, что эти наблюдения и их обработка являются сложными и дорогостоящими.

Можно ли измерить углы между направлениями на звезды в видимом свете? Да, можно. Для этого был предназначен космический аппарат “Гиппаркос”. О нем мы расскажем позже. Пока нам достаточно знать, что этот аппарат провел измерения попарных угловых расстояний звезд. На основании этих измерений был построен каталог 118 000 звезд, содержащий для каждой из них все пять астрометрических параметров. Сейчас этот каталог считается реализацией фундаментальной системы координат в оптическом диапазоне спектра.

Совпадают ли реализации фундаментальных систем, построенные в радио- и в оптических диапазонах? Авторы каталога “Гиппаркос” приняли все возможные меры к тому, чтобы координаты объектов в этих системах совпадали. К сожалению, подавляющее большинство радиоисточников, определяющих фундаментальную систему, были недо-



ступны небольшому телескопу спутника “Гиппаркос”. Поэтому непосредственное сравнение координат объектов в двух системах было практически невозможно. Однако и косвенные методы позволили “совместить” системы с приемлемой точностью.

Почему важно, чтобы системы координат в двух спектральных диапазонах совпадали? Если наблюдаются источник радиоизлучения и недалеко от него объект в видимом свете, необходимо решить, есть ли между ними физическая связь. Если координаты объектов (в пределах их точности) совпадают, есть вероятность, что мы принимаем излучение в двух диапазонах от одного и того же объекта. Чем точнее координаты

объекта и, конечно, чем точнее совпадение систем координат, тем вероятность больше. Эти рассуждения справедливы и для любых других спектральных диапазонов.

КОСМИЧЕСКИЙ
ЭКСПЕРИМЕНТ “ГИППАРКОС”

Космический астрометрический эксперимент “HIPPARCOS” (High Precision Parallaxes Collecting Satellite – спутник для сбора параллаксов высокой точности) является эпохальным событием в истории астрономии и заслуживает более подробного рассмотрения.

Прежде всего, с чем связано его название? В последнее время в астрономии модно придумывать названия в честь из-

вестных ученых, причем часто такие, которые бы указывали на цель космического эксперимента. Гиппарх (ок. 180–190–125 до н.э.) – известный древнегреческий астроном, создатель первого каталога звезд. С другой стороны, расшифровка названия показывает важнейшую цель эксперимента – определение параллаксов. Нам кажется, что аббревиатура уже превратилась в собственное имя эксперимента, поэтому мы позволим себе употребить название “ГИППАРКОС”.

Это первый космический астрометрический эксперимент, так что не будет лишним рассказать, какие преимущества дает выход в космос.

Все любители астрономии знают, что атмосфера – враг астрономов. Она размывает изображения звезд в телескопе и поглощает большую часть спектра излучения небесных тел. Все это, конечно, справедливо и для наблюдений, имеющих целью определение астрометрических параметров небесных тел. Посмотрим, какие еще есть преимущества астрометрических наблюдений за пределами атмосферы.

Атмосфера не только размывает изображения звезд, но и изменяет их взаимное расположение на небе. Это явление называется *рефракцией*. Величина искажения в поле зрения размером в несколько градусов составляет 1–2”, если наблюдаемый объект находится очень низко над горизонтом. Есть и другие виды

вредного влияния атмосферы. В космосе рефракция отсутствует.

Любой астрометрический инструмент на Земле находится в поле тяжести и, следовательно, деформируется. Поскольку инструмент обязательно вращается вокруг одной или двух осей, величина деформации меняется. Если это меридианный круг, деформация сказывается непосредственно на отсчетах круга, если это телескоп-астрограф, рефрактор или рефлектор, деформация меняет форму и расположение оптических поверхностей и, следовательно, форму изображений звезд. В космосе инструменты находятся в состоянии невесомости. Здесь надо сделать оговорку. Космический аппарат должен просматривать небо по определенной программе и изменять свою ориентацию. Для этого необходимо приложение момента сил, т.е. невесомость частичная. Но она не идет ни в какое сравнение с земной тяжестью.

Кроме силы тяжести, деформации инструмента могут происходить также из-за изменения температуры. Подавляющее большинство астрометрических инструментов находятся в районах, где бывают зима и лето, т.е. наблюдения проводятся при разных температурах. На космическом аппарате можно обеспечить лучшие условия. Например, на спутнике “Гиппаркос” перепады температуры за короткие промежутки времени не превышали 0.05°,

а за длинные (месяцы и годы) – 2°.

Для построения системы координат необходимо наблюдать звезды обоих полушарий неба. Это означает, что нужны, по крайней мере, два инструмента, по одному в каждом полушарии Земли. Можно обойтись одним инструментом, но тогда его придется перевозить из одного полушария в другое. Богатый опыт астрометрии показывает, что каждому инструменту присущи свои ошибки. *Систематические ошибки* в данных разных каталогов звезд часто вызваны именно различием инструментов. Космический аппарат движется по орбите, и один может осмотреть все небо. Наблюдательный материал будет однородным.

Однако мы не сможем узнать о существовании систематических ошибок, если используем только один инструмент. Было бы очень хорошо, если бы работали одновременно два космических аппарата, но этого астрономы пока позволить себе не могут.

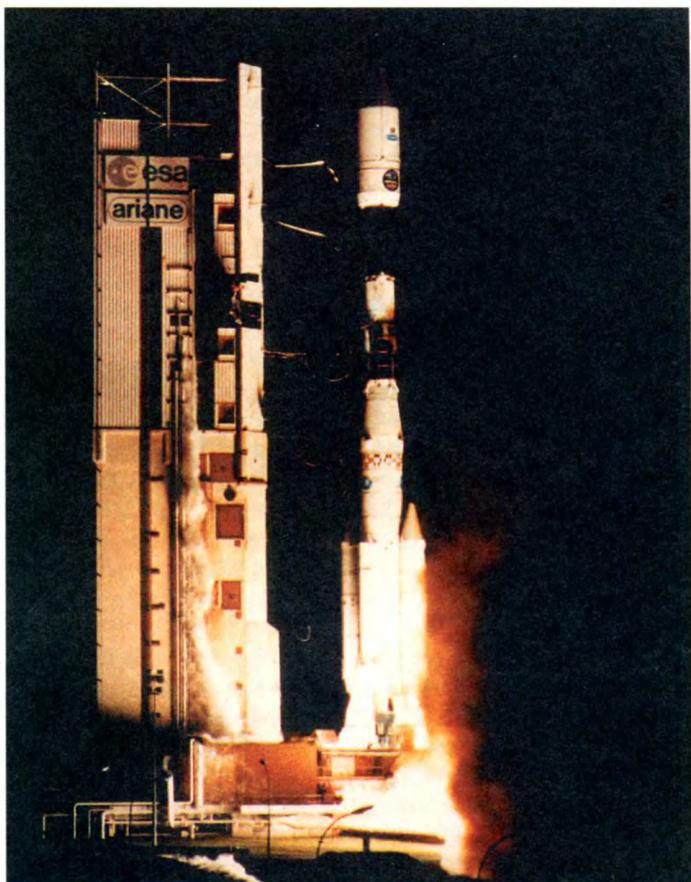
Наконец, важнейшим преимуществом космического аппарата является высокая производительность. За время его жизни можно провести несколько миллионов наблюдений.

Мы назвали много преимуществ космического аппарата перед наземными инструментами. Почему же до сих пор во многих обсерваториях ведутся наземные астрометрические наблюдения? Основная причина – очень высокая цена космическо-

Ракета "Ариан-4", с помощью которой был запущен спутник "Гиппаркос".

го астрометрического эксперимента. Например, эксперимент "ГИППАРКОС" обошелся Европейскому космическому агентству (ESA), судя по опубликованным данным, более чем в 600 млн. долларов. Проектируемые новые аппараты будут, вероятно, намного дешевле, но не настолько, чтобы их можно было запускать часто.

Идея эксперимента очень проста: измерить угловые расстояния между парами звезд на небе, причем так, чтобы потом можно было восстановить взаимное расположение всех измеренных звезд. Как же можно измерять угловые расстояния? Вообще говоря, для этого пригоден любой телескоп. Можно измерить угловые расстояния между любыми двумя звездами в поле зрения, для этого достаточно определить масштаб. Однако поле зрения телескопа невелико, редко достигает нескольких градусов, так что измеренные угловые расстояния будут малы. Кроме того, при обработке наблюдений расстояние между далекими на небе звездами складывается из большого числа отдельных "отрезков", так что ошибки измерений будут накапливаться. Есть и еще одна причина, по которой выгодно сделать измеряемые угловые расстояния больше, о ней мы



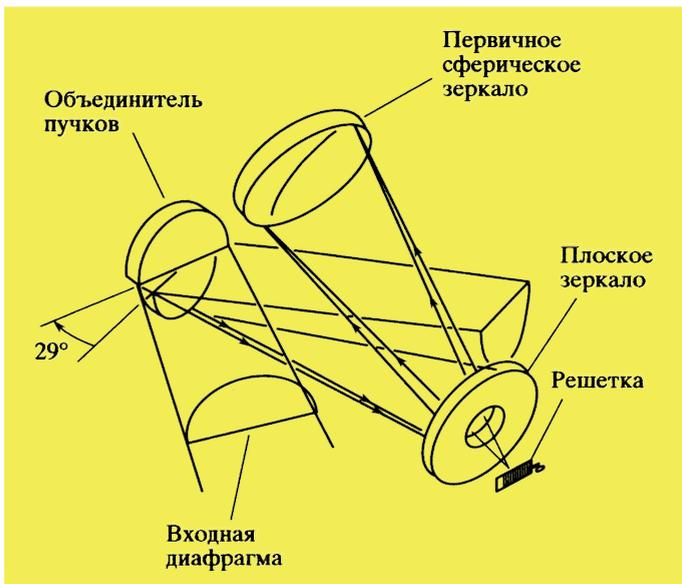
скажем позже. Построив математическую модель эксперимента, астрономы пришли к выводу, что угол в 58° позволит достичь наилучшей точности.

Для того чтобы измерить такой угол, был сконструирован специальный телескоп, имеющий два поля зрения.

В фокальной плоскости главного зеркала получают одновременно изображения двух участков неба. Конечно, поле зрения не состоит из двух частей. Можно сказать, что звезды двух участков неба "перемешаны" в одном поле зрения. Размер этого поля — $54'$.

Угловое расстояние между изображениями в поле зрения легко измерить. Действительное расстояние на небе будет суммой удвоенного угла между зеркалами и измеренного в поле зрения.

В поле зрения находится решетка, состоящая из прозрачных и непрозрачных промежутков, всего их 2688. Спутник вращается таким образом, что изображения звезд бегут перпендикулярно к штрихам решетки. Свет звезды, проходящий через решетку, испытывает периодические изменения. Фотоэлектрический приемник, стоящий за решет-



Оптическая схема телескопа спутника "Гиппаркос" представляет собой схему модифицированного телескопа Шмидта. Перед главным зеркалом помещена не стеклянная коррекционная линза, как в обычном телескопе Шмидта, а расположенные под углом 29° два почти плоских зеркала. Каждое из зеркал перекрывает половину площади главного зеркала. Они установлены так, что отражают в телескоп два участка неба, угловое расстояние между которыми $29^\circ \cdot 2 = 58^\circ$.

кой, регистрирует эти изменения. Изменения носят синусоидальный характер. По разности фаз синусоид можно вычислить угловое расстояние между звездами в направлении их движения по решетке. Таков принцип измерений в космическом эксперименте "ГИППАРКОС".

В поле зрения была помещена еще одна решет-

ка, другой формы, а за ней другие фотоприемники (на схеме не показаны). Регистрация прохождений звезд через эту решетку позволяла получать сведения об ориентировке спутника в пространстве, а также о координатах и звездных величинах значительного большего числа звезд, но с меньшей точностью.

Задолго до запуска были составлены входной список звезд и расписание их наблюдений. Входной список (входной каталог) содержал 118 218 звезд, распределенных по всему небу. Чтобы пронаблюдать все звезды, при этом каждую несколько десятков раз, ориентировка спутника должна изменяться. В эксперименте "ГИППАРКОС" был принят следующий порядок просмотра неба. Спутник вращается вокруг своей оси с периодом 2 ч 8 мин. В свою очередь, ось вращения описывает конус вокруг направления на Солнце с периодом 57 дней, при этом угол между осью вращения и направлением на Солнце составляет 43° . А само направление на Солнце меняется с периодом в один год (из-за движения Земли по орбите). Такой порядок позволяет осмотреть все небо, причем распределение наблюдений каждой звезды

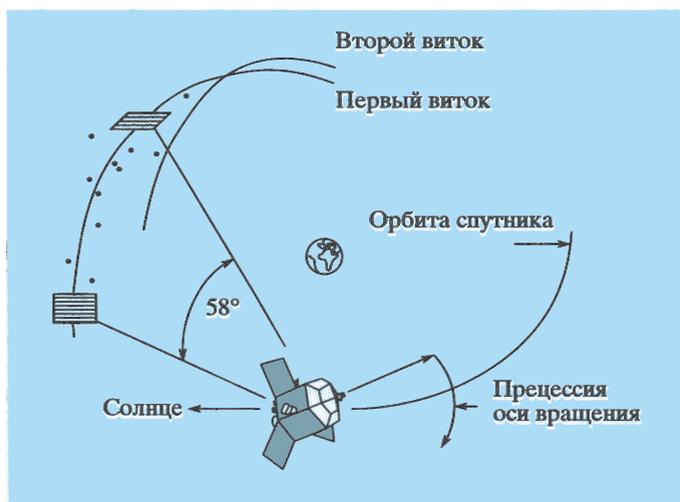


Схема осмотра неба спутником "Гиппаркос".

во времени дает возможность определить и параллаксы, и собственные движения звезд.

Наблюдения происходили с конца 1989 г. до начала 1993 г. Всего было получено 3.6 млн. независимых измерений. Обработка наблюдений продолжалась до 1997 г., когда был издан каталог в печатной и электронной формах. В этом же году МАС принял решение о том, что каталог считается реализацией фундаментальной системы координат в оптическом диапазоне.

Перечислим основные итоги первого космического астрометрического эксперимента. Для звезд ярче 9-й величины координаты определены с точностью, превышающей $0.001''$. Это в 50–100 раз точнее, чем в лучших наземных наблюдениях. Собственные движения измерены с точностью лучше $0.001''$ в год, что также превышает точность лучших наземных наблюдений в 2–4 раза. Точность параллакса – около $0.001''$. Выше мы говорили о том, что это позволяет более или менее надежно судить о расстояниях до не очень далеких звезд. Однако число таких звезд значительно увеличилось: теперь для 20 000 звезд расстояния известны с точностью не хуже 10%, а для 49 000 звезд – не хуже 20%. Открыто свыше 8000 переменных звезд и около 3000 двойных звезд.

Некоторые из этих результатов – не только более точные, но и принципиально новые. Например,

измеренные параллаксы являются *абсолютными*, а не относительными, как при наземных наблюдениях, когда в небольшом поле зрения телескопа измеряется смещение одной звезды относительно других, более слабых и, вероятно, более удаленных. Но эти удаленные звезды тоже имеют параллактическое смещение – в том же направлении на небе, но меньшей величины. Если мы хотим достичь точности параллакса 10%, нужно, чтобы удаленные, “опорные”, звезды были в 10 раз дальше. Другими словами, мы измеряем только долю параллакса. Полученные таким способом параллаксы называются *относительными*. Кроме того, опорные звезды будут в среднем на 5 звездных величин слабее. Такая разность блеска создает трудности при наблюдениях и снижает их точность.

При космических наблюдениях положение каждой звезды сравнивается с положением других звезд, находящихся на значительных угловых расстояниях (около 58°). Их параллактические смещения значительно отличаются по направлению. Можно сказать, что параллаксы измеряются относительно не каких-то определенных звезд, а всей совокупности звезд, вошедших в программу наблюдений. Строгий анализ показывает, что это дает нам право считать параллаксы абсолютными.

Итак, мы познакомились с тем, как построены

(в принципе) фундаментальные системы координат в радиодиапазоне и в оптическом диапазоне. Заметим, что первая из них считается основной. Помогло ли это “рядовому” астроному? С практической точки зрения почти не помогло. Если сверхновая или комета открыты с помощью большого телескопа, у которого поле зрения заведомо меньше 1° , в нем почти никогда не найдется трех звезд из каталога звезд “Гиппаркос”, обязательно нужных для определения координат любого объекта в поле зрения. Другими словами, фундаментальная система определена, но плохо доступна. Ее нужно расширить, чтобы в поле зрения большого телескопа, составляющего обычно доли градуса, было хотя бы несколько звезд с известными координатами. Некоторое облегчение рядовому астроному приносит каталог звезд “Тихо”, также основанный на наблюдениях спутника “Гиппаркос”.

КАТАЛОГ “ТИХО”

Каталог “Тихо” назван в честь датского астронома эпохи Возрождения Тихо де Браге (1546–1601), проделавшего большое число наблюдений с максимальной для того времени точностью. На их основе были открыты законы Кеплера.

Как уже упоминалось, изображения звезд в телескопе “Гиппаркоса” бегут по основной решетке, а потом по вспомогательной, предназначенной для определения ориентиров-

ки спутника. Но эти данные также несут информацию о положениях звезд и их звездных величинах. Грех не использовать эти результаты. Точность их приблизительно в 20 раз ниже, зато число звезд в 20 раз больше. Кроме того, свет звезды после прохождения через вспомогательную решетку был разделен на два пучка с помощью дихроичного зеркала так, что в один фотоприемник попадали в основном синие лучи, а в другой – в основном желто-зеленые, т.е. один фотоприемник определял звездные величины в фотометрической полосе В, а другой – в полосе V. Точность этих наблюдений ниже, чем при лучших наземных наблюдениях, зато одним и тем же прибором измерены цвета более 2 млн. звезд, т.е. данные являются однородными. Столь большой объем однородных фотометрических дан-

ных получен впервые в истории астрономии.

Каталог “Тихо” также содержит для каждой звезды пять астрометрических параметров. К сожалению, три из них, параллакс и собственные движения по каждой из координат, нельзя считать пригодными для использования. Точность одного наблюдения была слишком низка. Поэтому даже 130 наблюдений каждой звезды не дали удовлетворительных результатов. С другой стороны, точность координат звезд на эпоху наблюдений лучше, чем точность любых массовых наземных наблюдений, – около 0.025”. Нельзя ли как-то повысить точность трех астрометрических параметров в каталоге “Тихо”?

Здравый смысл подсказывает, что надо привлечь старые, может быть не очень точные, наблюдения. При определении собственных движений ошиб-

ки старых наблюдений поделаются на разность эпох. Если разность эпох велика, то ошибка собственных движений будет меньше, чем в каталоге “Тихо”. Что касается параллакса, тут ничего не поделаешь – влияние параллакса не накапливается со временем, и старые наблюдения нам не помогут. Но есть ли старые наблюдения столь большого числа звезд? Такие наблюдения есть, их выполнили наши предшественники в конце XIX – начале XX в. в рамках международного предприятия “Карта неба”. Это одно из самых больших международных предприятий в астрономии. Его инициаторы и исполнители вряд ли предполагали, сколь важным оно окажется. Мы опишем кратко эту грандиозную работу.

*(Окончание
в следующем номере)*

Информация

Программа Китая по исследованию Луны

Недавно Китай обнародовал перспективную программу изучения Луны с помощью автоматических станций. “Проект Чэньэ” (в китайской мифологии фея Чэньэ совершила путешествие на Луну) включает три этапа. Первый этап – вывод АМС на окололунную орбиту для детальной стереоскопичес-

кой съемки поверхности и дистанционного анализа химического состава грунта. Второй – доставка на лунную поверхность лунохода и изучение свойств грунта. Третий – посадка исследовательской станции, обеспечивающей возврат образцов грунта на Землю.

Китайский проект очень сходен с советской программой “Луна”, успешно выполненной в 1960–70 гг. под руководством главного конструктора АМС Г.Н. Бабакина (станции и луноходы создавались в НПО им. С.А. Лавочкина).

Предполагается, что первый китайский космический аппарат стартует к Луне в 2006 г., а

первый этап лунных исследований завершится к 2010 г. Для запусков АМС на первом и втором этапах будут использованы китайские РН “Великий поход-3А” (“СZ-3А”) и “Великий поход-3В” (“СZ-3В”), способные доставить на окололунную орбиту станции массой до 2.4 т, а на поверхность Луны – до 400 кг. Чтобы выполнить третий этап проекта, необходим более мощный носитель, который предстоит создать китайским специалистам.

*По материалам
Интернет-сайтов spacedaily
и astronautix*

Памяти Ильи Пригожина

28 мая 2003 г. скончался один из лидеров современной науки, бельгийский физико-химик, лауреат Нобелевской премии **Илья Романович Пригожин**. Он был членом Бельгийской Королевской академии, профессором Брюссельского свободного университета, директором Сольвеевского института и Центра термодинамики и статистической физики при Техасском университете, иностранным членом РАН. В фокусе научных интересов Пригожина – проблема самоорганизации, вызывающая сейчас огромный резонанс во всем мире, в том числе среди астрономов и космологов. Много внимания уделял Пригожин анализу природы фундаментальных понятий и законов науки, мировоззренческим аспектам научного познания.

И.Р. Пригожин родился 23 января 1917 г. в Москве. В десятилетнем возрасте вместе с семьей он переехал в Бельгию, которая стала его второй родиной. В своих автобиографических высказываниях Пригожин вспоминал, что в юности увлекался археологией, философией и особенно музыкой. Читать ноты он научился раньше, чем книги, а став студентом, больше времени проводил за фортепьяно, чем на лекциях. В университете ему особенно нравились предметы, в которых заметную роль играло время – шла речь о возникновении цивилизации, этических проблемах, связанных со свободой человека, или о временной структуре звуков музыки. Но когда над миром нависла угроза войны, Пригожин решил, что карьера в области фундаментальных наук более перспективна, и приступил к изучению физики и химии в Брюссельском свободном университете. Он опубликовал большое число работ, преимуще-

ственно в области термодинамики неравновесных систем. Вот некоторые из них: От существующего к возникающему. М., 1985; Порядок из хаоса. М., 1986 (соавтор И. Стенгерс); Время, хаос, квант. М., 1994 (соавтор И. Стенгерс); Конец определенности. Ижевск, 1999.

Пригожин разработал один из подходов к проблеме **синергетики** – **теорию диссипативных структур**. Эти структуры спонтанно (самопроизвольно) возникают в сильно неравновесных условиях, например в некоторых типах химических реакций, популяциях насекомых и вообще в **открытых** системах, которые, в отличие от систем **замкнутых**, обмениваются энергией и веществом с окружаю-



Илья Романович Пригожин (1917–2003).

щей средой. К таким структурам, согласно Пригожину, принадлежат некоторые типы химических, биологических, социальных систем, вся наша расширяющаяся Вселенная. Теория диссипативных структур, по словам Пригожина, объясняет переход от бытия к становлению в мире, возникновение нового. Она претендует на формулировку новой картины мира, нового научного языка как для естественных, так и для гуманитарных наук.

Смысл избранной им проблематики Пригожин пояснял, обращаясь к широкому историко-научному и социокультурному контексту.

Пригожин высоко оценивал классическую науку и в то же время энергично подчеркивал ее ограниченность. Ньютоновская наука, напомнил он, рисовала картину мира, в которой природа, Вселенная состояла из простых и замкнутых, устойчивых, равновесных систем, полностью подчиненных законам механики. В ней выполнялся принцип жесткого детерминизма, то есть однозначной причинно-следственной связи событий. Случайность исключалась из природы. Это позволяло, например, вычислять по современному состоянию Солнечной системы движения планет в прошлом и будущем с высокой степенью точности. Прошлое и будущее рассматривались как эквивалентные. Все процессы изменения, становления считались обратимыми. Необратимость ньютоновской Вселенной была чужда. Классическая наука, подчеркивал Пригожин, претендовала на создание универсальной и окончательной картины мира. Но эти претензии, как известно, не оправдались.

Жесткий детерминизм, заложенный в основаниях классической науки, всегда вызывал у Пригожина чрезвычайно эмоциональную негативную оценку. Он не жалел обличительных слов. Например, по словам Пригожина, классический идеал науки “напоминает тоталитарные кошмары, описанные Олдосом Хаксли, Миланом Кундерой и Джорджем Оруэллом”. Такая оценка классической науки вполне может показаться несколько преувеличенной, но подобные высказывания буквально рассыпаны по сочинениям Пригожина.

Дальнейшее развитие науки, согласно Пригожину, опровергло представление, что мир устроен просто. Объектами исследования стали сложные системы, затем – сложные и притом самоорганизующиеся. Самоорганизация представляет собой последовательность неравновесных фазовых переходов, в которых возрастает сложность систем. Как считал Пригожин, опровергнуто и представление, что мир подчиняется обратимым во времени фундаментальным законам. Неклассическая наука сделала понятия и законы ньютоновской физики частными случаями новых фундаментальных теорий – специальной и общей теории относительности, квантовой механики. Вместе с принципом возрастания энтропии в неклассическую науку вошли **необратимость и стрела времени**, которые приобрели ранг ключевых понятий. Оставалось, однако, много нерешенных проблем, переданных современной науке как бы по наследству.

Одной из них, отмечал Пригожин, было соотношение **хаоса и порядка**. Из закона возрастания энтропии вытекало, что Вселенная должна необратимо изменяться от упорядоченного состояния к хаотическому. Но повсюду мы наблюдаем противоположные процессы: становление сложных структур из более простых. Каковы же их механизмы? Пригожин обсуждал эту проблему одновременно с рядом других ученых, основателей синергетики, прежде всего с Г. Хакеном (необычайно модный сейчас термин “синергетика”, предложенный Хакеном, сам Пригожин не любил и не употреблял). Он показал, что неравновесность может при определенных условиях стать источником усложнения. Дело в том, что следствие принципа возрастания энтропии – неизбежный рост дезорганизации – относится лишь к замкнутым системам, которые не обмениваются веществом и энергией с окружающей средой. Но большинство систем в окружающем нас мире являются открытыми. Для них характерны не порядок, то есть стабильность и равновесие, а, напротив, неустойчивость и неравновесность.

В открытых неравновесных системах, описываемых нелинейными уравнениями

(нелинейность – важнейшее понятие в словаре теории диссипативных структур, синергетики), происходят флуктуации, отклонения от состояния равновесия. Эти флуктуации, как показал Пригожин, могут настолько усилиться, что система в целом либо перейдет на более высокий уровень структурной организации, станет диссипативной структурой, либо распадется. Переход совершается в **точках бифуркации**, причем направление изменения состояния системы принципиально не может быть предсказано. Так и возникают, согласно Пригожину, качественно новые структуры во Вселенной.

Еще одна проблема, доставшаяся современной науке от прошлого, – **проблема времени**. Пригожин стремился выявить роль времени в бытии и процессах становления, природу его необратимости с точки зрения теории диссипативных структур. Время, подчеркивал Пригожин, – это фундаментальное измерение нашего бытия. Но в той форме, в которой время входит в законы физики – от классической до релятивистской и квантовой, оно не содержит в себе различия между прошлым и будущим. В самом деле, в эти законы входит t^2 , а значит, t и $-t$ оказываются симметричными и равноправными. Тем не менее мы знаем, что во всех наблюдаемых явлениях – возьмем ли мы физику, космологию, химию, биологию, гуманитарные науки (скажем, историю) – прошлое и будущее играют различную роль. Пригожина мучила проблема: “Каким образом стрела времени может возникнуть из того, что физика описывает как симметричный во времени мир? В этом состоит **парадокс времени**...” Он считал формулировку названного парадокса “ярчайшим проявлением творчества и воображения”.

Отмеченные Пригожиным обстоятельства хорошо известны физикам. Их неоднократно обсуждал, например, А. Эйнштейн, с которым Пригожин постоянно полемизировал. Наука низвела время до геометрического параметра, говорил Пригожин. Точку зрения Эйнштейна он цитировал с большим сожалением и расценивал как отрицание времени.

Для решения парадокса времени Пригожин избрал путь, который назвал “радикальным разрывом с прошлым”. Он предложил пересмотреть наше понимание фундаментальных законов природы. По его мнению, понятие закона науки досталось нам от XVII в. Оно формировалось на основе изучения простых систем, точнее, “систем с периодическим поведением” (например, движения маятника или планет). Но для современной науки оно может выступать лишь частным случаем. Коль скоро картина мира включает в себя неустойчивость, смысл законов природы “коренным образом изменяется” по сравнению с классической наукой. Теперь они выражают **потенциальные возможности, или вероятности**. Динамическое описание природы должно быть дополнено статистическим. Классическая механика, по мнению Пригожина, неполна, поскольку не охватывает необратимые процессы, связанные с возрастанием энтропии. В ее концептуальный каркас должна быть включена неравновесность. “В результате появятся неньютоновские вклады, непротиворечиво включаемые в динамику на уровне статистического описания”. При такой интерпретации симметрия между прошлым и будущим исчезает, и на фундаментальном уровне становится понятной природа стрелы времени. Отбрасывается представление, что стрела времени носит лишь феноменологический или субъективный характер. “Все мы в действительности дети стрелы времени, эволюции, а не ее родители”, – писал Пригожин. В его рассуждениях о времени содержится еще один существенный аспект. Пригожин ставит вопрос, который рассматривает как “глубокую дилемму для всего человечества”: задано будущее или находится в процессе непрерывного построения? Пригожин выбирает вторую из названных им альтернатив. Вероятностный характер будущего, то есть отсутствие жесткой предопределенности событий, влияет на понимание человеческой свободы, так как обосновывает для каждого из нас возможность выбора.

Сформулированные Пригожиным идеи позволили ему говорить о “переоткрытии” понятия времени современной на-

укой. Время перестает быть просто неким геометрическим параметром. Необратимые процессы играют в природе не только дезорганизирующую, но и “конструктивную” роль. Призыв к столь решительному пересмотру нашего понимания характера научных законов не всегда находит поддержку в научном сообществе.

Какое значение разработанная Пригожиным теория диссипативных структур имеет для астрономии и космологии? Вселенная представлялась ему сильно неравновесной термодинамической системой с неустойчивостями и бифуркациями.

Многих исследователей Вселенной обоснование теории Большого взрыва приводило к выводу, что время должно иметь начало и, возможно, конец. Но Пригожин думал иначе. Метавселенной, локальную область которой образует наша Вселенная, следует, по его мнению (оно соответствует взглядам многих современных космологов), приписать бесконечное время, конечен лишь возраст нашей собственной Вселенной. Илья Романович рассказывал, что после его выступления на семинаре в МГУ профессор Д.Д. Иваненко предложил ему написать какое-либо изречение на стене аудитории, уже запечатлевшей афоризмы ряда выдающихся физиков, включая Дирака и Бора. Сделанная Пригожиным надпись гласила: “Время предшествует бытию”.

Как можно примирить событие Большого взрыва с законами природы, обратимыми во времени и детерминистическими, спрашивал Пригожин. Вот его мнение по этому поводу. Вселенная погружена в квантовый вакуум, и ее рождение следует не детерминистическому закону, а реализует некую “возможность”. Ниоткуда не вытекает, что с законами квантовой гравитации не было бы совместимо и множество других возможностей. Рождение нашей Вселенной, считал Пригожин, более не ассоциируется с сингулярностью, а обусловлено неустойчивостью – флуктуацией квантового вакуума “в присутствии гравитационных взаимодействий”. Большой взрыв – необратимый процесс в собственном смысле слова. “Наша гипотеза состоит в том, что от Правселенной, ко-

торую мы называем **квантовым вакуумом**, должен был произойти необратимый фазовый переход. Необратимость должна была возникнуть вследствие нестабильности в Правселенной, вызванной взаимодействием гравитации и вещества”. Никакой конкретной теории фазового перехода Пригожин не предлагал. Но ясно, что высказанный им взгляд находится в согласии с некоторыми сценариями инфляционной космологии, как и признание вечности времени.

Пригожин настойчиво возражал против идеи С. Хокинга о том, что на раннем этапе развития Вселенной утрачивалось различие между пространством и временем, причем время было “опространствованным”. После работ Г. Минковского мы знаем, говорил Пригожин, что пространство и время не являются независимыми сущностями. Но это отнюдь не исключает наличия стрелы времени, которая была еще до рождения нашей Вселенной и будет, по мнению Пригожина, существовать вечно. Пригожин полемизировал с Хокингом еще по одной проблеме, считая несбыточной мечтой идеал единой физической теории (Теории Всего, как ее часто сейчас называют). Такая теория должна включить случайность, бифуркации и неопределенность предсказаний, что, полагал Пригожин, противоречит исходным ее принципам.

Пригожин много размышлял о науке, ее фундаментальных проблемах и социальном статусе. Науку он рассматривал в качестве открытой системы, процесс научного познания – как подчиняющийся общим принципам самоорганизации. Наука, с точки зрения Пригожина, – “диалог человека с природой”, результаты которого часто непредсказуемы, неожиданны, а иногда и поразительны. Кто, например, мог бы в начале XX в. представить себе нестабильные частицы, расширяющуюся Вселенную, диссипативные структуры, которые возникают в сильно неравновесных условиях? Далее, хотя попытка понять природу была и остается основной из целей естествознания, эту цель, подчеркивал Пригожин, не следует отождествлять с идеей овладения природой, что часто подразумевают сторонники современной техно-

генной цивилизации. “Рабовладелец, тешащий себя мыслью, будто он понимает своих рабов потому, что они повинуются его приказаниям, глубоко заблуждался бы”. Эти слова Пригожина резко противостоят получившим сейчас значительное распространение идеалам “вознесенности” человека над природой.

Рост науки, согласно Пригожину, не имеет ничего общего с равномерным развертыванием научных дисциплин. В науке происходят революции; среди них Пригожин называл вероятностную, релятивистскую и квантовую. (Американский футуролог О. Тоффлер считает еще одной научной революцией осуществленный Пригожиным пересмотр понятия времени.) Неверно, по мнению Пригожина, что каждая из научных дисциплин подразделяется на все большее число “водонепроницаемых отсеков”. Напротив, современная наука характеризуется “эффективным перемешиванием” различных областей. Грани между научными дисциплинами стираются. Современная научная проблематика приобретает все более ярко выраженный **междисциплинарный** характер. Пригожин настойчиво подчеркивал социокультурную обусловленность научной деятельности, приводя впечатляющие примеры. Не только поворотные пункты в развитии самой науки вызывают последствия, выходящие за собственно научные пределы, но и глобальные проблемы часто были “источниками вдохновения” в самой науке.

Наука, подчеркивал Пригожин, началась с прометеевского утверждения силы разума. Но сейчас происходит ее отчуждение от человека – отрицание всего того, что придает смысл человеческой жизни. Необходимы поиск нового типа единства нашего видения мира, новых оснований диалога человека с природой, так же как и человека с человеком. Одну из главных своих задач Пригожин видел в том, чтобы показать растущее согласие наших знаний о человеке и природе – “согласие, а не разрыв и противопоставление”.

Пригожин считал, что “старое априорное различие между научными и этическими ценностями более неприемлемо”. Время – это конструкция, которая несет

“некую этическую ответственность”. Проблема “наука – этика” – одна из самых узловых в современной культуре. Довольно распространенной является точка зрения, что наука отделена от этических ценностей. Но есть и другие подходы к этой проблеме. Так, академик В.С. Степин выразил взгляд, что в основаниях современной науки, которую он называет постнеклассической, заключены также этические идеалы и нормы, целенаправляющие научный поиск. Этот подход, в сущности, близок к пригожинскому.

По словам Пригожина, сейчас “мы находимся в начале новой эры в науке. На наших глазах рождается наука, не ограничиваемая более идеализированными и упрощенными ситуациями, а отражающая всю сложность реального мира, наука, рассматривающая нас и нашу деятельность как неотъемлемую часть фундаментального “тренда” на всех уровнях природы”. Природу, считал Пригожин “надлежит описывать так, чтобы стало понятно само существование человека”.

Таковы некоторые взгляды по коренным проблемам науки, высказанные И. Пригожиным. Надо сказать, что, несмотря на его высочайший и безукоризненный научный авторитет, не все эти взгляды принимаются научным сообществом. Некоторые замечания по поводу идей Пригожина высказывали, например, академик Н.Н. Моисеев и член-корреспондент РАН С.П. Курдюмов, сами горячие приверженцы синергетического взгляда на мир. Несогласие высказывалось также в отношении разработанного Пригожиным математического аппарата теории диссипативных структур, предложенных им интерпретаций фундаментальных понятий науки. Не все убеждены в эффективности синергетики, одним из основоположников которой был Пригожин. Так бывает всегда с принципиально новыми идеями: лишь будущее даст им адекватную оценку. Но для нас, современников Пригожина, его научные и философские идеи являются мощным стимулом вдохновения при обсуждении самых глубинных проблем современной науки и культуры.

В.В. КАЗЮТИНСКИЙ

Митрофан Степанович Зверев

(к 100-летию со дня рождения)

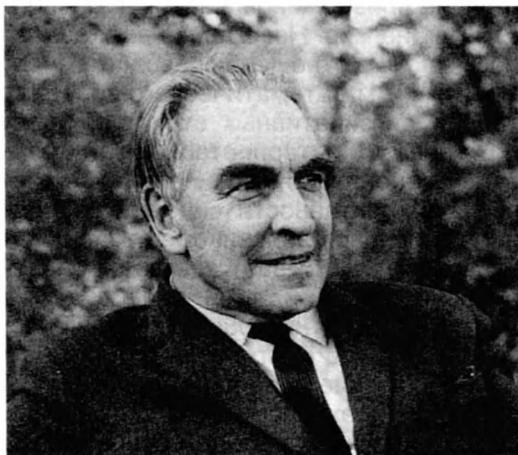
16 апреля 2003 г. исполнилось 100 лет со дня рождения Митрофана Степановича Зверева, выдающегося астрометриста XX в., талантливого организатора науки, члена-корреспондента Академии наук СССР.

Его семидесятилетний трудовой путь внес неопределимый вклад в развитие советской астрономии. Большую часть жизни М.С. Зверев посвятил составлению точных звездных каталогов, и в частности построению **Каталога слабых звезд (КСЗ)**. Идея создания КСЗ, принадлежащая советским астрономам Б.П. Герасимовичу и Н.И. Днепровскому,

детально разработана М.С. Зверевым и А.Н. Дейчем. В работе над ним приняли участие ученые из обсерваторий всего земного шара. Они составили десятки предварительных каталогов, которые образовали Каталог точных положений, включающий свыше 40 тыс. звезд. По мысли создателей, он должен служить фундаментом для астрономических исследований в XXI в.

М.С. Зверев родился 3(16) апреля 1903 г. в Воронеже в семье священника и известного краеведа С.Е. Зверева. Митрофан был шестым ребенком из семи, но к маю 1920 г. в живых осталось только трое младших. Переболев сыпным тифом, от которого умерли отец и старший брат, Митрофан закончил среднюю школу. С весны 1919 г. он уже работал наблюдателем на метеорологической станции при Воронежском государственном университете, созданном за год до того на базе Юрьевского университета.

Интерес к астрономии у Митрофана возник еще в детстве. Он был одним из организаторов астрономического кружка "Астероид", члены которого наблюдали в зрительную трубу Луну, планеты, двойные звезды. С лета 1920 г. юноша стал работать в Астрономическом кабинете университета в качестве научного сотрудника III разряда. Осенью М.С. Зверев поступил в Воронежский университет на физико-математический факультет, чтобы получить астрономическое образование. Одновременно он учился в музы-



Митрофан Степанович Зверев (1903–1991).

кальном училище, после успешного окончания которого (в 1923 г.) его направили в Московскую консерваторию. Работу в Астрономическом кабинете и вообще занятия астрономией пришлось на некоторое время оставить. В Консерватории он учился на исполнительском факультете по классу фортепиано у выдающегося пианиста и педагога К.Н. Игумнова. В студенческие годы Митрофан Зверев работал в кинотеатре, где ему поручалось музыкальное сопровождение немых фильмов.

В 1926 г. он женился на Елизавете Михайловне Быловой (1902–1985), которая до конца своей жизни оставалась ему верной женой и помощницей. У них родились три сына: Сергей (1927 г.), Георгий (1934 г.) и Михаил (1941 г.). Все трое стали учеными, сейчас достигли пенсионного возраста, но продолжают работать, подавая пример своим детям и внукам.

В 1929 г. М.С. Зверев окончил Консерваторию и решил продолжить свое астрономическое образование на механико-математическом факультете Московского государственного университета (МГУ), где его учителями были С.Н. Блажко (1870–1956), С.А. Казаков (1873–1936), А.А. Михайлов (1888–1983). Уже летом 1928 г. он возобновил наблюдения переменных звезд с биноклем, начатые им в Воронеже. Наряду с учебой в Университете Митрофан работал техником II разряда в Главном геодезическом управлении (1929–31 гг.). Летом 1930 г. участвовал в полевой экспедиции по определению базисов в триангуляции (расстояний между опорными геодезическими пунктами).

С начала 1931 г. М.С. Зверев работал в Астрономо-геодезическом институте при МГУ (ныне Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга, ГАИШ). Летом того же года, сразу после окончания Университета, его направили в длительную гравиметрическую экспедицию на Северный Кавказ. По возвращении из экспедиции М.С. Зверев стал научным сотрудником Сектора меридианных

наблюдений. Он приступил к наблюдениям на меридианном круге по программе “геодезических звезд”. В коллективной работе участвовало несколько обсерваторий под руководством профессора Н.В. Циммермана, заведующего Астрометрическим сектором Пулковской обсерватории.

Наряду с астрометрическими наблюдениями М.С. Зверев выполнял плановые задания Сектора переменных звезд. В 1929 г. в солидном немецком журнале “Die astronomische Nachrichten” (“Астрономические вести”) по рекомендации С.Н. Блажко опубликована его первая статья – “О личной ошибке цвета” при глазомерной оценке блеска звезд. Проблему учета систематических ошибок при определении блеска звезд он детально рассматривает в обширном исследовании, основанном на материалах собственных наблюдений в 1921–34 гг. Работа М.С. Зверева, посвященная оценкам изменений яркости звезд, приобрела научную ценность. Монография на эту тему напечатана в “Трудах ГАИШ” (1936 г., том VII). К вопросу о систематических ошибках в оценках яркости звезд М.С. Зверев возвратился в коллективном труде “Переменные звезды”¹. Результатом наблюдений на 7-дюймовом рефракторе ГАИШ в 1933–40 гг. стала серия статей о переменных звездах.

В 1934–40 гг. М.С. Зверев участвует в исследованиях Сектора гравиметрии ГАИШ, работает (по совместительству) в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) и Всесоюзном тресте основных геодезических и гравиметрических работ (ВТОГиГР). В этот период опубликован еще один цикл статей, свидетельствующий о разносторонности его научных интересов и огромной работоспособности. В Тресте ОГ и ГР он руководил лабораторией, летом 1936 г. организовал экспедицию на Кавказ по определению координат астропунктов в триангуляциях I и II классов, в которой участвовал лично.

¹ М.С. Зверев, Б.В. Кукаркин, Д.Я. Мартынов, П.П. Паренаго, Н.Ф. Флоря, В.П. Цесевич. Переменные звезды, т. 3: Методы изучения переменных звезд. М., 1947.

Однако проблемы меридианной астрономии все более увлекали его. Наблюдения “геодезических звезд” и предварительная обработка результатов в ГАИШе были закончены в 1938 г. М.С. Зверев предложил обширную программу наблюдений звезд от 7-й и 9-й величины с помощью *меридианного круга* для составления Каталога слабых звезд. В него вошли около 40 тыс. звезд северного и южного неба.

Идею создания КСЗ выдвинули еще в 1932 г. пулковские астрономы – директор Государственной астрономической обсерватории (ГАО) Б.П. Герасимович и его заместитель Н.И. Днепровский. Но через несколько лет идеологи КСЗ погибли в водовороте репрессий 1937 г., имена их как “врагов народа” были “забыты” надолго, вплоть до реабилитации в 1956 г. Тем не менее в ноябре 1938 г., по инициативе московских астрономов М.С. Зверева и П.П. Паренаго, в Пулкове было созвано специальное совещание, посвященное проблеме КСЗ (это была уже Третья Астрометрическая конференция).

Составленные группой М.С. Зверева списки звезд для наблюдений одобрила Четвертая Астрометрическая конференция, состоявшаяся в Казани в ноябре 1939 г. Начатые в 1938 г. меридианные наблюдения звезд для КСЗ продолжались до начала Отечественной войны 1941–1945 гг.

В 1938 г. М.С. Звереву решением ВАК была присуждена ученая степень кандидата наук без защиты диссертации. С 1941 г. до 1946 г. он заведовал Службой времени ГАИШ, известной в стране сигналами точного времени. М.С. Зверев провел реорганизацию Службы, затронувшую все стороны ее деятельности – от повышения точности астрономических наблюдений и усовершенствования хранения времени с помощью высокоточных часов до методов обработки наблюдений и составления бюллетеней моментов подачи радиосигналов времени. Анализ деятельности Службы времени ГАИШ в 1941–44 гг. стал темой докторской диссертации М.С. Зверева, которую он успешно защитил в 1947 г. С 1933 г. М.С. Зверев преподавал астрономические дисциплины в МГУ, с 1939 г.

в должности доцента он читал специальный курс астрометрии и курс общей астрометрии, включающий сферическую и практическую астрономию, а с 1944 г. еще и курс высшей геодезии. С января 1948 г. М.С. Зверев – профессор кафедры астрометрии.

С 1946 г. до ноября 1951 г. М.С. Зверев – заместитель директора ГАИШ, с 10 ноября 1951 г. – заместитель директора Пулковской обсерватории (ГАО АН СССР), директором которой в 1947 г. был его учитель А.А. Михайлов. В связи с новым назначением М.С. Зверев вместе с женой и младшим сыном переехал в Пулково. М.С. Зверев в 1947 г. вступил в ВКП(б).

Разрушенная в годы Отечественной войны, Пулковская обсерватория в начале 50-х гг. находилась еще в стадии восстановления. Именно ей предстояло заняться решением традиционной задачи создания звездных каталогов.

Еще в августе 1948 г. М.С. Зверева командировали в Швейцарию на VII Генеральную ассамблею **Международного астрономического союза (МАС)**, где он был избран членом МАС. Митрофан Степанович установил личные контакты с зарубежными астрометристами, а также привлек к участию в создании КСЗ крупнейшие обсерватории мира. На VIII Генеральной ассамблее (сентябрь 1952 г., Рим) прозвучали два доклада: М.С. Зверева – “Каталог слабых звезд как астрометрическая проблема” и А.Н. Дейча – “Использование внегалактических объектов для построения абсолютной системы собственных движений звезд”. Доклад А.Н. Дейча на этом съезде зачитал А.А. Немиро. Съезд избрал М.С. Зверева президентом Комиссии № 8 (Меридианная астрономия), на посту которого он находился два срока (1952–58 гг.).

В 1953 г. М.С. Зверева избрали в члены-корреспонденты АН СССР. 20–23 мая 1954 г. состоялось торжественное открытие возрожденной Пулковской обсерватории. К этому времени в Пулкове уже были установлены основные астрометрические инструменты и возобновились прерванные войной наблюдения.

С 29 августа по 5 сентября 1955 г. в Дублине (Ирландия) проходил IX съезд



А. А. Немиро и М. С. Зверев. 1953 г.

МАС. Ему предшествовала Астрометрическая конференция, созванная в Брюсселе в марте 1955 г. для обсуждения советского проекта КСЗ. На конференции присутствовали М.С. Зверев и А.А. Немиро. Американцы выступили со встречными предложениями. Будущий каталог получил название **AGK3R** (R – reference stars – опорные звезды).

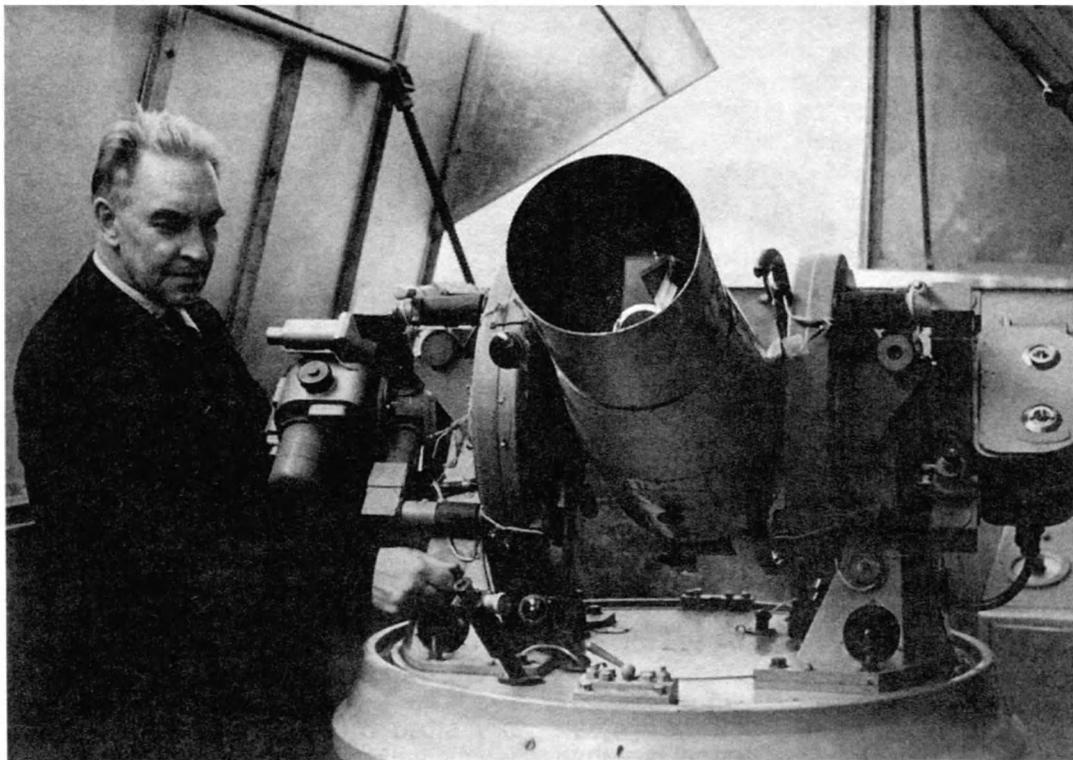
К 1956 г. советские обсерватории полностью закончили наблюдения так называемых *фундаментальных звезд* КСЗ, выделенных в отдельный список. М.С. Зверев и Д.Д. Положенцев опубликовали “Предварительный сводный каталог фундаментальных слабых звезд со склонениями от $+90^\circ$ до -20° (ПФКСЗ)” (Труды ГАО, 1958, т. 72). Этот каталог включает 931 звезду, положения которых отнесены к системе **Фундаментальных каталогов FK3**.

Х съезд МАС (Москва, август 1958 г.) рекомендовал Комиссии № 8 подгото-

вить к 1962 г. программу перенаблюдения ярких и слабых звезд Южного полушария для создания обширных фотографических каталогов. С этого момента началось составление международного каталога *Southern reference stars* – *южные опорные звезды (SRS)*. Подготовку списков звезд поручили Капской обсерватории (ЮАР).

В мае 1959 г. в Цинциннати (Огайо, США) состоялась конференция с участием представителей всех южных и ряда северных астрометрических обсерваторий. Обсуждались проблемы каталога SRS. Присутствовавшие на конференции М.С. Зверев и А.А. Немиро заявили о планируемой советской экспедиции в Южное полушарие. Ее цель – организация меридианных наблюдений звезд по программам SRS и BS (Bright stars – яркие звезды). В ноябре 1960 г. Чилийский университет и Академия наук СССР решили организовать астрономические работы в Сантьяго-де-Чили.

Подготовка к наблюдениям предусматривала изготовление новых инструментов: *Большого пассажного инструмента* (БПИ) классического образца и



М.С. Зверев у Фотографического вертикального круга собственной конструкции. Пулково, 1974 г.



М.С. Зверев у рояля в своей квартире. Около 1972 г.

Фотографического вертикального круга (ФВК), конструкцию которого предложил М.С. Зверев. С помощью этих инструментов предполагалось производить абсолютные определения звездных координат; для дифференциальных наблюдений предназначался меридианный круг Чилийской обсерватории.

12 октября 1962 г. в Чили прибыла первая группа пулковских наблюдателей во главе с М.С. Зверевым (Земля и Вселенная, 1965, № 1). А в октябре 1966 г. там начала работу астрофизическая экспедиция в составе сотрудников Пулковской и Крымской обсерваторий. Перед ними стояли задачи, связанные с изучением спектральных характеристик звезд южного неба. В 1967 г. в Чили установили изготовленный в Ленинграде *двухменисковый астрограф* системы Максудова с отверстием 70 см (Земля и Вселенная, 1969, № 6). Началось фотографирование площадок неба, в первую очередь с галактиками, по плану А.Н. Дейча. За одиннадцать лет работы

(до 11 сентября 1973 г.) состав астрометрической экспедиции сменялся несколько раз, но М.С. Зверев оставался бессменным ее руководителем.

В Чили особенно ярко проявились и музыкальные способности М.С. Зверева. Там он с успехом выступал в обсерватории и советском посольстве. Слушателям запомнился его фортепианный концерт в Национальной библиотеке Сантьяго в ноябре 1965 г., посвященный А.Н. Скрябину. Это выступление вызвало восторженные отклики в прессе. Ряд концертов М.С. Зверев дал в Воронеже, Москве, Ленинграде и Пулковке (Земля и Вселенная, 1994, № 4). Ежедневные упражнения на рояле дома и в экспедиции (в Чили он пользовался роялем, взятым напрокат) порой происходили даже чаще, чем любимые им наблюдения звезд, которым нередко мешала пасмурная погода.

В 1967 г. Морская обсерватория США закончила составление каталога AGK3R и разослала его потребителям. Наблюдения SRS были в основном закончены к 1973 г. Составление сводного каталога XI съезд МАС (Беркли, Калифорния, США, август 1961 г.) поручил Пулковской и Вашингтонской (Морской) обсерватории-

ям, причем результаты наблюдений в зоне склонений от 0° до -30° посылал в Вашингтон, а от -30° до -90° – в Пулково. Обе обсерватории для составления полных каталогов (в двух вариантах) обменивались информацией. Вскоре после выполнения обоих вариантов в Вашингтоне и Пулковке была просчитана компромиссная версия, которая стала использоваться после выхода в свет фундаментального каталога FK5 (1989 г.).

К 85-летию М.С. Зверева вышли два каталога – AGK3R и SRS, содержащие более 41 тыс. опорных слабых звезд. Можно сказать, что цель жизни М.С. Зверева была достигнута.

М.С. Зверев умер 17 ноября 1991 г. Современные достижения астрометрии были бы невозможны без труда предыдущих поколений, включая, конечно, труд Митрофана Степановича. Классические астрометристы, занимавшиеся проблемой, условно названной “Каталог слабых звезд”, действительно создали базу для астрономических исследований в XXI в.

А.Н. ДАДАЕВ,

кандидат физико-математических наук

Из воспоминаний о М.С. Звереве

Моя первая встреча с М.С. Зверевым

В начале сентября 1964 г. меня, тогда работавшего ученым секретарем Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) при АН СССР, вызвал президент ВАГО профессор Д.Я. Мартынов и сообщил, что наши многолетние усилия по созданию научно-популярного журнала “Земля и Вселенная” увенча-

лись успехом. Д.Я. Мартынов поручил мне возглавить редакцию журнала. Я совершенно не собирался заниматься научной журналистикой, да и не был готов выполнять подобную работу. Однако Дмитрий Яковлевич настаивал на своем. “Ну что же, – сказал он, – поработаете месяц, наладите дело, а там будет вид-

но...” Но произошло следующее: не успел я обработать свой “срок”, как мое место в аппарате ЦС ВАГО было уже занято (Д.Я. Мартынов пригласил В.А. Бронштэна). В результате согласившись поработать в редакции всего лишь один месяц, я остаюсь в ней до сих пор, то есть ... 39 лет! Д.Я. Мартынов был главным редактором нашего журнала 24 года (с 1965 г. по 1989 г. – до своего ухода из жизни). Его сменил на этом посту член-корреспондент РАН В.К. Абалакин.

Почему я сейчас вспомнил об этом? Явившись 18 сентября в пустую комнатушку, которую отвели редакции в полуподвальном помещении на Ленинском проспекте, я просто не знал, с чего начать, ведь не было даже одной статьи для первого номера будущего журнала. Но вскоре она все-таки оказалась у меня в руках: ее прислал Митрофан Степанович Зверев. Что делать с ней, я представлял довольно смутно, но поскольку другой работы пока не было, я статью отредактировал, как мог, и отправил на подпись М.С. Звереву, не оставив копии. Никакого ответа из Пулкова не последовало, статья исчезла, и мне ничего не оставалось, как броситься на поиски других статей, написать которые я не очень успешно уговаривал многих. И вот когда увидеть статью М.С. Зверева я уже не надеялся, она в один прекрасный день появилась, причем Митрофан Степанович сам принес ее в редакцию. До этого мне с ним не

приходилось встречаться. Поэтому я не забеспокоился, когда в редакцию вошел, отдуваясь, весьма крупный мужчина и спросил: “Есть здесь Левитан?”, хотя никого, кроме меня, в комнате не было, грузно опустился на стул и, порывшись в портфеле, выдавшем виды, извлек из него какие-то бумаги. “Это моя статья, – прогремел он и добавил: – Я – Зверев!” Пока он артистично выдерживал паузу, я расставался со своим спокойствием и далее услышал: «Получив от Вас “отредактированную” статью, я в первый момент не знал, что делать с ней и с Вами. Но у меня было много более важных дел, и я уже через час забыл о статье и о Вас, а эти бумаги затерялись среди других. И вот вчера, опаздывая на “Красную стрелу” и запихивая в портфель необходимые для командировки материалы, я обнаружил эту статью, которую тоже на всякий случай засунул в портфель. В поезде, попив чаю, я стал приводить в порядок взятые с собой материалы, вновь наткнулся на нее и перечитал. И знаете... Она мне понравилась. Спасибо!» Сказав все это, он встал, церемонно протянул руку и крепко пожал мою...

Так появилась в № 1 за 1965 г. статья М.С. Зверева “Пулковские астрометристы в Чили”, и с этого началось мое знакомство со знаменитым астрономом и удивительным человеком.

Е.П. ЛЕВИТАН

Устойчивое (ноосферное) развитие

А. Д. УРСУЛ,
академик АН Молдовы

В конце XX в. состоялась Конференция ООН по окружающей среде и развитию (июнь 1992 г., Рио-де-Жанейро), которая приняла историческое решение об изменении курса движения в будущее всего мирового сообщества. Такое беспрецедентное решение глав правительств и лидеров 179 стран было принято в связи со стремительно ухудшающейся глобальной экологической ситуацией. Анализ ее динамики вынуждает прогнозировать возможную глобальную катастрофу: гибель всего живого на планете уже в XXI в. Спасение человечества – в переходе на путь устойчивого развития, ведущий к предсказанному В.И. Вернадским форми-

рованию на Земле сферы разума – ноосферы.

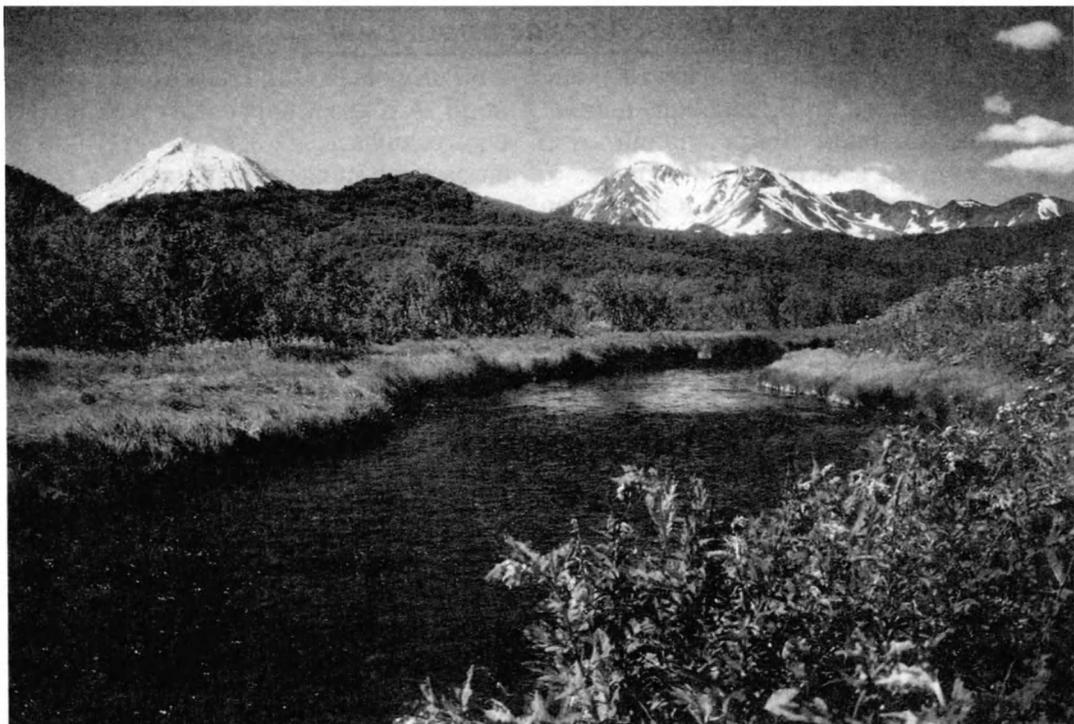
ПЕРЕХОД К УСТОЙЧИВОМУ
БУДУЩЕМУ

Изменение климата в результате выброса парниковых газов, недостаток и загрязнение пресной воды и воздуха, исчезновение лесов и опустынивание, сокращение биоразнообразия, рост численности населения (и его перемещение), накопление отходов, деградация почв и экосистем, химическое загрязнение, истощение озонового слоя и природных ресурсов, нарушение биогеохимических циклов, распространение заболеваний (включая появление новых), урбанизация – важнейшие экологические проблемы

современного человечества. Все они – глобальные, и почти каждая из них, если будет продолжаться стихийное развитие цивилизации, может привести к гибели человечества и биосферы. О них говорится в докладе ЮНЕП¹ “Глобальная экологическая перспектива – ГЕО-3”, изданном в середине 2002 г.

Человечество осознало пагубность традиционного пути эволюции. На конференции в Рио-де-Жанейро в 1992 г. он охарактеризован как “модель неустойчивого развития”, чреватого опасностями, угрозами, кризисами, катастрофами, оминцидом (гибелью всего живого). Естественная реакция мирового сообщества, стремящегося к выжи-

¹ ЮНЕП – Программа ООН по окружающей среде.



ванию и поступательному развитию, – переход к новой модели (стратегии), обозначенной термином “устойчивое развитие”.

Общество столкнулось с обострившимися противоречиями между его растущими потребностями и неспособностью биосферы их обеспечить. В результате социально-экономический прогресс принял характер ускоренного движения к глобальной экокатастрофе. Под угрозой оказались не только удовлетворение жизненно важных потребностей и интересов будущих поколений людей, но и сама возможность их существования. Разрешить этот кризис можно лишь при цивилизационном развитии, не грозящем биосфере разрушением.

Термин “устойчивое развитие” получил широкое распространение после публикации доклада, подготовленного для ООН в 1987 г. специально созданной (в 1983 г.) Международной комиссией по окружающей среде и развитию. Ее возглавила Гру Харлем Брунтланд, в то время премьер-министр Норвегии. В русском издании доклада в виде книги “Наше общее будущее” английский термин “sustainable development” переведен как “устойчивое развитие”, хотя можно найти и другие его значения – “поддерживаемое, длительное, непрерывное, подкрепляемое, самоподдерживаемое, сбалансированное, защищаемое развитие”.

В документах Конференции в Рио правительство

Сохранение окружающей среды – важнейшая задача человечества, встающего на путь устойчивого развития. В Список мирового наследия ЮНЕСКО среди других регионов включена вулканическая область Камчатки. Фото Джима Торселла, Международный Союз охраны природы.

ву каждой страны предлагалось утвердить **национальную стратегию устойчивого развития**. Россия откликнулась на это предложение в 1996 г., когда указом Президента РФ была принята “Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию”. Это стало первым шагом в сбалансированном решении социально-экономических задач и проблем сохранения бла-

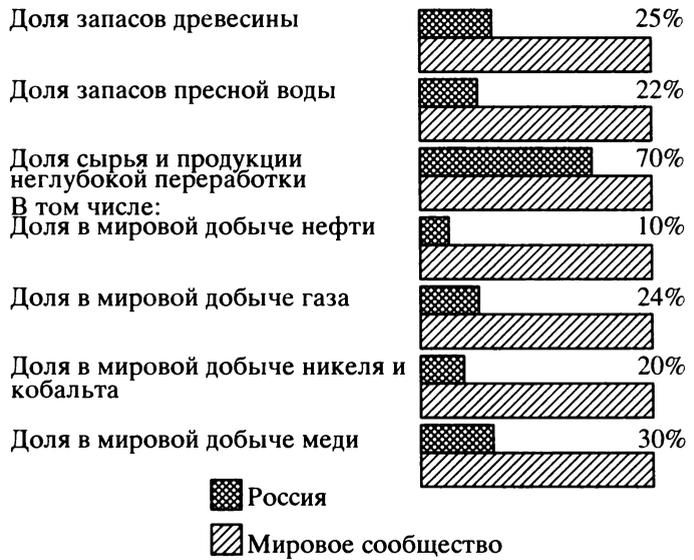
Концепция устойчивого развития России предполагает рациональное включение экономики страны в глобальную систему. Требуется изменить соотношение отдельных отраслей хозяйства России в мировой экономике. Данные взяты из Бюллетеня "Использование и охрана природных ресурсов в России", 2002, № 9–10.

гоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала для удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений людей. В настоящее время завершается работа над государственной стратегией устойчивого развития Российской Федерации.

После свершения агрокультурной и индустриальной цивилизационных революций весь мир оказался на пороге не менее, а, может быть, и более фундаментального **третьего революционного переворота**. Стратегию устойчивого развития нельзя создать, исходя из традиционных общечеловеческих представлений и ценностей, основываясь на **стереотипах мышления**. Она требует выработки новых научных и мировоззренческих подходов, соответствующих не только современным реалиям, но и предполагаемым перспективам развития системы "общество – природа".

На наш взгляд, понятие "устойчивое развитие" определяют два основных признака – антропоцентрический и биосфероцентрический.

Роль Российской Федерации в мировой экономике



Антропоцентрический признак в широком смысле – это **выживание человечества** и обеспечение его потомкам не меньше возможностей по сравнению с настоящими поколениями для удовлетворения своих потребностей в природных экологических условиях Земли и космоса.

Биосфероцентрический (то есть природно-экологический) признак связан с **сохранением биосферы** как естественной основы жизни на Земле. Ее устойчивость и естественная эволюция должны остановить дальнейшее развитие человечества по экофобной (уничтожающей природное окружение) форме. В книге "Наше общее будущее" отмечается, что "стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми и между обществом и природой".

При новой цивилизационной стратегии развития экономическая, экологическая, социальная и другие сферы деятельности образуют единую самоорганизующуюся систему. В этом смысле устойчивый прогресс должен характеризоваться (как минимум) экономической эффективностью, биосферосовместимостью и социальной справедливостью при общем снижении антропогенного пресса на биосферу.

Под устойчивым развитием мы будем понимать такую *форму жизни человечества, при которой удовлетворение потребностей настоящих поколений осуществляется без ущерба для будущих*. Управляемое сбалансированное общество предполагает сохранение природной основы и непрерывный прогресс цивилизации. Это **коэволюция**

системы “человек – общество – природа”.

ИТОГИ ВСЕМИРНОГО САММИТА

В августе – сентябре 2002 г. в г. Йоханнесбурге (ЮАР) состоялся **Всемирный саммит по устойчивому развитию**. Он собрался спустя десять лет после Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро. Саммит подтвердил приверженность мирового сообщества к переходу на путь устойчивого развития. Это касается и России.

Официальные документы Саммита – “Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию” и “План выполнения решений Всемирной встречи на высшем уровне по устойчивому развитию”. Переход к устойчивому развитию всего мирового сообщества предполагается начать в 2005 г. Именно к этому времени государства, входящие в ООН, должны будут подготовиться к реализации новой цивилизационной парадигмы, то есть создать концепции, план действий, стратегии, программы и исполнительные органы. 2005–15 гг. станут декадой начала перехода общества к устойчивому развитию. Например, предполагается в результате усиления внимания к социальным проблемам в странах “третьего мира” к 2015 г. вдвое уменьшить число людей, не имеющих необходимых санитарных условий и доступа к чис-



Эмблема Международного саммита по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (август–сентябрь 2002 г.).

той питьевой воде, восстановить устойчивое рыболовство, снизить темп потери биоразнообразия (уже к 2010 г.).

В отличие от Конференции 1992 г., Саммит в Йоханнесбурге акцентировал внимание не на проблемах охраны окружающей среды, а на социально-экономических вопросах развития и безопасности. В Йоханнесбурге речь шла прежде всего об удовлетворении основных нужд человека, таких как потребность в чистой воде, санитария, энергия, охрана здоровья, продовольственная безопасность и биологическое разнообразие. Много говорилось о получении доступа к финансовым ресурсам, открытии рынков, использовании современных технологий и принятии мер для того, чтобы обеспечить их передачу тем, кто ими не владеет, развитию человеческого потенциала, образовании и подготовке кадров. Слаборазвитость

навеки должна кануть в Лету.

В Рио-де-Жанейро впервые был провозглашен **новый курс в развитии цивилизации**, определена “новая повестка дня для устойчивого развития” и выработано “общее видение ожидающего человечество будущего”. В Йоханнесбурге проанализирована готовность мирового сообщества строить это безопасное будущее.

Традиционная модель развития (стихийная эволюция, ведущая нас по инерции уже не в направлении всеобщего прогресса, как считали ранее), грозит планетарным омницидом. Другая модель (устойчивое равновесие) существует пока лишь на концептуально-теоретическом уровне и представляет собой в основном мировоззренческие ожидания, политические декларации и благие положения на глобальном, региональном, национальном и местном уровнях. Альтернатива глобальной катастрофе – переход к новой эволюционной модели. Но стратегические цели такого перехода вступают в противоречие с политикой, тактикой и конкретным поведением ныне действующих властей, а также с жизненной ориентацией большинства населения планеты. Предстоит жесткая борьба с неустойчивым настоящим и прошлым. В этом – противоречие и драматизм XXI в. Он станет либо веком сменного курса цивилизационного процесса и перехода к устойчивому будущему че-

На церемонии открытия Всемирной встречи по устойчивому развитию в Йоханнесбурге. Подъем Национального флага ЮАР. Фото 2002 г.

ловечества, либо печальным финалом его истории.

ВОПЛОЩЕНИЕ ИДЕЙ
О НООСФЕРЕ

Россия занимает особое место в становлении теории устойчивого развития, которая, по нашему мнению, существенно укрепит единство науки и приведет к концептуальной революции в социально-гуманитарном знании, ориентированном до сих пор на изучение модели неустойчивого развития.

Важно отметить, что идеи о роли разума в развитии социоприродных систем высказаны еще **В.И. Вернадским** и **К.Э. Циолковским**. Они нашли воплощение в концепции устойчивого развития, на что обратил внимание Президент России В.В. Путин на деловом саммите “Бизнес и глобализация”, состоявшемся 15 ноября 2000 г. в Брунее.

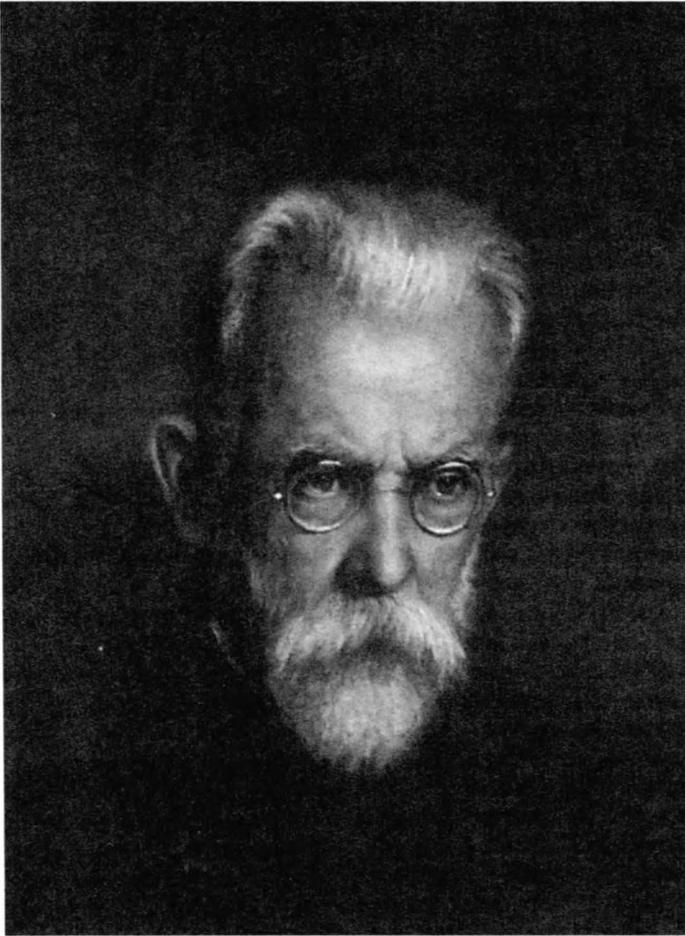
В “Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию” сказано, что движение человечества в этом направлении в конечном счете приведет к формированию ноосферы, предсказанной В.И. Вернадским. Тогда мерилom национального и индивидуального богатства станут духовные ценности и знания Человека, живущего в гармонии с окружающей средой.



В.И. Вернадский выдвинул идею становления ноосферы и **социальной автотрофности** (безотходное потребление ресурсов) в качестве главного направления дальнейшей истории развития человечества. В.И. Вернадский полагал, что ноосфера еще не существует, а ее появление в будущем – естественно-исторический процесс. Она сформируется стихийно, как и все предшествующие общественно-

экономические, социально-технологические и аналогичные формации и этапы эволюции человечества.

Однако сейчас, когда обнаружались и обострились глобальные проблемы, угрожающие гибелью цивилизации, стало ясно, что формирование ноосферы можно приблизить лишь при социально-технологическом проектировании будущего. На пути к ноосфере наука, обретая свое планетарно-глобаль-



Владимир Иванович Вернадский, развивавший идею становления ноосферы и социальной автотрофности. Фото 1945 г.

ное измерение, будет, как и предвидел В.И. Вернадский, играть приоритетно-доминирующую роль.

Цели перехода к устойчивому развитию – сохранение биосферы и выживание человечества. Его основные принципы:

– **Во-первых**, сохранение биосферы и связанный с ним биоцентризм, в отличие от современного антропоцентризма.

– **Во-вторых**, козволочия общества и природы, то есть их совместное развитие. В соответствии с ним человечество может неопределенно долго су-

ществовать на планете, а биосфера, благодаря существенному снижению антропогенного давления, сохранит устойчивость и будет эволюционировать.

– **В-третьих**, равные возможности в удовлетворении жизненно важных потребностей (в том числе в экологических условиях и природных ресурсах) для нынешних и будущих поколений.

– **В-четвертых**, справедливость в широком смысле слова. Этот принцип в документах ООН считается главным для устойчивого развития. При

этом некоторые черты справедливости должны быть перенесены на все живые существа: человек не может безнаказанно использовать их в своих целях и даже уничтожать.

Наконец, пятый принцип – приоритет нравственно-справедливого разума и интеллектуально-духовных потребностей и ценностей над материально-вещественными. Это уже специфически ноосферный принцип, требующий экогуманистической ориентации. Именно он окажется важнейшим средством последующего непрерывного развития цивилизации в гармонии с окружающей природной средой Земли и Вселенной.

Имеет смысл говорить о наступлении в начале XXI в. (под влиянием концепции устойчивого развития) нового этапа в учении о ноосфере (то есть **ноосферологии**).

НЕКЛАССИЧЕСКИЙ
ЭТАП НООСФЕРОЛОГИИ
И ГЛОБАЛИЗАЦИЯ

Процесс ноосферогенеза связан с сохранением биосферы (а не с превращением ее в ноосферу), причем он видится в стабилизации и регуляции биоты и всей окружающей среды. Становление ноосферы предполагает реализацию принципа **преемственности поколений** (выживание и непрерыв-

Президент неправительственного фонда им. В.И. Вернадского Р.И. Вяхирев вручает памятную медаль им. В.И. Вернадского академику АН Молдовы А.Д. Урсулу. Апрель 2002 г.



ное развитие цивилизации). На новом этапе учение о ноосфере включает в себя космическую деятельность и широкомасштабное освоение Вселенной как новую магистраль устойчивого развития человечества и обретения им, согласно идеям К.Э. Циолковского, **социального бессмертия**.

Этот этап учения о сфере разума связан с переосмыслением проблемы обеспечения безопасности при переходе к устойчивому развитию, возможному только в глобальном масштабе. Речь идет о становлении ноосферы на планете, но в перспективе возможно и возникновение **космоноосферы**. Глобальный характер становления сферы разума определяется не только экологическими соображениями, но фактически всеми составляющими системы перехода к устойчивому развитию.

Развернувшиеся в настоящее время процессы глобализации отражают стихийное движение цивилизации к постиндустриальному обществу – мегаобществу. Их важно направить в русло реализации целей устойчивого развития ноосферной ориентации.

Процесс глобализации начался в рамках старой

цивилизационной модели, позитивные перспективы его развертывания придутся на эпоху перехода к устойчивому развитию. Это принципиально планетарный процесс по своей сущности и масштабам. Соответственно обострившиеся в XX в. глобальные проблемы должны найти свое решение в ходе становления новой цивилизационной стратегии. Ведь переход к устойчивому развитию, носящий целенаправленный и системно-сбалансированный характер, являет собой средство решения всех глобальных проблем.

С переходом к устойчивому развитию наступает эпоха планетарной конвергенции стран и других субъектов мирового процесса, находящихся на различных уровнях развития. Несмотря на социально-экономические, политические, этнические, культурные и прочие особенности, все государства планеты должны будут одновременно включиться в гло-

бальный процесс, обеспечивающий в текущем тысячелетии выживание всему человечеству и сохранение биосферы.

Постиндустриальное общество может оказаться завершающей стадией модели неустойчивого развития (своего рода “концом” всей истории). Последующая за ним эпоха стихийного развития либо не реализуется вообще (в связи с переходом к новой цивилизационной стратегии), либо ввергнет человечество в пучину глобальной катастрофы. Вот почему XXI в. будет переломным для цивилизации. В начале III тысячелетия разрешится противоречие между старой и новой моделями развития. У человечества есть возможность разрешить упомянутое противоречие, реализовав стратегию выживания и созидания сферы разума, открывающую путь к бессмертию не только цивилизации, но и **мега-системы “человечество–Земля–Вселенная”**.

Три новых старта к Марсу

2 июня 2003 г. в 21 ч 45 мин по московскому времени с космодрома Байконур с помощью РН “Союз-ФГ” и разгонного блока “Фрегат” запущена АМС “Марс Экспресс” (ESA). Напомним, что на станции (общая масса 1200 кг) установлены 7 научных приборов массой 113 кг: три фотокамеры (в их числе стереокамера), фурнье-спектрометр, картирующий спектрометр, ИК-спектрометр, радар-высотомер (альтиметр), анализатор нейтральных атомов, а также аппаратура для радиоэксперимента (Земля и Вселенная, 2001, № 3). 27 декабря 2003 г. после тормозного импульса станция должна выйти на орбиту Марса высотой 259×11560 км, периодом обращения 7.5 ч и наклоном 86° . За 5 сут до торможения от АМС отделится посадочный аппарат “Бигль-2” массой 60 кг (“Бигль” – корабль, на котором Ч. Дарвин в 1831–36 гг. совершил кругосветное плавание). “Бигль-2” оснащен рентгеновским и Мёссбауэра спектрометрами, двумя стереокамерами, датчиками ветра и температуры, микроскопом и буро-

вым устройством для изучения грунта. Выбрано место посадки – равнина Исиды с координатами 10.6° с.ш. и 90° в.д. Предполагается, что за 180 сут “Бигль-2” изучит минеральный состав и физико-механические свойства грунта, определит наличие воды и органических веществ. В течение двух марсианских лет (около 1300 сут) орбитальный аппарат выполнит исследования в области метеорологии, геологии и геохимии.

В 2003 г., **10 июня** в 17 ч 58 мин 47 с и **8 июля** в 3 ч 18 мин 15 с по Гринвичу, с космодрома Канаверал с помощью РН “Дельта-2” стартовали американские АМС “MER” (Mars Exploration Rover – исследовательский марсоход). Работа двух идентичных станций увеличит надежность программы изучения Красной планеты. Станции должны достигнуть Марса 4 и 25 января 2004 г. соответственно. В отличие от “Mars Pathfinder” (Земля и Вселенная, 1997, № 4; 1998, № 3; 2000, № 4), спускаемый аппарат которого имел посадочную станцию и марсоход “Sojourner”, на “MER” не предусмотрена посадочная станция. Марсоходы несут 6 научных приборов: панорамную камеру, термоэмиссионный, альфа-протонно-рентгеновский и Мёссбауэра спектрометры, микроскоп и магнитную ловушку. Марсохо-

ды массой 130 кг оснащены манипулятором для взятия грунта и шлифовальным инструментом для изучения образцов породы. По программе, марсоходы в течение 90 сут должны исследовать геологическое строение поверхности, минеральный и физико-химический состав грунта, определить наличие воды. Ежедневно они будут преодолевать расстояние до 100 м. Связь и передачу данных марсоходы будут осуществлять через американскую АМС “Марс Одиссей”, находящуюся с 24 октября 2001 г. на орбите Марса (Земля и Вселенная, 2001, № 5; 2003, № 1). Во время посадки марсоходов сначала используются парашюты, затем надуваются амортизаторы (надувные баллоны), смягчающие удар о поверхность. После падения контейнер с марсоходом какое-то время будет подпрыгивать (расстояние от места посадки до успокоения может составить 1 км), после его остановки амортизаторы сдуются и втянутся в контейнер. Раскроются четыре лепестка, ровер перевернется на колеса и съедет на поверхность. Выбраны места посадки марсоходов: кратер Гусев в долине Маадим (15° ю.ш. и 185° з.д.) и земля Меридиана (2° ю.ш. и 5° з.д.).

По материалам ESA и NASA

Программа “Спейс Шаттл”: хроника полетов*

В 2002 г. состоялось 5 запусков космических кораблей “Спейс Шаттл”, из них 4 по графику сборки Международной космической станции (Земля и Вселенная, 2000, № 6). В ноябре 2002 г. опубликован новый график, предусматривавший завершение строительства станции в **январе 2008 г.**: в 2003 планировалось выполнить 5 полетов, с 2004 г. – по 4 экспедиции к МКС, из них лишь миссия STS-107 в 2003 г. не предусматривала стыковку со станцией (Земля и Вселенная, 2003, № 3). Но после трагедии КК “Колумбия” полеты кораблей отложены, а график вновь скорректирован.

Корабль “Атлантис” (программа STS-112) **стартовал 7 октября 2002 г.** в 19 ч 45 мин 51 с** с космодрома на мысе Канаверал. Главная задача экспедиции – доставка на МКС секции S1 основной

фермы американского сегмента, а также научной аппаратуры, расходных материалов и грузов.

В грузовом отсеке размещались секция S1 (устанавливалась на правой стороне станции) – четвертый из десяти элементов основной сборной фермы, а также научные приборы, инструменты для ремонта бортовых систем и служебное оборудование. В состав секции входят часть системы терморегулирования (включая поворотные панели радиаторов), первая из двух тележек для транспортировки грузов и членов экипажа по рельсовому пути вдоль фермы, оборудование систем связи и энергоснабжения. Секция выполняет функции: несущей конструкции фермы, передачи электроэнергии и информации от других ее частей, систем мобильного обслуживания, терморегулирования и связи, платформы для установки служебного и научного оборудования, работающего в открытом космосе. Размеры секции – 13,8 × 4,5 × 3,4 м, масса – около 13 т.

Общая стартовая масса ракетно-космической систе-

мы составила 2051 т (корабль “Атлантис” – 116,5 т, при посадке – 91,4 т), общая масса грузов на борту корабля – около 14 т.

Международный экипаж корабля состоял из 6 астронавтов (среди них 2 женщины): командир – капитан 1-го ранга ВМС США **Джеффри Эшби** (Jeffrey S. Ashby) (3-й полет, 389-й астронавт мира, 243-й астронавт США), пилот – полковник ВВС США **Памела Мелрой** (Pamela A. Melroy, 2-й полет, 397-й астронавт мира, 248-й астронавт США), 1-й специалист полета – доктор **Дэвид Вулф** (David A. Wolf, 3-й полет, 303-й астронавт мира, 191-й астронавт США), 2-й специалист полета (бортинженер) – **Сандра Магнус** (Sandra H. Magnus, 1-й полет, 421-й астронавт мира, 265-й астронавт США), 3-й специалист полета – доктор **Пирс Селлерс** (Piers J. Sellers, 1-й полет, 422-й астронавт мира, 266-й астронавт США) и 4-й специалист полета – **Федор Николаевич Юрчихин** (1-й полет, 423-й астронавт мира, 98-й космонавт России).

После нескольких маневров корабль вышел на орби-

* Продолжение. Начало см.: 1993, №№ 2, 3; 1994, № 5; 1995, №№ 2, 4, 5; 1996, №№ 1, 3, 6; 1997, № 4; 1998, №№ 1, 3; 1999, № 4; 2000, № 5; 2001, № 5; 2002, №№ 1, 2, 4; 2003, № 1.

** Здесь и далее время приведено по Гринвичу.



Международные экипажи корабля "Атлантис" (STS-112) и пятой основной экспедиции на борту МКС. В первом ряду – П. Уитсон, В.Г. Корзун и С.Е. Трещев. Во втором ряду – Д. Вулф, С. Магнус, П. Мелрой, Д. Эшби, П. Селлерс и Ф.Н. Юрчихин. Фото NASA.

ту стыковки с МКС: высота – 371 × 396 км, наклонение – 51.6° и период обращения – 92.15 мин. **Стыковка** с МКС прошла **9 октября** в 15 ч 16 мин 15 с. **10 октября** в 10 ч 35 мин начался монтаж секции S1 – с помощью манипулятора ее извлекли из грузового отсека и пристыковали к секции S0, доставленной в апреле 2002 г. КК "Атлантис" (STS-110). В тот же день в 15 ч 21 мин Д. Вулф и П. Селлерс из шлюзовой камеры "Квест" вышли в открытый космос, они подключили шины энергопитания и передачи информации к секции, демонтировали на ней фиксаторы балки радиаторов и мобильной тележки, установили телекамеры и развернули антенны радиосвязи. Выход продолжался 7 ч 01 мин. Во время *второго выхода 12 октября* в течение 6 ч 04 мин астронавты установили 24 устройства на гидроразъемы системы терморегулирования и состыковали гидромагистраль с баками аммиака секции S1. *Третий выход* астронавты совершили **14 октября**, за 6 ч 36 мин они восстановили

работоспособность блока разъемов мобильного транспортера-тележки для проезда по рельсам – удалили застрявший болт и опорные кронштейны, установили перемычки гидромагистралей между секциями S1 и S0.

В течение семи дней экипаж выполнил программу 9А в соответствии с графиком сборки МКС: смонтировал в модулях новое научное оборудование, перенес около 1 т привезенных грузов (емкости с водой, укладки с питани-



ем, одежду, компьютерное оборудование, другие расходуемые материалы), заменил вышедшую из строя аппаратуры и проверил работу некоторых систем модуля. В течение совместного полета корабля и станции с помощью двигателей КК "Атлантис" дважды повышалась орбита МКС (до 377 × 407 км).

16 октября в 13 ч 13 мин 30 с "Атлантис" **расстыковался** с МКС, совершил ее облет и перешел на более низкую орбиту – 372 × 406 км. **26-й полет** КК "Атлантис" **завершился 18 октября** в 15 ч 43 мин 40 с на посадочной полосе № 33 Космического центра им. Д. Кеннеди. Длительность миссии – 10 сут 19 ч 57 мин 49 с.

Корабль "Индевор" отправился в свой 19-й полет **24 ноября 2002 г.** в 00 ч 49 мин 47 с. Запуск корабля с 10 ноября трижды откладывался по различным причинам. Главные задачи программы STS-113 – доставка на МКС экипажа шестой основной экспедиции (МКС-6) и возвращение пятой, монтаж секции P1 (точная копия S1)

Астронавт Д. Вулф проводит стыковку гидромагистралей системы терморегулирования секции S1 (12 октября 2002 г.). Фото NASA.



Экипажи КК “Индевор” (STS-113) и шестой основной экспедиции МКС во время подготовки к полету: Д. Уэзерби, П. Локхарт, М. Лопес-Алегрía, Д. Херрингтон, К. Бауэрсокс, Н.М. Бударин и Д. Петтит. Фото NASA.

основной фермы американского сегмента, а также научной аппаратуры, расходных материалов и грузов.

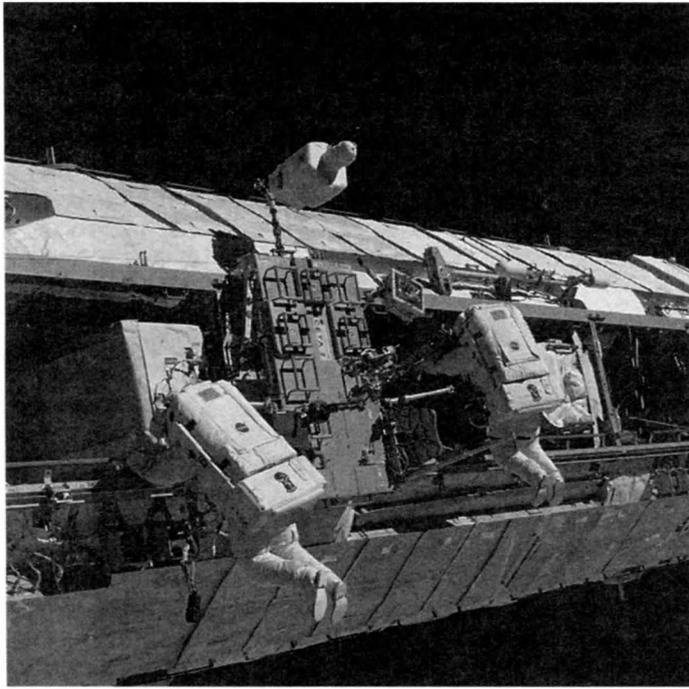
В грузовом отсеке размещены секция Р1 левой части элемента сборной фермы станции, научные приборы, инструменты и оборудование для работы в открытом космосе (в том числе скафандры), пусковая установка для

запуска сверхмалых космических аппаратов и два пико-спутника “Picosat”, грузы для станции – элементы служебных систем, научные установки и телеоборудование, расходные материалы (питание, вода, одежда). Секция состоит из тех же элементов, что и S1, размеры секции – $13.8 \times 4.5 \times 3.4$ м, масса – 12.5 т.

Общая стартовая масса ракетно-космической системы – 2050.7 т (корабль “Индевор” – 116.5 т, при посадке – 91.5 т), общая масса грузов на борту корабля – около 14 т.

В состав международного экипажа корабля вошли 7 человек: командир – капитан 1-го ранга ВМС США

Дональд Уэзерби (James D. Wetherbee) (6-й полет, 223-й астронавт мира, 134-й астронавт США), пилот – подполковник ВВС США **Пол Локхарт** (Paul S. Lockhart) (2-й полет, 417-й астронавт мира, 263-й астронавт США), 1-й специалист полета – капитан 1-го ранга ВМС США **Майкл Лопес-Алегрía** (Michael E. Lopez-Alegria) (3-й полет, 334-й астронавт мира, 212-й астронавт США), 2-й специалист полета (бортинженер) – капитан 2-го ранга ВМС США **Джон Херрингтон** (John B. Herrington) (1-й полет, 425-й астронавт мира, 267-й астронавт США), 3-й специалист полета –



Астронавты М. Лопес-Алегрía и Д. Херрингтон в открытом космосе во время монтажных работ на подвижной тележке основной фермы секции P1 (28 ноября 2002 г.). Фото NASA.

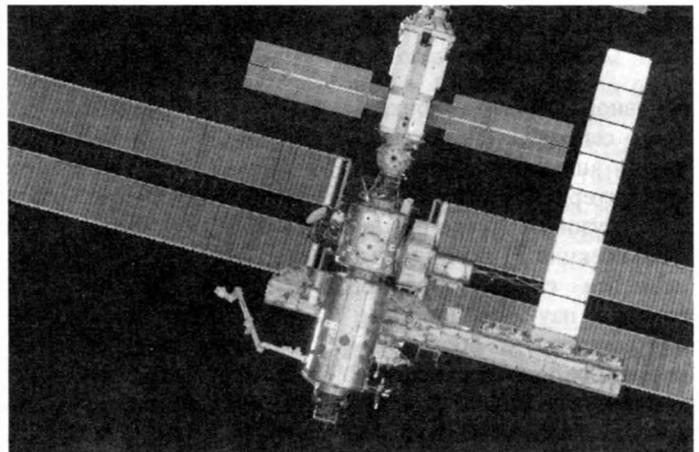
крытом космосе. Во время *первого выхода* они подключили шины энергопитания и передачи информации, установили устройства на гидроразъемах магистралей системы терморегуляции и ретранслятор изображения с видеокамер на шлемах скафандров астронавтов, демонтировали опорные кронштейны секции P1 и 24 фиксатора второй подвижной тележки. *28 ноября* во время *второго выхода* за 6 ч 10 мин астронавты установили перемычки между магистральями контуров терморегулирования S0 и P1, освободили проезд тележке – демонтировали штыри на рельсовом пути, перенесли вторую тележку

Вид Международной космической станции из иллюминатора корабля "Индевор" после стыковки 2 декабря 2002 г. Фото NASA.

капитан 1-го ранга ВМС США **Кеннет Бауэрсокс** (Kenneth D. Bowersox) (5-й полет, 271-й астронавт мира, 170-й астронавт США), 4-й специалист полета – **Николай Михайлович Бударин** (3-й полет, 326-й астронавт мира, 82-й космонавт России) и 5-й специалист полета – доктор **Дональд Петтит** (Donald R. Pettit) (1-й полет, 426-й астронавт мира, 268-й астронавт США).

Корабль вышел на орбиту сближения с МКС (высота 378 × 400 км, наклонение 51.6°, период обращения 92.3 мин). **Стыковка** ко второму узлу модуля "Дестини" выполнена **25 ноября** в 21 ч 59 мин (на 33 мин позже графика). Установлен *рекорд массы МКС – 275.9 т* (с кораблями "Союз ТМА-1" и "Прогресс М1-9"). На станцию доставлен экипаж **шестой основной экспедиции**

(МКС-6) – **К. Бауэрсокс, Н.М. Бударин и Д. Петтит**. **26 ноября** с 15 ч 01 мин до 19 ч 30 мин с помощью манипуляторов корабля и SSRMS ("Канадарм-2") **шестой элемент P1** сборной основной фермы был состыкован с секцией S0, после чего астронавты М. Лопес-Алегрía и Д. Херрингтон в течение 6 ч 45 мин работали в от-



Международный экипаж КК "Колумбия" (STS-107) перед стартом: Д. Браун, Р. Хазбанд, Л. Кларк, К. Чаула, М. Андерсон, У. МакКул и И. Рамон. Фото NASA.

массой 270 кг к первой на секцию S1, убрали фиксаторы балки радиатора P1, закрепили теплоизолирующее покрытие выходного люка и второй комплект ретранслятора видеоизображения работ, проводимых на внешней поверхности станции. 30 ноября во время демонстрации движения транспортера две тележки, проехав 14 м, остановились на секции P1, поэтому необходимо было найти причину отказа. *Третий выход* астронавты выполнили в ночь с 30 ноября на 1 декабря – в течение 7 ч они нашли причину отказа транспортера (блок электроразъемов зацепился за радиоантенну, пришлось ее перевести в рабочее положение и подключить к питанию, тележки проехали до конца рельсового пути и были зафиксированы); установили оставшиеся устройства на гидроразъемах магистралей системы терморегуляции и состыковали гидромагистрали; освободили от фиксаторов секции радиаторов терморегулирования для их раскрытия; выполнили другие монтажные работы. До 2 декабря экипажи "Индевора" и МКС-5 перенесли около 1 т грузов на станцию и корабль, заменили неисправное оборудование, провели ремонт систем и установили научные приборы. В течение полета выполнены три коррек-



ции орбиты МКС (повышена до 391.6×401.5 км).

Расстыковка корабля и станции прошла **2 декабря** в 20 ч 05 мин, затем из грузового отсека "Индевора" успешно отделена пара пикопутников. Масса спутников – по 1 кг, после отделения от корабля они соединялись тонким фалом длиной 152 м. В течение трех дней после запуска спутники провели эксперименты по передаче и обмену данными между двумя ИСЗ, проверили работу инерциальной системы измерений микромеханической системы и увеличили мощность радиопередатчиков.

В течение следующих четырех дней экипаж готовился к посадке, но ее откладывали из-за плохой погоды. **Полет закончился 7 декабря** в 19 ч 37 мин 12 с на посадочной полосе № 33 Космического центра им. Д. Кеннеди. Длительность полета – 13 сут 18 ч 47 мин 25 с. На Землю **возвратился экипаж пятой основной экспедиции** – командир МКС В.Г. Корзун

(РФ), научный специалист доктор П. Уитсон (США) и бортиженер С.Е. Трещев (РФ), их полет продолжался **184 сут 22 ч 14 мин 23 с.**

113-й полет по программе "Спейс Шаттл" **начался 16 января 2003 г.** в 15 ч 39 мин 00 с. Последний, 28-й полет КК "Колумбия" начался неудачно – на 81-й с при скорости 230 м/с кусок теплозащитного покрытия внешнего топливного бака отвалился, ударился о нижнюю поверхность левого крыла корабля. По наиболее вероятной версии, крыло было повреждено (до окончания работы комиссии по расследованию причины катастрофы любая из версий считается неофициальной), что привело к прогару крыла при посадке. Такое уже случилось во время стартов по программам STS-87 (ноябрь 1997 г.) и STS-112 (октябрь 2002 г.), когда "Колумбия" приземлялась с поврежденной теплозащитой, но последствия не были столь катастрофическими. По другой



а



б

Астронавты "Колумбии" во время проведения экспериментов: а) Р. Хазбанд и Л. Кларк работают с "перчаточным ящиком" в модуле "Спейсхэб"; б) И. Рамон, К. Чаула, М. Андерсон и Д. Браун в кабине корабля. Фото NASA.

платформе в хвостовой части грузового отсека. Эксперимент рассчитан на исследование пространственно-временного распределения, оптических, химических и физических характеристик аэрозолей (частиц пыли) в атмосфере над Ближним Востоком и Средиземным морем, а также источников их возникновения. На борту "Колумбии" находились 13 крыс, 8 пауков, 5 шелко-вичных червей и 3 кокона, икринки японских пескарей, различные рыбки, 15 муравьев и пчелы. В числе грузов модуля "Спейсхэб" были расходные материалы – питьевая вода, питание, аптечки, инструменты и оборудо-вание.

Стартовая масса транспорт-ной системы – 2051 т (включая КК "Колумбия" – 116,5 т), общая масса модуля "Спейсхэб" и открытых плат-форм с грузами и аппарату-рой – 10,8 т.

На корабле находился международный экипаж из 7 человек (среди них 2 жен-щины): командир – полков-ник ВВС США **Рик Хазбанд** (Rick D. Husband) (2-й полет, 386-й астронавт мира, 242-й астронавт США), пилот – ка-питан 2-го ранга ВМС США **Уильям МакКул** (William C. McCool) (1-й полет, 427-й астронавт мира, 269-й астро-

версии, причина аварии – столкновение с "космическим мусором" при посадке (Земля и Вселенная, 2002, № 2).

Программа STS-107 пре-дусматривала проведение экспериментов в автоном-ном полете, который плани-ровался на май 2000 г. В гру-зовом отсеке корабля разме-щались коммерческий двой-ной лабораторный модуль "Спейсхэб" массой 8100 кг (3400 кг – грузы), негерме-тичная поперечная ферма массой 1075 кг с 6 автоном-ными научными приборами для работы в открытом кос-мосе. В модуле "Спейсхэб" и на открытых платформах

размещались 32 установки для проведения более 100 экс-периментов (из них 80 основ-ных) в области космической биологии и медицины, кос-мической технологии, физи-ки и физики Земли, материа-ловедения и физики горения, производства полупровод-никовых кристаллов в усло-виях микрогравитации, кото-рые подготовили специали-сты NASA, ESA и космичес-ких агентств Японии, Кана-ды, Германии. Израильская аппаратура для проведения эксперимента MEIDEX (сре-диземноморско-израильский эксперимент изучения пыли) размещалась на открытой

навт США), 1-й специалист полета – капитан 1-го ранга ВМС США **Дэвид Браун** (David M. Brown) (1-й полет, 428-й астронавт мира, 270-й астронавт США), 2-й специалист полета – **Калпана Чаула** (Kalpana Chawla) (2-й полет, 366-й астронавт мира, 231-й астронавт США), 3-й специалист полета – подполковник ВВС США **Майкл Андерсон** (Michael P. Anderson) (2-й полет, 371-й астронавт мира, 234-й астронавт США), 4-й специалист полета – капитан 2-го ранга ВМС США **Лорел Кларк** (Laurel B. Clark) (1-й полет, 429-й астронавт мира, 271-й астронавт США) и специалист по полезной нагрузке – полковник ВВС Израиля **Илан Рамон** (Ilan Ramon) (1-й полет, 430-й астронавт мира, 1-й астронавт Израиля).

Корабль вышел на орбиту с параметрами: 270.8 × × 289.3 км, наклоном 39.02° и периодом обращения 89.99 мин. Во время 16-суточного полета корабль не корректировал орбиту, по-

этому к концу полета его высота снизилась до 261.3 × × 276.4 км. После выхода на орбиту началась расконсервация модуля “Спейсхэб”. И. Рамон участвовал в подготовке и проведении эксперимента MEIDEX, развертывании медицинской аппаратуры. На второй день полета вся научная аппаратура была включена и начались регулярные исследования. В последующие дни экипаж проводил интенсивные эксперименты, которые полностью завершил 31 января, после чего модуль “Спейсхэб” законсервировали. **1 февраля 2003 г.** в 13 ч 15 мин 30 с корабль на 255-м витке (на высоте 283 км) сошел с орбиты. “Колумбия” должна была приземлиться в 14 ч 16 мин в Космическом центре им. Д. Кеннеди. В 13 ч 50 мин началось интенсивное торможение корабля в атмосфере. Через две минуты датчики температуры в различных точках левого крыла стали регистрировать ее быстрый рост, но экипаж об этом не знал. С 13 ч 58 мин

33 с пропала информация с датчиков давления и температуры крыла. Автоматическая система контроля безопасности подала пилотам сигнал об аварийной ситуации. Р. Хазбанд успел доложить об этом в ЦУП, а в 13 ч 59 мин 32 с связь с экипажем прекратилась на высоте 61 км в 200 км от Далласа. К этому времени левое крыло “Колумбии” прогорело и разрушилось. Система управления не могла справиться с резко возросшим аэродинамическим сопротивлением, корабль развернуло, и он стал разламываться на части. “Колумбия” разрушилась: 12 тыс. обломков упали на территории штатов Техас и Луизиана. Экипаж погиб. Комиссия по расследованию причины катастрофы завершила расследование в июле 2003 г.

(По материалам NASA, журналов “Spaceflight”, “Space Shuttle News”, “Flieger Revue” и “Новости космонавтики” за 2002–2003 гг.)

С.А. ГЕРАСЮТИН

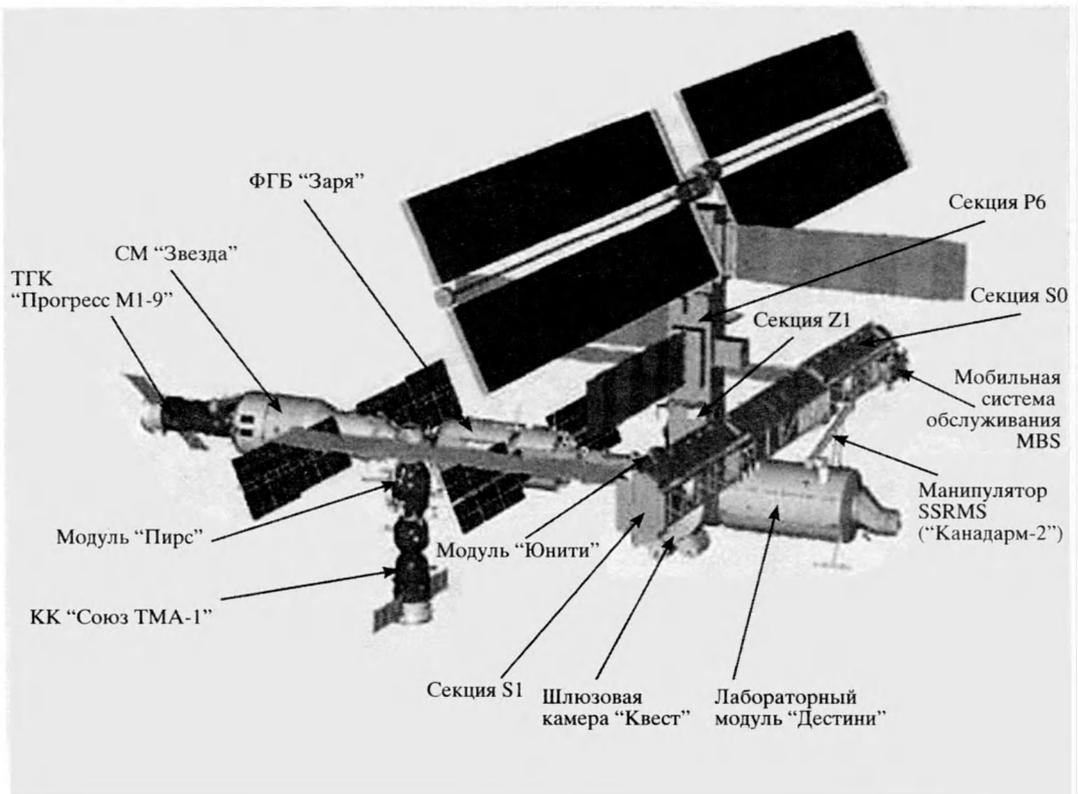
МКС в конце первого пятилетия своей работы

Несмотря на неопределенность в дальнейшем использовании кораблей типа "Спейс Шаттл" после трагедии экспедиции STS-107 (КК "Колумбия"), решено продолжить эксплуатацию Международ-

ной космической станции (Земля и Вселенная, 1999, №№ 2, 4; 2000, №№ 5, 6; 2001, № 5; 2002, №№ 1, 2, 4; 2003, № 1). Доставка экипажей экспедиций на МКС теперь будет осуществляться только российски-

ми КК "Союз ТМА", а грузов – транспортными ко-

Расположение модулей, сборных секций и космических кораблей на Международной космической станции. Декабрь 2002 г. Рисунок ЦУП-М.



ЭКИПАЖИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Экспедиция	Даты полета	Состав экипажа	Длительность, сут, ч, мин, с
МКС-1	31.10.2000–21.03.2001	У. Шеперд (США), Ю.П. Гидзенко и С.К. Крикалев (РФ)	140.23.38.00
МКС-2	8.03–22.08.2001	Ю.В. Усачев (РФ), Д. Восс и С. Хелмс (США)	167.06.40.49
ЭП-1	28.04–6.05.2001	Т.А. Мусабаев, Ю.М. Батурин (РФ) и Д. Тито (США)	7.22.04.08
МКС-3	10.08–17.12.2001	Ф. Калбертсон-мл. (США), В.Н. Дежуров и М.В. Тюрин (РФ)	129.10.55.31
ЭП-2	21–31.10.2001	В.М. Афанасьев, К.М. Козеев (РФ) и К. Энъере (Франция)	9.19.00.25
МКС-4	6.12.2001–19.06.2002	Ю.И. Онуфриенко (РФ), К. Уолз и Д. Бёрш (США)	195.19.38.13
ЭП-3	25.04–5.05.2002	Ю.П. Гидзенко (РФ), Р. Виттори (Италия) и М. Шаттлуорт (ЮАР)	9.21.25.18
МКС-5	5.06–7.12.2002	В.Г. Корзун, С.Е. Трещев (РФ) и П. Уитсон (США)	184.22.14.23
ЭП-4	30.10–10.11.2002	С.В. Залетин (РФ), Ф. де Винн (ESA, Бельгия) и Ю.В. Лончаков (РФ)	10.20.53.09
МКС-6	24.11.2002–4.05.2003	К. Бауэрсокс, Д. Петтит (США) и Н.М. Бударин (РФ)	161.01.14.38
МКС-7	26.04–10.2003	Ю.И. Маленченко (РФ) и Э.Лу (США)	185

раблями “Прогресс”. Строительство станции продолжится после возобновления полетов КК “Спейс Шаттл”.

Напомним, что 20 ноября 1998 г. на орбиту был выведен первый элемент МКС – российский функционально-грузовой блок (ФГБ) “Заря”. К маю 2003 г. выполнено 35 запусков: 19 – Россия и 16 – США. На станции работали 16 экипажей кораблей “Спейс Шаттл”, 7 длительных основных экспедиций (МКС) и 4 экспедиции посещения (ЭП) для замены корабля-спасателя “Союз”. Кроме пилотируемых кораблей для обслуживания и доставки грузов на МКС использовалось 10 российских транспортных грузовых КК “Прогресс”. **Максимальная масса** станции вместе с кораблями “Союз ТМА-1”, “Прогресс М1-9” и

“Индевор” в декабре 2002 г. была 275.9 т. В настоящее время ее масса – более **178 т**, объем жилых отсеков – 425 м³, площадь панелей солнечных батарей – 892 м², длина – 44.5 м (с пристыкованным “Прогрессом” – 52 м), ширина (сборная ферма с мобильной системой обслуживания МБС и подвижными тележками СЕТА-1/2) – 40.5 м, размах солнечных батарей – 73 м. Сейчас МКС стала сопоставима по массе и габаритам с российским пилотируемым комплексом “Мир” (1986–2001). На ней уже побывало 102 человека из 8 стран: 71 астронавт и 1 турист США, 20 космонавтов России, 3 – Канады, по 2 – Франции и Италии, по 1 – Бельгии, ЮАР и Японии. По 9 космонавтов РФ и астронавтов США провели на станции более 120 экспе-

риментов во время основных экспедиций по 4–6 месяцев. Выполнен 51 выход в открытый космос общей продолжительностью 318 ч.

По новому графику сборки МКС, который будет пересмотрен после заключения комиссии по расследованию причины аварии “Колумбии”, планируется завершить ее строительство в начале 2008 г., что на три года позже, чем предполагалось. Уже сейчас США израсходовали 25 млрд. долларов, поэтому NASA решило кардинально упростить свой сегмент. Из первоначального плана исключены запуски жилого модуля НМ, корабля-спасателя CRV и узлового модуля Node-3. России тоже пришлось удешевить свой сегмент: вместо стыковочно-складского (УСМ) решено создать многоцеле-

ЗАПУСКИ ПО ГРАФИКУ СБОРКИ МКС (1998–2003)

Дата старта	КК или модуль	Носитель	Полет	Цель полета и элемент МКС
20 ноября 1998 г.	ФГБ "Заря"	"Протон-К"	1A/R	Запуск модуля "Заря"
4 декабря 1998 г.	"Индевор"	STS-88	2A	Доставка модуля "Юнити" с гермоадаптерами РМА-1/2
27 ноября 1999 г.	"Дискавери"	STS-96	2A.1	Дооснащение и грузы
19 мая 2000 г.	"Атлантис"	STS-101	2A.2A	Ремонтно-профилактические работы и грузы
12 июля 2000 г.	СМ "Звезда"	"Протон-К"	1R	Запуск служебного модуля "Звезда"
8 сентября 2000 г.	"Атлантис"	STS-106	2A.2B	Ремонтно-профилактические работы и грузы
11 октября 2000 г.	"Дискавери"	STS-92	3A	Доставка секции Z-1 и гермоадаптера РМА-3
31 октября 2000 г.	"Союз ТМ-31"	"Союз-У"	2R/1S	Доставка экипажа МКС-1
1 декабря 2000 г.	"Индевор"	STS-97	4A	Доставка секции Р6 с панелями солнечных батарей
7 февраля 2001 г.	"Атлантис"	STS-98	5A	Доставка лабораторного модуля "Дестини"
8 марта 2001 г.	"Дискавери"	STS-102	5A. 1	Доставка экипажа МКС-2 и возвращение МКС-1, дооснащение модуля "Дестини"
19 апреля 2001 г.	"Индевор"	STS-100	6A	Доставка манипулятора "Канадарм-2" и грузов
28 апреля 2001 г.	"Союз ТМ-32"	"Союз-У"	2S	Полет экипажа ЭП-1
12 июля 2001 г.	"Атлантис"	STS-104	7A	Доставка шлюзовой камеры "Квест" и грузов
10 августа 2001 г.	"Дискавери"	STS-105	7A. 1	Доставка экипажа МКС-3 и возвращение МКС-2, дооснащение модуля "Дестини"
15 сентября 2001 г.	СО-1	"Союз-У"	4R	Запуск стыковочного модуля "Пирс"
21 октября 2001 г.	"Союз ТМ-33"	"Союз-У"	3S	Полет экипажа ЭП-2
5 декабря 2001 г.	"Индевор"	STS-108	UF1	Доставка экипажа МКС-4 и возвращение МКС-3, доставка и возвращение грузов
8 апреля 2002 г.	"Атлантис"	STS-110	8A	Доставка секции S0 и мобильного транспортера
25 апреля 2002 г.	"Союз ТМ-34"	"Союз-У"	4S	Полет экипажа ЭП-3
5 июня 2002 г.	"Индевор"	STS-111	UF2	Доставка экипажа МКС-5 и мобильной системы обслуживания, возвращение экипажа МКС-4
7 октября 2002 г.	"Атлантис"	STS-112	9A	Доставка секции S1 и грузов
30 октября 2002 г.	"Союз ТМА-1"	"Союз-ФГ"	5S	Полет экипажа ЭП-4
24 ноября 2002 г.	"Индевор"	STS-113	11A	Доставка экипажа МКС-6 и секции Р1 и грузов, возвращение экипажа МКС-5

вой модуль (МЦМ), исключить запуски второго стыковочного отсека (СО-2) и двух исследовательских модулей (ИМ-1/2). Конечно, все полеты перенесены на более отдаленные сроки. *Седьмая основная экс-*

педиция (МКС-7) в составе *Ю.И. Маленченко (РФ) и Э.Лу (США)* стартовала 26 апреля 2003 г. не на корабле "Атлантис" (STS-114), как намечалось, а на КК "Союз ТМА-2". Их сменил в конце октября 2003 г. эки-

паж МКС-8 *А.Ю. Калери (РФ), М. Фоул (США) и П. Дукэ (ESA, Испания)*.

(По материалам NASA, ЦПК и журнала "Новости космонавтики" за 2002–03 гг.)

Станислав Лем
Эссе

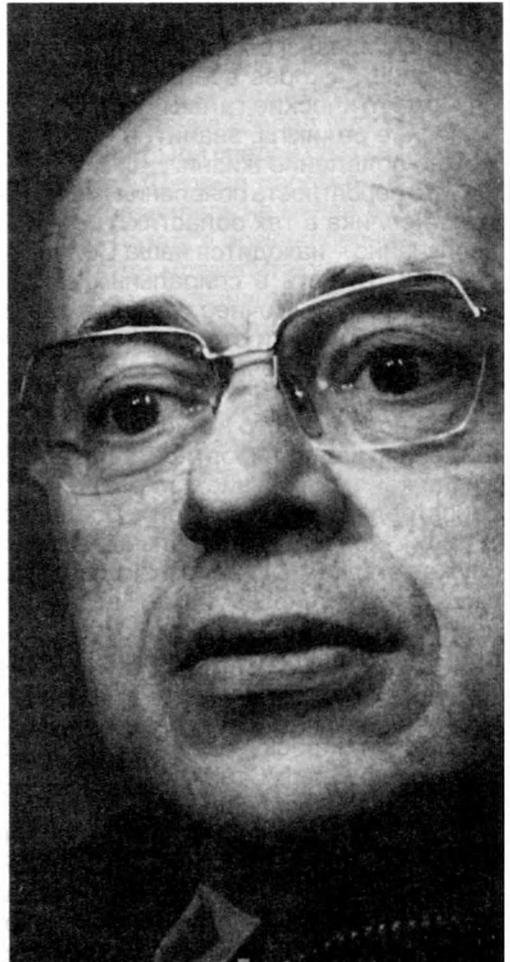
Близится 50-летие начала космической эры. В печати и других средствах массовой информации будут появляться многочисленные прогнозы, авторы которых – ученые, писатели и журналисты – попытаются представить себе будущее космонавтики или даже всей земной цивилизации, а также рассуждать о проблемах происхождения жизни на Земле и существования внеземных цивилизаций. К числу людей, к мнению которых прислушиваются с особым интересом, несомненно относится известный польский писатель-фантаст, ученый-научковед и философ Станислав Лем. Некоторые из его эссе мы недавно опубликовали (Земля и Вселенная, 2001, № 4). Кроме футурологических сочинений, С. Лем написал и ряд эссе по проблемам космологии и внеземных цивилизаций.

КОСМИЧЕСКОЕ КАЗИНО

Хотя поиски жизни во Вселенной продолжают, шансы на удачу невелики. Большинство звезд бесплодно.

Как известно, только тот игрок, который приступает к игре с приличным капиталом, имеет шанс покинуть Монте-Карло с выигрышем. Его стратегия должна быть простой. После каждого проигрыша он удваивает ставку, и благодаря своим финансовым резервам ему удастся в конечном счете остаться в выигрыше. Такой моделью можно воспользоваться, отвечая на вопрос: почему Вселенная такая огромная и такая безжизненная?

Для существования жизни необходим ряд особых условий, в частности образование туманности вокруг звезд, в которой



Станислав Лем

могли бы сформироваться планеты, и лишь на немногих из них, возможно, зародится жизнь. Иначе говоря, Вселенная – та же игра в рулетку: подавляющее большинство звезд обречено на бесплодие.

Еще 30 лет назад в трудах советско-американской конференции в Бюракане я опубликовал свое предположение о том, что во Вселенной должны быть какие-то выделенные области, в которых может зародиться жизнь, но не мог в то время такие места назвать (“По поводу проблемы внеземных цивилизаций” – “Проблема SETI (связь с внеземными цивилизациями)”. М., Мир, 1975). Теперь нам известны такие ячейки на игровом поле, которые с вероятностью 90% лишены жизни. Например, ими могут быть самые старые эллиптические галактики, в которых очень мало межзвездного газа, поэтому там молодые звезды с характерной для них эволюцией, скорее всего, не образуются. Эллиптические галактики – это космические реликты, значит, в них невозможно появление жизни.

Зато вероятность появления жизни наиболее велика в тех областях, где – и это неслучайно – находится наша Солнечная система, то есть в спиральных рукавах Млечного Пути. Точнее, там, где звезды достаточно далеки от центра Галактики, являющегося источником наиболее жесткого излучения.

Мой подход чисто натуралистический, а именно: малая вероятность появления жизни как исключение из правил противопоставляется огромной Вселенной. В такой концепции отдельные звезды служат ставками, обреченными на проигрыш, так как жизнь может возникнуть при исключительно редких условиях. Кроме того, закон Монте-Карло, утверждающий, что всегда выигрывает банк, справедлив и применительно к космосу, потому что, как сказал в XX в. писатель и философ Олаф Стаплдон, “звезды создают человека, звезды его и убивают”.

Особый вопрос состоит в том, ограничится ли выигрыш самой низкой ставкой – бактериями или, что случается несравненно реже, через миллиарды лет непрерывного обращения вокруг материнской звезды из них образуются многоклеточные организмы и удивительный род че-

ловеческий. Последний вариант имеет гораздо меньше шансов на выигрыш – надо делать ставки множество раз подряд на один и тот же номер на рулетке. Отмечу, что во Вселенной число планет, на которых может возникнуть жизнь, в миллионы раз больше, чем доля тех, на которых по прошествии эпох появятся разумные существа, способные создать цивилизацию.

Созидательные цивилизации, подобные нашей, не могут рассчитывать на бесконечное существование в космической шкале. Когда Солнце израсходует запасы водорода, поддерживающие его энергию, оно поглотит нашу планету, превратившись в красный гигант. О. Стаплдон в романе “Первые и последние люди” нарисовал картину переселения человечества на планеты, расположенные все дальше от увеличивающегося в размерах Солнца. Такого рода странствия человеческого сообщества представляются мне несбыточной фантазией. Правда, сейчас появился проект исхода на Марс. Как показали последние астрофизические исследования, на этой планете около Южного полюса есть значительные запасы замерзшей воды. Их наличие натолкнуло авторов внеземной экспансии на мысль не столько о переселении, сколько о возрождении жизни на Марсе путем восстановления утраченной атмосферы, содержащей кислород.

Не знаю, будет ли этот план когда-либо осуществлен. Знаю только, что стоимость его в тысячи раз больше, чем все инвестиции и все расходы человечества на нескончаемые военные операции.

МЫ ОДИНОКИ ВО ВСЕЛЕННОЙ

У других звезд уже открыто множество планет, но все они безжизненны. Встретить на них высокоразвитую жизнь маловероятно.

На протяжении последних лет в прессе все чаще появляются сообщения об открытии планетных систем около звезд за пределами Солнечной системы. В сущности экзопланеты невозможно наблюдать непосредственно даже с помощью самых мощных астрономических инструментов.

Доступны наблюдениям лишь незначительные смещения спектральных линий звезд, обусловленные тем, что гипотетическая планета оказывает слабое гравитационное воздействие на центральную звезду. На сегодняшний день в каталогах зарегистрировано около сотни открытых таким способом планет. Однако все они – газовые шары, подобные нашему Юпитеру. Масса Юпитера, крупнейшей планеты Солнечной системы, в 300 раз превосходит земную. Юпитер лишен твердой поверхности – это газово-жидкая планета со столь бурными процессами, что он излучает больше энергии, чем получает от Солнца.

На больших газово-жидких экзоплантах, открытых также и польскими астрономами, не может существовать жизнь. Кроме того, как показывают наблюдения и расчеты, орбиты таких гигантских планет часто отличаются от круговых. Только круговые орбиты не нарушают устойчивое обращение внутренних планет земного типа. В то же время экзопланеты-гиганты, движущиеся по нерегулярной орбите и имеющие сильное гравитационное поле, отбрасывают тела, подобные Земле, либо в космическое пространство, либо внутрь своей планетной системы, где они словно погружены в излучение материнской звезды.

Статистика показывает, что газовых гигантов, ведущих себя довольно безобидно, таких как Юпитер, гораздо меньше, чем движущихся по неустойчивым орбитам. С этой точки зрения современные открытия как будто показывают, что не должно быть много планет, обладающих биосферой, как Земля. А поскольку мы знаем, что 4 млрд. лет существования земной атмосферы увенчались созданием условий, венцом творения которых сотни тысяч лет назад стал человек, то одним из начальных условий появления организмов, подобных земной фауне и флоре, является период космической

эволюции без сильных катаклизмов в планетной системе.

Иначе говоря, стабильные планетные системы, похожие на нашу, должны составлять меньшинство в галактиках. Это утверждение нарушает коперниканский принцип, согласно которому как Земля и другие планеты, так и Солнце должны быть основными элементами каждой галактики. Впрочем не только правильные круговые орбиты и их взаимные расстояния способствуют биогенезу в системе. Вполне вероятно, что содержание металлов на Солнце нетипично по сравнению с их содержанием у миллиардов звезд. Результаты наблюдений, расчетов и размышлений указывают на то, что наша планета с бурлящей на ее поверхности жизнью – исключение и, следовательно, крайне редкое явление на фоне мертвого космоса.

В свете этого шанс открытия внеземных цивилизаций кажется нам крайне низким. В течение 3 млрд. лет лишь земные океаны были средой обитания микроорганизмов. Первые многоклеточные организмы появились не менее полумиллиарда лет назад, а возникновение гуманидной ветви млекопитающих, завершившееся формированием человека разумного, как это ни парадоксально, связано, вероятно, со страшной катастрофой на Земле – столкновением с метеороидом 65 млн. лет назад. Считается, что такое столкновение положило конец эре динозавров, длившейся 140 млн. лет, а также уничтожило много видов других живых существ. Стоит добавить, что, по мнению ученых, занимающихся поисками подобных катаклизмов, и наш собственный вид, Homo Sapiens, можно рассматривать как очередного потенциального виновника зооцида, поскольку цивилизация быстрыми темпами и сейчас уничтожает различные виды растений и животных.

*Перевод с польского
(с небольшими сокращениями)
М.Я. Рутковской*

Моделирование Большого взрыва

Физики из США, Японии и ряда других стран провели уникальный эксперимент в Брукхейвенской Национальной лаборатории (США, штат Нью-Йорк), который свидетельствует в пользу теории Большого взрыва.

В многокилометровом ускорителе элементарных частиц сталкивались потоки ядер атомов золота, разогнанные до субсветовых скоростей. По мере достижения сверхвысоких температур ($2 \cdot 10^{12}$ К; сравните: в центре солнечного шара $2 \cdot 10^6$ К!) эти ядра исчезали, распадаясь на кварки и глюоны. Именно они, по со-

временным представлениям, являются неделимыми частичками мироздания. В лаборатории на мгновение воссоздавались условия, которые примерно 13–15 млрд. лет назад существовали в ранней Вселенной через триллионные доли секунды ($\sim 10^{-12}$ с) после Большого взрыва. Возможно, что в тот момент материя Вселенной находилась в виде кварк-глюонной плазмы, при остывании которой из кварков и глюонов образовывались нуклоны, то есть протоны и нейтроны. Считается, что этим когда-то завершилась “адронная эра” (протоны, нейтроны и другие сильно взаимодействующие частицы называются адронами). А следующий шаг – “конструирование” из них атомов (сначала самых легких элементов – водорода и гелия).

Несколько руководителей проекта рассказали о нем

в Москве 17 июня 2003 г. на VIII Международной конференции по ядерной физике. Осуществление долгожданного эксперимента потребовало огромных усилий от ученых и инженеров и немалых средств (стоимость проекта – миллиард долларов).

Только через несколько лет экспериментаторы смогут улучшить результат и приблизиться еще на триллионные доли секунды к моменту Большого взрыва, породившего нашу Вселенную (вместе, как считают космологи, с ее веществом, тремя пространственными измерениями и временем)¹. Это важно, так как подобные эксперименты вооружают современную космологию новым перспективным методом познания происхождения Вселенной.

Е.П. Левитан

¹ Подробнее о ранней Вселенной см., например, перечисленные в хронологическом порядке книги: Е.П. Левитан. Физика Вселенной. М., Наука, 1976; Эволюционирующая Вселенная. М., Просвещение, 1993; С. Хокинг. Краткая история времени от Большого взрыва до черных дыр. СПб., Амфора, 2001; Б. Паркер. Мечта Эйнштейна. СПб., 2001 (см. также рецензии автора на две последние книги; Земля и Вселенная, 2001, № 5 и 2002, № 1); М.В. Сажин. Современная космология в популярном изложении. М., УРСС, 2002.

Мировые константы π и e в Природе

Б. С. ГОРОБЕЦ,
доктор геолого-минералогических наук,
кандидат физико-математических наук
Московский государственный университет
инженерной экологии

Всем, кто хотя бы соприкоснулся с математикой, известно, что π – число, равное отношению длины окружности к ее диаметру, а e – основание натуральных логарифмов. Указанные числа входят во множество формул математики, физики, химии, биологии, а также экономики. Это свидетельствует о том, что они отражают некоторые самые общие законы природы. Предлагается популярный анализ мировых констант π и e , основанный на рассмотрении основных свойств пространства и времени.

ЧИСЛО π И СФЕРИЧЕСКАЯ
СИММЕТРИЯ ПРОСТРАНСТВА

Название числа π произошло от греческого $\pi\epsilon\rho\iota\phi\epsilon\rho\epsilon\iota\alpha$ – окружность. Последняя представляет

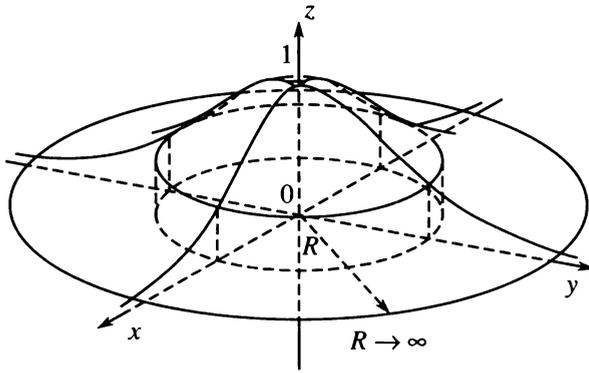
собой множество точек, лежащих на периферии по отношению к центральной точке, а вернее – находящаяся от нее на одинаковом расстоянии, называемом радиусом. В то же время сухая формула из математического анализа, позволяющая вычислить число π с любой точностью, так определяет это число:

$$\pi = 4(1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + 1/9 - \dots) \cong 3,14159\dots$$

Здесь представлен знаменитый ряд Лейбница (есть и другие ряды). Однако уловить физический смысл π и связь его с окружностью по этой формуле довольно трудно. Между тем особая роль окружности в пространстве нашей Вселенной вытекает из одинаковости свойств пустого евклидова пространства по любому

му направлению, то есть **изотропности пространства**. Это можно пояснить и так: для наблюдателя в идеальном изотропном пространстве линия горизонта – окружность. А окружности с данными центром и радиусом составляют сферу. В теоретической физике именно с этим свойством связан **закон сохранения вращательного момента**. Отсюда же вытекают общеизвестные следствия.

Первое. Длина дуги окружности, в которой умещается ее радиус, составляет естественную дуговую и угловую единицу – **радиан (рад)**. Эта единица безразмерная. Чтобы найти число радианов в дуге окружности, надо измерить ее длину и разделить на длину радиуса (допустим, в метрах, которые при делении сокращаются).



Величина вероятности попадания в круглую мишень (R – радиус) при прицеливании в центр (0) круга отложена вверх по оси z . Она может быть вычислена для любого отклонения (x) от центра с помощью формулы Гаусса $\varphi(x) =$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}. \text{ Число } \pi \text{ отражает равноправность случай-}$$

ных отклонений по всем направлениям в сферически симметричном пространстве.

Вдоль любой полной окружности ее радиус укладывается приблизительно 6.28 раза. Точнее, полная дуга содержит 2π радианов.

Такой безусловный результат получают все люди, в каких бы цивилизациях они ни жили, какими бы системами счисления ни пользовались, причем без обмена информацией. Колесо, в каком конце Земли его ни изобрели, везде одинаково. Однако условные единицы измерения дуги выбирались различные. Например, наш угловой и дуговой градус введен вавилонскими жрецами, подсчитавшими, что диск Солнца, находящегося почти в зените над Вавилоном, укладывается на своем пути от рассвета до заката 180 раз. Таким образом, под углом примерно в полградуса мы с вами ви-

дим радиус Солнца: 1 градус $\cong 0.0175$ рад, и обратно: 1 рад $\cong 57.3^\circ$. Можно предположить, что гипотетические инопланетные цивилизации хорошо поняли бы друг друга, обменявшись первыми посланиями, в которых окружность была бы разделена на шесть частей “с хвостиком”; это означало бы, что “партнер по переговорам” уже, как минимум, прошел стадию изобретения колеса и знаком с числом π .

Второе. Предназначение тригонометрических функций – выражать соотношение между дуговыми и линейными размерами объектов, а также между пространственными параметрами процессов, происходящих в **сферически симметричном пространстве**. Из сказанного ясно, почему аргументы тригонометрических функций (си-

нуса, косинуса, тангенса) в принципе безразмерны, как и у других типов функций, то есть эти действительные числа – точки на числовой оси. Градус же на ней – доля единичного безразмерного отрезка, равного радиану, и потому он не имеет размерности.

Далеко не каждый сможет, не пользуясь калькулятором, правильно ответить на вопрос, чему равен $\cos 1$ (это приблизительно 0.5), или на несколько более сложный – чему равен $\operatorname{arctg}(\pi/3)$. Последний пример особенно сбивает с толку. Часто говорят, что это бессмыслица: “Чему равна дуга, арктангенс которой равен 60° ?” Если сформулировать вопрос именно так, то ошибка заключается в применении градусной меры к аргументу арктангенса. Правильный ответ получится, если аргумент выразить в радианах: $\operatorname{arctg}(3.14/3) \cong \operatorname{arctg} 1 = \pi/4 \cong 3/4$. Еще одно замечание. К сожалению, сплошь и рядом абитуриенты и студенты считают, что $\pi = 180^\circ$. Приходится их поправлять: $\pi = 3.14\dots$ Но, конечно, можно сказать и так: **π радианов равно 180° .**

Нетривиальная ситуация встречается и в **теории вероятностей**. Она касается нормального (гауссовского) закона распределения вероятностей и важной формулы вероятности случайной ошибки (или случайного отклонения), в которую входит число π . Откуда оно тут появилось? Как вероятность связана с окружностями? Наглядной иллюстрацией

ответа на этот вопрос служит пример со стрельбой по мишени в неизменных условиях. Дырочки на мишени рассеяны по кругу (!), так как стрельба происходит в сферически симметричном пространстве, в котором равновероятны случайные отклонения по любым направлениям. Теперь понятно, почему вероятность попадания в круг с центром в центральной точке мишени и любым заданным радиусом вычисляется по формуле, содержащей число π .

ПО ПЕРВОЙ БУКВЕ
ФАМИЛИИ ЭЙЛЕР...

Формула для вычисления другой мировой константы, e , выглядит так:

$$e = 1 + 1/1! + 1/2! + 1/3! + \dots \approx 2.7183\dots$$

(напоминаем, что факториал $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$).

Математически безупречное определение числа e с помощью этого ряда никак не проясняет его связи с физическими или иными природными явлениями. И если число π отражает геометрические свойства пространства "пустой" Вселенной, то **число e , являющееся основанием экспоненциальной функции (экспоненты), отражает еще и эволюцию живой природы во Вселенной**, то есть законы развития и деятельности организмов на Земле. Но сначала – о роли экспоненты в эволюции неживой материи, которая касается таких явлений, как распад радиоактивных



Леонард Эйлер (1707–1783), один из величайших математиков. Родился в Швейцарии. В 1727–41 гг. жил и работал в России, член Петербургской академии наук. В его честь по первой букве фамилии Euler названо число e – основание натуральных логарифмов.

элементов, износ и разрушение материалов, волновые процессы... (В интерпретации изложенных ниже вопросов принял участие известный физик-теоретик доктор физико-математических наук В.Д. Эфрос.)

Обратимся к распространению **электромагнитных волн в вакууме**. При-

чем вакуум мы будем понимать как классическое пустое пространство, не касаясь сложнейшей природы физического вакуума.

Известно, что незатухающую волну во времени можно описать синусоидой или суммой синусоид и косинусоид. В математике, физике, электротехнике такая волна описы-

вается **экспоненциальной функцией** $e^{i\beta t} = \cos \beta t + i \sin \beta t$, где β – частота гармонических колебаний. Амплитуда волны – это коэффициент перед экспонентой, он положен для простоты равным 1. Экспоненту с мнимым показателем степени связывает с тригонометрическими функциями одна из самых гениальных математических формул – **формула Эйлера**. Именно в честь великого Леонарда Эйлера (1707 – 1783) по первой букве его фамилии и названо число e .

Сначала Эйлер нашел формулу $e^{i\pi} = -1$. В ней впервые число возводилось в мнимую степень (!), что явилось, кстати, следствием соединения чисел π и e . Результат, казавшийся поначалу крайне непривычным, не имеющим отношения к реальности (почему числа и были названы мнимыми), оказался очень удобным для математического моделирования циклов движения по окружности, а следовательно, и для гармонических колебаний. Действительно, что будет, если колебательному движению маятника сообщить толчком второе колебательное движение в перпендикулярном направлении? Окончание маятника будет описывать окружности, если амплитуды обоих колебаний одинаковы. Но круговое движение станет возможным, только если второе колебание сдвинуто по фазе относительно первого колебания на полпериода, как сдвинута синусоида относительно косинусоиды. Ведь в мо-

мент наибольшего отклонения маятника по одной координате он имеет нулевое отклонение по перпендикулярной координате. И если на первой координатной оси отсчитывать действительные числа, то на второй координатной оси можно одновременно отсчитывать числа в том же масштабе, но это будет уже новое числовое множество. Оно то и было названо множеством мнимых чисел, за единицу которых принята мнимая единица, обозначенная буквой i (imaginaire, франц. – мнимый, воображаемый).

Формулу Эйлера нужно пояснить, ибо в наше время из обычных школьных программ исключены **комплексные числа**. Комплексное число $z = x + iy$ состоит из двух слагаемых – действительного и мнимого чисел. Последнее представляет собой действительное число y , умноженное на мнимую единицу $i = \sqrt{-1}$. Действительные числа откладываются вдоль действительной оси Ox , а мнимые – в том же масштабе вдоль мнимой оси Oy , единицей на которой служит i . Длина единичного отрезка есть модуль $|i| = 1$. Комплексному числу соответствует точка на плоскости с координатами (x, y) . Физический смысл необычного вида числа e с показателем, содержащим только мнимые единицы i , означает движение точки по окружности цикл за циклом. Это равносильно колебаниям, описываемым сложением косинусоиды и синусоиды с постоянными и равными амплитудами, то есть **незатухающим колебаниям**.

Ясно, что в любой незатухающей волне соблюдаются **законы сохранения энергии и импульса** (количества движения), например, при прохождении звуковой волны в идеальной упругой среде или электромагнитной волны в вакууме. Ситуацию можно строго сформулировать так. Если сместить начало отсчета по оси времени (момент наблюдения), то энергия волны не изменится, так как гармоническая волна сохранит ту же амплитуду и частоту (это энергетические единицы), изменится лишь фаза волны, то есть часть периода, отстоящая от нового начала отсчета (фаза не связана с энергией). Значит, параллельный перенос системы координат (он называется трансляцией) вдоль оси времени инвариантен для незатухающей волны в силу однородности времени t . Это и поясняет связь однородности времени с законом сохранения энергии.

Аналогично можно переносить систему вдоль оси пространственной координаты: для незатухающей волны не изменится ничего, кроме фазы. Сохранится и количество движения – импульс, который несет волна. Из теоретической физики известно, что **однородность пространства приводит к закону сохранения импульса**. Что такое импульс частицы? Это масса, умноженная на скорость. Представим себе, что пространст-

во однородно по времени (и закон сохранения энергии выполняется), но неоднородно по какой-либо координате. Тогда в различных точках неоднородного пространства оказалась бы неоднородной и скорость, так как на единицу однородного времени приходились бы различные значения длины отрезков, пробегаемых за секунду частицей с данной массой (или волной с данным импульсом).

Итак, число e как основание функции комплексного переменного связано с **законом сохранения энергии** в замкнутой системе, который обусловлен **однородностью времени**, и с **законом сохранения импульса**, который обусловлен **однородностью пространства**.

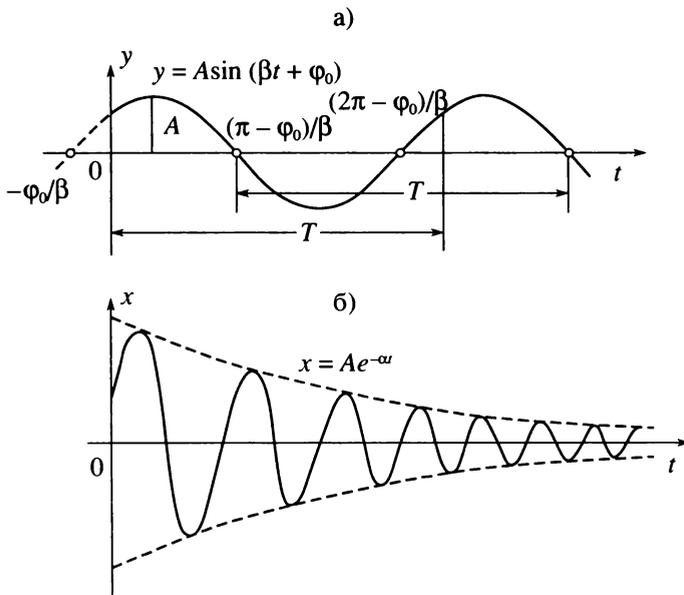
И все-таки, почему именно число e , а не какое-то другое, вошло в формулу Эйлера и оказалось в основании волновой функции? Оставаясь в рамках школьных курсов математики и физики, ответить на этот вопрос не просто. Линейные и линеаризованные процессы сохраняют свою линейность именно благодаря однородности пространства и времени. Математически линейный процесс описывается функцией, которая является решением **дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами (ДУПК)**. Ядро такой функции – приведенная выше формула Эйлера, то есть функция комплексного переменного с основанием e , или уравнение волны.

Почему именно e , а не другое число находится в основании функции, которую ищут как решение данного уравнения волны в виде ДУПК? Да потому, что только функция e^t не изменяется при любом числе дифференцирований и интегрирований. А это нужно, чтобы после подстановки в уравнение его решения оно превратилось в тождество. Действительно, в исходное ДУПК подставляют функцию e^t и все ее производные. С математической точки зрения, постоянные коэффициенты при экспоненте “не мешают” при дифференцировании, оставаясь теми же, а все e^t сокращаются, приводя к алгебраическому уравнению. Корни последнего входят как постоянные коэффициенты в экспоненту и приводят ДУПК к требуемому тождеству. С физической же точки зрения, коэффициенты в волновом уравнении (и ему подобных) в форме ДУПК постоянны, потому что **постоянны законы протекания процессов в однородном времени – пространстве**. Для наблюдателя, находящегося в системе отсчета, сдвинутой по времени или по координате относительно исходной системы отсчета, физический процесс должен описываться уравнениями того же вида, что и исходные уравнения, если время и пространство однородны. Но вместе с тем (после сдвига наблюдателя) в исходных уравнениях появятся сдвиги аргументов по времени ($t + t_0$) и координатам ($x + x_0$). Бу-

дет ли начальное уравнение равносильно уравнению со сдвинутыми аргументами? Да, будет при условии постоянства коэффициентов при функции и ее производных, входящих в ДУПК, описывающее процесс. Ведь именно они, состоя при экспоненциальной функции, дают верное решение, превращая уравнение в тождество. Вот почему число e играет столь важную роль в гармонических волновых процессах, описываемых законами естествознания!

Коснемся случая **затухающей волны**. Решение ДУПК, описывающее пространство гармонической волны в среде, если в ней происходит рассеяние энергии, будет, естественно, несколько сложнее, чем для волны без затухания. В показателе степени экспоненты вместо мнимого числа $i\beta$, отражающего чисто волновой процесс, появляется комплексное число $\alpha + i\beta$, где действительное число α отрицательно и отражает затухание волны: $f(t) = e^{(\alpha+i\beta)t} = e^{\alpha t}(\cos\beta t + i \sin\beta t)$. Здесь формула Эйлера умножена на действительную переменную величину $e^{\alpha t}$, которая играет роль убывающей амплитуды волны.

А теперь положим $\beta = 0$, то есть уничтожим колебательный множитель. От колебаний останется только затухающая по экспоненте интенсивность – “бывшая амплитуда”. Для иллюстрации обоих случаев представим себе маятник. В пустом пространстве он колеблется без затухания. В пространстве с со-



а) Незатухающая гармоническая волна с амплитудой A , частотой β и фазой φ_0 , иллюстрирующая закон сохранения энергии, связанный с однородностью времени. Перенос системы координат вдоль оси t , не изменяющий энергетических характеристик волны (ее амплитуды и частоты), возможен в силу однородности времени. При переносе изменяется только фаза (неэнергетическая характеристика). Закон сохранения импульса, связанный с однородностью пространства, иллюстрируется такой же волной, если в ней временную координату (t) заменить на пространственную (x).

б) Затухающая волна в среде, в которой энергия волны рассеивается. Амплитуда волны убывает по экспоненте. В очень вязкой среде колебания прекращаются, остается только плавно убывающая амплитуда $\alpha (< 0)$ – коэффициент затухания.

противляющейся средой колебания происходят с амплитудой, убывающей по экспоненте. Если отклонить маятник в достаточно вязкой среде, то он будет плавно, без колебаний двигаться к положению равновесия, все более замедляясь. То же произойдет с грузом, прикрепленным к стенке достаточно слабой пружиной в весьма вязкой среде. После отклонения груз будет плавно двигаться к положению равновесия.

Рассмотренный предельный частный случай "волны" с нулевой частотой,

но с плавно изменяющейся (убывающей или возрастающей) по экспоненте "амплитудой", характеризует множество процессов в самых различных сферах неживой и живой природы: рост снежного кома, моллюска, финансовой пирамиды, остывание чайника, убывание памяти со временем, увеличение числа бактерий в организме, физиологическая зависимость ощущения от силы раздражения и т.д. Всеми этими разнородными явлениями "управляет" экспонента, или, иначе говоря, число e , стоящее в основа-

нии показательной функции. Ибо все эти процессы подчиняются одному и тому же фундаментальному принципу: **прирост величины пропорционален самой величине.**

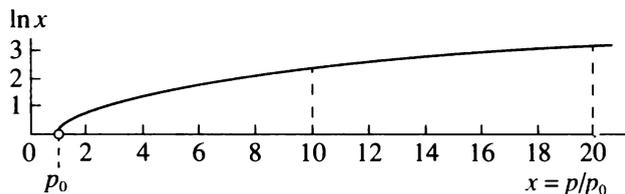
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ПСИХОФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН

Остановимся подробнее на **универсальном психофизическом законе Вебера-Фехнера**, чрезвычайно важном для всего живого на Земле. (Густав Теодор Фехнер (1801–1887), немецкий физик; Эрнст Генрих Вебер (1795–1878), немецкий физиолог.) Закон гласит: **"Сила ощущения пропорциональна логарифму силы раздражения"**. Этому закону подчиняются зрение, слух, обоняние, осязание, вкус, эмоции, память (естественно, пока физиологические процессы не переходят резко в патологические, то есть пока рецепторы не подверглись видоизменению или разрушению). Из закона Вебера-Фехнера следует, что, во-первых, малому приросту сигнала раздражения в любом его интервале отвечает почти линейный прирост (с плюсом или минусом) силы ощущения и, во-вторых, в области слабых сигналов раздражения прирост силы ощущения гораздо круче, чем в области сильных сигналов.

Приведем такой пример. Чай с двумя кусками сахара воспринимается как в два раза более сладкий, чем чай с одним куском сахара; но чай с 20 кусками сахара едва ли по-

кажется заметно слабее, чем с десятью. Динамический диапазон биологических рецепторов колоссален: принимаемые глазом сигналы могут различаться в $\sim 10^{10}$, а ухом – даже в 10^{11} раз. Живая природа вынуждена была приспособиться к таким диапазонам. В процессе эволюции она защищалась, учась логарифмировать поступающие раздражители. Это делалось путем различных биологических способов демпфирования и дифрагмирования сигналов, иначе рецепторы сразу погибли бы.

На законе Вебера – Фехнера основана широко применяемая **логарифмическая шкала силы звука в децибелах (дБ)**, в соответствии с которой изготовляют регуляторы громкости аудиоаппаратуры: в них смещение рычага пропорционально ощущаемой громкости, но не силе звука! Ощущение пропорционально $\lg p/p_0$. За порог слы-



Логарифмическая зависимость силы ощущения от силы раздражения (универсальный психофизический закон Вебера–Фехнера). За порог обнаружения сигнала принято давление звука p_0 , едва ощущаемое человеком. На пороге слышимости ($p = p_0$) натуральный логарифм единицы ($\ln 1 = 0$).

шимости принято давление звука $p_0 = 10^{-12}$ Дж/м²·с. На пороге имеем $\lg 1 = 0$. Увеличение силы (давления) звука в 10 раз соответствует примерно ощущению шепота, которое выше порога на 1 бел (Б) по логарифмической шкале. Усиление звука в миллион раз (от шепота до крика), до $\sim 10^{-5}$ Дж/м²·с, по логарифмической шкале есть увеличение на 6 порядков, то есть на 6 Б.

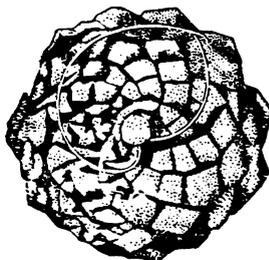
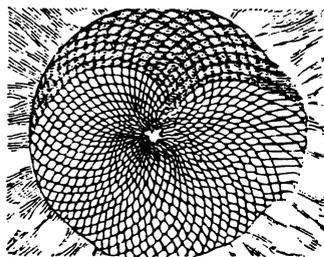
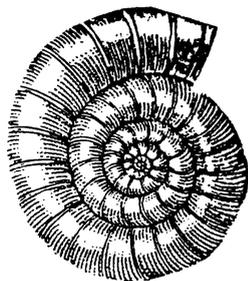
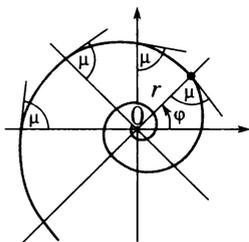
Барабанная перепонка легко переносит подобный перепад давления именно

благодаря тому, что ощущение реагирует на него гораздо слабее, чем при прямой пропорциональной зависимости. Логарифмическая зависимость быстро ослабевает и потому менее опасна для рецепторов. Их разрушает лишь усиление звука в 10 млрд раз.

Другой, не менее яркий пример. Шкала звездных величин определена так, что блеск звезды E связан со звездной величиной m формулой

$$m = -2.5 \lg E + \text{const.}$$

Эта формула – прямое следствие закона Вебера – Фехнера. Ощущение (звездная величина) пропорцио-



Раковина моллюска растет по закону натуральной логарифмической спирали, который оптимален для организма. Она описывается уравнением $r = ae^{\phi}$. В основании степени стоит число e. Здесь r есть радиус-вектор, ϕ – угол между ним и горизонтальным направлением вправо. Спираль пересекает радиус-векторы под одним и тем же углом μ , почему и называется равноугольной. По аналогичной спирали расположены семечки в подсолнухе и чешуйки в шишках.

нально логарифму раздражения (в данном случае, лучевой энергии звезды). Поэтому разность в пять звездных величин соответствует различию в блеске звезды ровно в 100 раз. Экспоненциальный (по прямой функции) и логарифмический (по обратной функции) законы прироста величин оптимальны для развития многих организмов. Их действие можно наглядно проследить по образованию логарифмических спиралей в раковинах моллюсков, рядах семечек в подсолнухе, чешуек в шишках.

* * *

Фундаментальные константы нашего мира, о природе которых мы говорили, известны не только физикам, но и лирикам. Так, иррациональное число π , равное 3.14159265358979323846... вдохновило выдающегося польского поэта XX в. лауреата Нобелевской премии 1996 г. Виславу Шимборскую на создание стихотворения "Число Пи", начальными строками которого мы закончим эти заметки.

π – число, достойное восхищения:
Три запятая один четыре один.
Каждая цифра дает ощущение
начала – пять девять два, ведь до конца
не дойти никогда.
Взглядом всех цифр не объять –
шесть пять три пять.
Арифметических действий –
восемь девять –
уже не хватает, и трудно поверить –
семь девять –
что не отделаться –
три два три восемь –
ни уравнением, которого нет,
ни шутливым сравнением –
онных не счесть.
Двинемся дальше: четыре шесть...

(Пер. с польского
Б. Горобца)

Существуют ли стихи о
числе e , нам не известно.

Информация

Потеплело в тропиках, и стали таять льды...

Палеоокеанологи из Геологического управления США и ряда американских университетов получили информацию о том, что происходивший около 18 тыс. лет назад подъем температуры в тропической части Тихого океана оказал влияние на процессы завершения (10–12 тыс. лет назад) последней эпохи оледенения в Северном полушарии Земли.

Исследована колонка грунта, поднятого при бурении в

проливе между островами Борнео (Калимантан) и Целебес (Сулавеси) в приэкваториальной части хорошо прогреваемого Индо-Тихоокеанского бассейна. В 55-метровой колонке содержалось скопление скелетных частиц микроскопических обитателей моря – фораминифер. Ученые определили по изотопному составу кислорода изменения в температуре и солёности океанской воды, связанные с поступлением пресных талых вод. Вливаясь в океан, они уменьшают его солёность, и тем сильнее, чем больше тают льды.

Измерения в керне извлеченного грунта позволили определить период сильного потепления (на 3,5–4°C) в западной части Тихого океана. Оно началось за 2–3 тысячелетия до глобального таяния льдов. Компьютерная модель, построенная

недавно в Лаборатории динамической океанографии и климатологии в Париже, показала, что общее потепление в тропиках на 3°C должно было привести к повышению летних температур в покрытой ледниковым щитом Северной Америке примерно на 6°C. В перераспределении тепла помог своеобразный атмосферный "мост", протянувшийся тогда из тропиков до высоких широт. По нему шел интенсивный перенос теплых воздушных масс, оказавший влияние на ускорение таяния ледниковых покровов в Северном полушарии.

Исследования показали, что как возникновение, так и исчезновение четвертичного оледенения на Земле были вызваны глобальными процессами.

Science, 2002, 299, 183

9 октября 2003 г. одному из самых активных авторов нашего журнала – Виталию Александровичу Бронштэну – исполняется 85 лет. Редколлегия и редакция журнала “Земля и Вселенная” сердечно поздравляют юбиляра и желают ему здоровья и новых творческих успехов!

Озоновая дыра и рост деревьев на Тунгуске

В. А. БРОНШТЭН,

кандидат физико-математических наук

Одна из многочисленных загадок Тунгусской катастрофы – ускорение роста деревьев в районе пролета Тунгусского метеорита, продолжавшееся в течение нескольких лет после события. Напомним, что случилось это 30 июня 1908 г.

Ученые предлагали несколько объяснений данному явлению. Вот некоторые из них. Первое: после вывала тайги оставшиеся на корню деревья стали получать больше солнечной энергии, т.к. их не “угнетали” соседи. Второе: в результате лесного пожара зола сгоревших деревьев и кустарников удобрила почву, что и обусловило ускоренный рост деревьев, переживших катастрофу. Однако тщательный анализ показал, что ни та, ни другая причина,

ни обе вместе не обеспечили бы наблюдавшийся аномальный рост деревьев: его величину и длительность.

Недавно автор настоящей статьи совершенно неожиданно пришел к новому объяснению этого эффекта. Перечитывая прекрасную книгу А.Л. Чижевского “Земное эхо солнечных бурь”, я нашел в ней график зависимости скорости роста деревьев от солнечной активности. Рост деревьев усиливался в годы максимума солнечной деятельности. При этом агентом, влиявшим на рост деревьев, были ультрафиолетовые лучи, испускаемые Солнцем.

Но что служит для них преградой в нашей атмосфере? Слой озона, расположенный в основном на высоте 20–50 км. А если

этот слой “убрать”? Очевидно, рост деревьев ускорится.

Нам известны местные уменьшения плотности озона – так называемые озоновые дыры. Но ведь после Тунгусского падения образовалась большая дыра, охватившая половину земного шара. Об этом свидетельствуют данные, полученные еще в 1982 г. группой американских ученых во главе с Р. Турко и Ч. Парком.

Воздействие Тунгусского метеорита на озоновый слой в конце 80-х гг. изучали ученые из Ленинградского университета, в том числе Г. Никольский и Э. Шульц, во главе с членом-корреспондентом АН СССР К.Я. Кондратьевым. Ленинградские исследователи обнаружили, что этим вопросом в 1976 г. занималась еще одна группа

американских ученых – под руководством Б. Анжионе.

Результаты работы всех трех групп (Турко, Анжионе и Кондратьева) неплохо согласовывались между собой. Это и неудивительно, потому что каждая из них основывалась на наблюдениях, проводившихся в 1906–17 гг. на обсерватории Маунт-Вилсон (Калифорния) под руководством известного астронома Ч. Аббота. Регистрировалась спектральная прозрачность в полосе Шапюи, принадлежащей озону (длина волны 600 нм). И вот что получилось.

Среднее содержание озона над Маунт-Вилсон составляет 7.2×10^{18} мол/см². В 1909 г., по данным группы Р. Турко и ленинградских ученых, это содержание упало до 6.1×10^{18} мол/см², т.е. на 15%. Группа Б. Анжионе начала свои расчеты в 1910 г., когда величина, вычисленная ими, составляла всего 5.9×10^{18} мол/см². К 1913 г. содержание озона достигло нормального значения и даже несколько превысило его.

Итак, воздействие прониновения Тунгусского метеорита через озоновый слой несомненно. И если оно с такой силой проявилось в далекой Калифорнии, то что же творилось в это время над Сибирью? К сожалению, регистрация содержания озона ни в Сибири, ни в европейской части России в те годы не проводилась.

Как можно было проверить гипотезу о воздейст-

вии на озоновый слой от вторжения в атмосферу крупных метеоритов? 13 августа 1930 г. над Бразилией пролетел другой гигантский метеорит, также взорвавшийся в воздухе*. Не вызвал ли и он озоновую аномалию?

Решению этого вопроса помогла работа ученых кафедры физики атмосферы Московского университета “Исследование атмосферного озона”, выполненная под руководством известного специалиста по физике атмосферы профессора А.Х. Хргиана (опубликована в 1965 г.). Она содержала сводку всех измерений содержания озона с 1926 г. по 1959 г. на всех станциях мира.

По ряду обстоятельств большинство станций как раз в 1930 г. наблюдения почему-то не вели. Только для станции Ароза (Швейцария) имелись данные за август 1930 г., наблюдения возобновились лишь через год, в августе 1931 г. Наблюдения в Ци-Ка-Вее (Китай) продолжались в 1932 г., а в Тромсё (Норвегия) – в 1935 г.

В Арозе среднее содержание озона в августе 1930 г. и в августе–декабре 1931 г. составило 215×10^{-3} см. (Поясним, что данная величина – высота столбика озона при нормальном давлении; чтобы перейти к размерности мол/см², надо ввести коэффициент 1.5×10^{19}). Среднее многолетнее содержание озона над Арозой равно 238×10^{-3} см,

иначе говоря, его уменьшение в 1930–31 гг. составило 10% – величину того же порядка, что и в случае Тунгусского падения. Но измерения скорости роста деревьев в Бразилии не проводились.

Интересно, что расстояние от Бразилии (устье р. Куруса) до Арозы равно 10 650 км, тогда как между Тунгуской и Калифорнией – 10 900 км, величины почти одинаковые.

Предположение о разрушающем действии крупных болидов на озоновый слой находит подтверждение еще в ряде исследований. Согласно данным, полученным группой американских и чехословацких ученых (1990 г.), метеорные атомы, окисляясь, tearing и разрушают один атом, превращая их тем самым в молекулы кислорода. А группа исследователей из Института физики атмосферы АН СССР (1983 г.) показала, что такую же роль играют молекулы воды. Если Тунгусский (и, вероятно, Бразильский) метеорит представлял собой ядро небольшой кометы, то он в значительной степени состоял именно из водяного льда, который при взрыве превратился в пар.

Итак, крупные метеориты порождают озоновые дыры, а те, в свою очередь, могут способствовать ускорению роста деревьев в районе их образования. Так это или не так, покажут будущие исследования.

* См. В.А. Бронштэн. Гигантские метеориты XX века. Природа, 1999, № 3.

Проблемы формирования научной школы

Е. П. ЛЕВИТАН,
доктор педагогических наук

ВБЛИЗИ ИСТОКОВ

Когда я замучил вопросами по астрономии свою учительницу физики Марию Николаевну Каск, она решила меня (ученика VII класса) брать с собой на курсы повышения квалификации учителей астрономии. Занятия проходили в старом здании МГУ на Моховой, лекции там читал профессор *Михаил Евгеньевич Набоков* – один из основоположников отечественной методики преподавания астрономии. Поскольку кроме меня детей на этих курсах не было, М.Е. Набоков поинтересовался, сыном кого из его слушательниц я являюсь. М.Н. Каск пришлось объяснить ситуацию, после чего М.Е. Набоков неоднократно

но беседовал со мной, а впоследствии на протяжении нескольких лет внимательно следил за моей работой по руководству астрономическим кружком в школе № 1 подмосковного города Жуковского. Это было в конце 40-х гг. уже прошлого века... Немного позднее, а затем и в студенческие годы мне посчастливилось познакомиться с профессором **Борисом Александровичем Воронцовым-Вельяминовым** (я был его студентом), **Павлом Ивановичем Поповым**, **Ростиславом Владимировичем Куницким** (у него я был аспирантом, а оппонировали на защите моей кандидатской наш известный астрофизик профессор Д.Я. Мартынов и круп-

нейший методист-физик С.Е. Каменецкий) и **Владимиром Вячеславовичем Радзиевским**, с которым я ряд лет работал в Учебно-методической секции ЦС ВАГО. Все они были известными учеными, внесли большой вклад и в астрономическую науку, и в методике преподавания астрономии. Б.А. Воронцов-Вельяминов – астроном, работы которого получили признание во всем мире, являлся членом-корреспондентом АПН РСФСР. Правда, никто из них не был ни кандидатом, ни доктором педагогических наук. Первыми кандидатами педагогических наук стали *В.А. Шишаков* (1945 г.), *П.Н. Карницкий* (1950 г.) и *Ф.Ю. Зигель* (1952 г.), с ними меня связывали мно-

гие годы дружбы и сотрудничества. В.А. Шишаков и Ф.Ю. Зигель работали в Московском планетарии лекторами, научными консультантами и активно участвовали в руководстве Астрономическим круж-

ком. П.Н. Карницкий преподавал астрономию в педагогических институтах Костромы и Рязани.

С тех пор минуло более полувека. Постепенно методикой преподавания астрономии, перерастающей

в дидактику астрономии, стали профессионально заниматься десятки специалистов. К настоящему времени число защищенных кандидатских и докторских диссертаций приближается к сорока.

ПЕРЕЧЕНЬ ДИССЕРТАЦИЙ

Считаю необходимым дать перечень всех защищенных диссертаций, который будет полезен творчески работающим учителям и соискателям. Перечень составлен при любезном содействии Н.Н. Гомулиной (в алфавитном порядке следования авторов). В этом списке звездочками отмечены диссертации по ме-

тодике преподавания астрономии в *высшей школе*. Полужирным шрифтом выделены темы диссертаций по методике преподавания астрономии в *средней школе*. Обычным шрифтом набраны темы диссертаций по методике преподавания астрономии, формально защищенных по методике преподавания физики.

Докторские диссертации

1*. Жуков Лев Викторович. Теоретические основы методики астрономической подготовки учителя физики. СПб., 1999.

2. Левитан Ефрем Павлович. **Научные основы методики и система средств обучения астрономии в школах и**

профтехучилищах (диссертация в форме научного доклада). М., 1991.

3. Румянцев Александр Юрьевич. Методические основы формирования системы астрономических знаний в курсе физики средней общеобразовательной школы. Челябинск, 1999.

Кандидатские диссертации

1. Андрианов Николай Константинович. **Организация, содержание и методика проведения наблюдения на учебной астрономической обсерватории**. М., 1970.

2. Алешкевич Алексей Степанович. **Формирование научно-материалистического мировоззрения учащихся в процессе обучения астрономии**. Брест, 1973.

3. Белоозерова Лена. Методика изучения астрономических понятий курса

физики и астрономии в современной школе на базе новых технологий обучения. М., 1999.

4. Боярченко Иван Фомич. **Подготовка учащихся средней школы к практической деятельности при изучении астрономии**. М., 1956.

5. Габбасова Венера Абдуловна. **Научно-методические основы создания системы учебных кинофильмов по курсу астрономии средней школы и**

методика их использования в процессе обучения. М., 1977.

6. Галкина Татьяна Александровна. **Технология обучения астрономии в средней школе.** М., 2002.

7. Гомулина Наталья Николаевна. **Применение новых информационных и телекоммуникационных технологий в школьном физическом и астрономическом образовании.** М., 2003.

8. Дробат Аркадий Серафимович. Основы специальной и элементы общей теории относительности в школьных курсах физики и астрономии. М., 1969.

9*. Дагаев Михаил Михайлович. Научно-методические основы разработки лабораторного практикума по курсу астрономии¹. М., 1963.

10. Ерохина Рахиль Яковлевна. Методика реализации взаимосвязи курсов астрономии и физики в современной школе. М., 1982.

11. Зигель Феликс Юрьевич. **Методика некоторых форм внешкольной работы по астрономии.** М., 1952.

12. Зинковский Василий Иванович. Пути повышения эффективности преподавания физики и астрономии в условиях дифференциации школьного образования. М., 1998.

13. Ильевский Ион Давидович. **Методика преподавания сферической и практической астрономии в средней школе.** М., 1965.

14. Карницкий Павел Николаевич. Элементы учения о мироздании в курсе физики семилетней школы. М., 1950.

15. Кенжаев Болта. **Сочетание наблюдений и изучения теоретического материала в курсе астрономии средней школы.** М., 1982.

16. Клевенский Юрий Николаевич. Пути повышения педагогической эффективности преподавания астрономии в современной средней школе. М., 1974.

17. Ковязин Евгений Иванович. **Место, содержание и методика преподавания вопросов движения небесных светил в курсе астрономии средней школы.** М., 1971.

18. Кожуров Иван Васильевич. Методика ознакомления с элементами космонавтики в средней школе при изучении курсов физики и астрономии. М., 1964.

19*. Курлаева Анастасия Алексеевна. Содержание и методика изложения вопросов астрофизического характера в курсе физики. М., 1963.

20. Левитан Ефрем Павлович. **Проблемы современной методики преподавания астрономии в советской средней школе.** М., 1966.

21*. Лисина Наталья Владимировна. Содержание и методика постановки занятий по практической астрономии в педагогических институтах. М., 1967.

22. Лупой Константин Афанасьевич. **Самостоятельная работа учащихся как средство повышения эффективности обучения астрономии в школе.** М., 1974.

23*. Максименко Елена Владимировна. Вопросы современной астрофизики в учебных курсах педагогического вуза и общеобразовательной школы. Брянск, 2000.

24. Миленькая Ольга Всеволодовна. **Методические особенности формирования у учащихся представлений об астрономических явлениях.** М., 1989.

25. Могилко Аркадий Данилович. **Наблюдения и иллюстративные методы в преподавании астрономии в средней школе.** М., 1958.

26*. Моисеев Стефан Сергеевич. Новые наглядные пособия по математической географии и астрономии для учителей и студентов пединститутов. Минск, 1963.

27*. Мурашов Дмитрий Александрович. О подготовке учителей к препода-

¹ Формулировка темы диссертации М.М. Дагаева приведена мною по памяти и потому, возможно, не точна. Так уж получилось, что, хотя Михаил Михайлович был одним из моих учителей, мне (тогда аспиранту) пришлось убеждать его в необходимости написания диссертации, помочь выбрать тему и помогать на всех этапах ее разработки.

ванию астрономии в средней школе. Калинин, 1962.

28. Паболков Игорь Владимирович. **Комплексное применение компьютерного моделирования в школьном астрономическом образовании.** М., 2001.

29. Попова Алевтина Петровна. **Формирование первоначальных астрономических понятий у учащихся 6–7 классов на внеклассных и факультативных занятиях.** Челябинск, 1986.

30. Порошин Феодосий Михайлович. **Демонстрационные модели по астрономии и методике их использования в средней школе.** М., 1971.

31. Ромас Игорь Анатольевич. **Роль средств обучения для повышения эффективности обучения астрономии в средней общеобразовательной школе.** М., 2001.

32. Рысин Михаил Леонидович. **Информационные технологии в системе ас-**

тронамического образования школьников. Вологда, 2002.

33. Саркисян Елена Акоповна. **Система внеклассных занятий по астрономии в 7 классе.** Ереван, 1973.

34. Ступников Виктор Михайлович. **Совершенствование содержания и структуры астрофизического материала как средство повышения эффективности учебного процесса по астрономии в средней школе.** М., 1976.

35. Чулюкова Елена Владимировна. **Методика преподавания астрономии в основной школе.** М., 1995.

36. Шишаков В.А. **Основные вопросы преподавания астрономии в средней школе.** М., 1945.

37. Яхно Григорий Семенович. **Содержание и методика проведения практических работ и моделирование астрономических явлений в курсе астрономии средней школы.** М., 1966.

В настоящее время ведущим специализированным Ученым Советом, где принимаются к защите кандидатские и докторские диссертации по методике преподавания астрономии, является Диссертационный Совет при Московском государственном педагогическом университете (Д053.01.16) (председатель С.Е. Каменецкий, заместитель Н.С. Пурышева, ученый секретарь Н.В. Шаронова; в числе членов Совета – В.М. Чаругин, А.С. Расторгуев, Е.П. Левитан).

Наличие значительного числа диссертационных исследований, связанных с проблемами методики преподавания (обучения)

астрономии следует, конечно, рассматривать как положительное явление. Но анализ содержания защищенных диссертаций, как и практического вклада соискателей в совершенствование преподавания астрономии (прежде всего в средней школе), свидетельствует об отсутствии единства взглядов у молодых ученых, о разрозненности и несогласованности их действий, отсутствии необходимой преемственности принципов, подходов и методов. Думается, что все это связано с тем, что в нашей стране до сих пор нет **научной школы**, объединяющей специалистов в области дидакти-

ки астрономии. Актуальность создания такой школы очевидна. Она, кроме сказанного выше, обусловлена весьма ощутимым и довольно неожиданным притоком в "методику обучения астрономии" преподавателей школ и вузов, которые в большинстве своем еще не готовы к проведению серьезной научно-исследовательской работы. Поистине парадоксальная ситуация: **астрономию** как учебный предмет целенаправленно вытесняют из общеобразовательной школы – желающих работать в области методики преподавания астрономии с каждым годом все больше! За появи-

ем «новичков в методике» и их творчеством следить сложно даже тем, кто посвятил работе в

этой области несколько десятилетий. Думаю, что учителям астрономии делать это во много раз

труднее, а ведь они очень нуждаются в помощи ученых и методистов.

ЧТО ДАЛЬШЕ?

Время ученых-одиночек ушло в прошлое. Этот тезис, широко известный и часто повторяемый по разным поводам, не относится, к сожалению, в полной мере к давно существующей в нашей стране методике преподавания астрономии и дидактике астрономии, находящейся сейчас в стадии становления. В данной области российской педагогической науки явно преобладает индивидуальное творчество ученых, а примеры их коллективной работы единичны и касаются преимущественно разных форм общественной деятельности, в частности, в рамках ВАГО или на немногочисленных кафедрах астрономии отдельных вузов. В настоящее время невозможно себе представить развитие астрономической науки без коллективов ученых, работающих в различных научно-исследовательских институтах, обсерваториях или астрономических учреждениях, сохранившихся, к счастью, в Москве, Санкт-Петербурге и некоторых других городах России после распада СССР.

Однако никого вроде бы не удивляет тот факт, что ни в СССР, ни в нынешней России не было и нет до сих пор ни одного научно-исследовательского института или хотя бы проблемной лаборатории по методике преподавания астрономии в средней и высшей школе. Похоже, что Вселенная этого «не заслужила»! Ведь получается, что для разработки методики изучения основ астрономии не требовались раньше и не требуются сейчас, в наступившей почти полвека назад космической эре, никакие научно-исследовательские и научно-организационные структуры. Между тем их, собственно, не надо и придумывать, потому что существовала Академия педагогических наук (АПН РСФСР), а в настоящее время успешно работает Российская академия образования (РАО) со всеми ее научно-исследовательскими институтами, лабораториями и т.д.

Справедливости ради нужно вспомнить, что не без усилий единственного члена-корреспондента АПН РСФСР Б.А. Ворон-

цова-Вельяминова, который, работая в ГАИШ МГУ, многое сделал в методике преподавания астрономии, в свое время все-таки появилась одна (!) вакансия научного сотрудника в Лаборатории физики. А еще одна штатная единица научного сотрудника была в Научно-исследовательском институте АПН РСФСР, где разрабатывались средства обучения. Первую с самого начала и до сих пор (с некоторым перерывом) занимает Е.К. Страут, а вторую занимал ныне покойный А.Д. Марленский, крупный специалист в создании учебных моделей, пособий и аудиовизуальных средств обучения астрономии. В настоящее время средствами обучения астрономии в РАО не занимается никто, а в довольно многочисленном коллективе членов-корреспондентов и академиков РАО нет никого (!), кто представлял бы там методике преподавания астрономии (несмотря на появление докторов наук по этой специальности).

Быть может, все это, как говорят теперь студенты и школьники, «нор-

мально"? Ведь дело-то идет: отдельные ученые создают средства обучения, защищают диссертации, выдвигают концептуальные идеи, которые с трудом, но в конце концов "овладевают массами", и т.д. Казалось бы, что еще нужно? А требуются прежде всего координация и квалифицирован-

ная экспертиза выполняемых научно-исследовательских работ (помимо того, чем занимаются ВАК и соответствующие экспертные советы Российского Министерства образования).

По сути, назрела необходимость создания российской научной школы по проблемам дидактики

астрономии. Что должно стать ее центром? Вопрос о том, в рамках какой именно государственной структуры он мог наиболее эффективно функционировать, уместно всесторонне обсудить в Астрономическом обществе и на страницах журнала «Земля и Вселенная».

Информация

Извержение подводного вулкана

В конце 2002 г. опубликованы результаты исследования подводного вулкана Кавачи, расположенного на дне Тихого океана. Его провела международная группа геохимиков, геологов, вулканологов и геофизиков из Тихоокеанской лаборатории Управления по изучению океана и атмосферы в Сиэтле (штат Вашингтон, США).

Гора, названная именем легендарного морского божества полинезийцев, – единственный на Земле достоверно известный активный подводный вулкан. Он располагается в пределах архипелага Соломоновых островов и представляет собой довольно правильный конус, поднимающийся со дна моря, с глубины около 1200 м. Измерения 1963 г. и 1982 г. показали, что вершина горы увенчана относительно плоской поверхностью диаметром 3 км, ограниченной изолинией глубин (изобатой) 400 м. Когда судно «Франклин» прибыло в район Кавачи (в мае 2000 г.), вулкан извергался. В пункте с координатами 8°60' ю.ш. и 157°58' в.д.

обнаружили прорыв колонны материала к поверхности моря. Активно действующий пик находился под водой на глубине всего 2–5 м. Постоянно возникали своеобразные образования в виде «петушиных хвостов» из черного пепла и мелких камней с фонтанами белого пара. Каждые 5–7 мин выбросы повторялись, продолжаясь по 2–3 мин. Иногда, впрочем, паузы достигали 90 мин. В ночное время были хорошо видны ярко светящиеся блоки лавы и хлопья темного пепла, взлетающие на высоту 70 м над волнами, а еще выше – до 500 м – поднимались клубы пара.

Geology, 2002, 30, 975

Опыт преподавания астрономии в Санкт-Петербургском ГМТУ

Преподавание астрономии для меня не является случайным занятием, так как этой науке я посвятил многие годы, будучи большим любителем астрономии. Первоначально я занимался изготовлением любительских телескопов и наблюдениями в них. Мне пришлось на собственном опыте испытать все трудности, с которыми сталкиваются любители телескопостроения. Это дело требует подлинной влюбленности в науку о Вселенной. Постепенно я накапливал знания в разных областях астрономической науки. Удалось установить один из последних моих телескопов в Пулковской обсерватории (Земля и Вселенная, 1996, № 3). Это помогло мне непосредственно общаться с астрономами-профессионалами, получать квалифицированные консультации по любому интересующему вопросу.

Прежде чем поделиться своим опытом преподавания астрономии, я ознакомился с некоторыми статьями на эту тему,



Туманность M42 в созвездии Ориона. Телескоп ЗА – 320 мм, пленка Fujicolor-800, выдержка 25 м.



опубликованными в “Земле и Вселенной”. Многие из них вызвали у меня пессимистический настрой, потому что авторы часто подчеркивали негативные явления в этой области (уменьшение времени учебных занятий, попытки заменить курс астрономии физикой, отказ от этого предмета как от необязательного, отсутствие квалифицированных школьных учителей и т.д.). Впрочем и я, начав преподавать астрономию в Санкт-Петербургском государственном морском техническом университете (СПбГМТУ), столкнулся с довольно грустной картиной. На первых же занятиях выяснилось, что знания студентов колледжа, не изучавших до этого астрономию в школе, находятся на низком уровне. Подавляющее большинство учащихся не

могли правильно объяснить самые элементарные земные и небесные явления. Например, чередование фаз Луны они считали следствием лунных затмений, смену времен года и сезонные вариации высоты Солнца над горизонтом – изменением расстояния от Земли до Солнца. Студенты не могли привести ни одного из доказательств вращения Земли вокруг Солнца, не имели четких представлений о масштабах расстояний до ближайших звезд или туманностей, строении нашей Галактики и т.д. А по поводу понимания причин более сложных астрономических явлений вообще говорить не приходится. Некоторые учащиеся относятся к астрономии совершенно равнодушно и не стесняются это высказывать. Очевидно, что при

В павильоне 26-дюймового рефрактора. ГАО РАН.

таком положении вещей занятия по астрономии в школе должны проводиться в обязательном порядке, чтобы хоть частично восполнить существующие пробелы в знаниях школьников.

Несмотря на такую безрадостную ситуацию, я все же хочу рассказать о своей преподавательской деятельности. При Санкт-Петербургском ГМТУ, где я преподаю астрономию в течение уже десяти лет, организован средне-технический факультет (по существу, колледж). Обучение ведется в соответствии со школьной программой десятого и одиннадцатого классов. Астро-

номию изучают в весеннем семестре одиннадцатого класса, занятия в группах проходят каждую неделю по два академических часа. Если учесть, что на факультете девять учебных групп, а занятия проводит один преподаватель, то жаловаться на недостаточную учебную нагрузку у меня нет оснований.

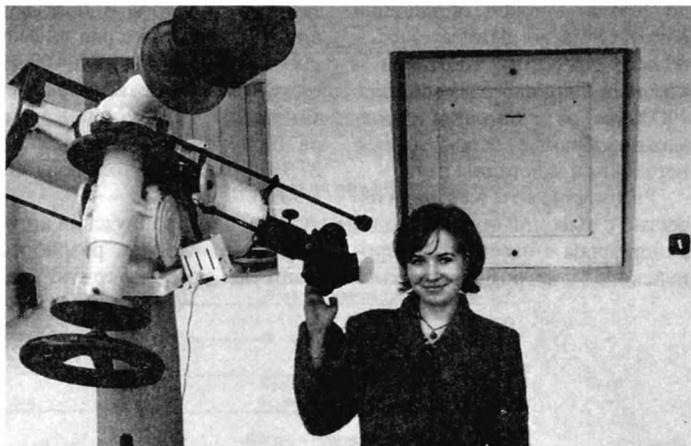
В качестве учебного пособия студентам колледжа рекомендуется учебник Е.П. Левитана "Астрономия-11". Этот учебник позволяет достаточно полно и ясно объяснить многие явления и закономерности астрономической картины мира. Необходимо, однако, учесть, что простое пересказывание материала учебника не всегда пробуждает интерес к предмету. Главное в преподавании любой дисциплины, в особенности такой, как астрономия, – умение заинтересовать учащихся. Как отмечал Я.И. Перельман в своей "Занимательной астрономии", чтобы привлечь внимание человека к явлениям и фактам, хорошо знакомым нам из повседневной жизни, надо его удивить. В своей работе я также пытаюсь использовать это хорошо известное популяризаторам науки правило.

Например, полезно на первых же занятиях ука-



зать на типичные ошибки, встречающиеся при объяснении явлений. Прочитайте описания астрономических явлений, в которых некоторые писатели и журналисты допустили непозволительные ошибки. На лекциях я широко использую иллюстративный материал: фотографии небесных объектов, различные альбомы, энциклопедии по астрономии. Среди них – детская энциклопедия "Астрономия" (издательство "Аванта плюс"), альбом "Прогулки по небу" (автор текста С.И. Дубкова); журналы "Земля и

Вселенная", "Sky and Telescope", "Astronomy", "Deep sky", "Звездочет" и другие. На занятиях демонстрирую большую учебную подвижную карту звездного неба. Кроме того, я на примере собственного телескопа объясняю принцип работы рефлектора. Специально для демонстрации учащимся в аудитории были отсняты видеофильмы по астрономии, в частности о Пулковской обсерватории. Ежегодно туда, а также в Планетарий, организуются экскурсии. Если позволяет погода, экскурсанты могут увидеть в не-



"Ах, до чего же замечательна наука астрономия!"

большой рефрактор, например, пятна на Солнце.

Учащимся предлагается написать реферат на одну из астрономических тем, причем тему они выбирают самостоятельно. Обычно это черные дыры, связь с внеземными цивилизациями, необыкновенные явления на небе. Студентам предоставляется

возможность сделать доклад по интересующей их проблеме. Это помогает им научиться выступать перед аудиторией.

В заключение считаю своим долгом выразить глубокую признательность декану средне-технического факультета, кандидату педагогических наук, доценту Беловой Наталье

Георгиевне за всестороннюю поддержку в организации и проведении занятий по астрономии в колледже, а также экскурсий в Главную астрономическую обсерваторию РАН.

Р.Х. БЕКЯШЕВ,
кандидат технических наук
г. Санкт-Петербург
(Фото автора)

Информация

Таблица

Система α Кентавра

Характеристика	α Кентавра А	α Кентавра В	Проксима Кентавра	Солнце
Возраст, млн. лет	4850	4850	4850	4650
Масса, M_{\odot}	1.100	0.907	0.123	1
Радиус, R_{\odot}	1.227	0.865	0.145	1
Температура, К	5790	5260	3040	5770
Светимость, L_{\odot}	1.519	0.500	0.000138	1

Семейный портрет α Кентавра (Центавра)

Наблюдения с помощью Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории (Чили) дали первые прямые измерения угловых размеров двух главных компонентов звездной системы α Кентавра. В нее входит также звезда Проксима Кентавра, ближайшая к нашей Солнечной системе. Спектральные классы двух главных звезд (G2V и K1V) сходны с Солнцем. Они разделены расстоянием в 3.6 млрд. км, что примерно соответствует расстоянию от Солнца до Урана. Период обращения вокруг общего центра масс – 80 лет. Проксима Кентавра – красный карлик, размещена в 10000 а.е. от этой пары и, возможно, обращается вокруг нее с периодом в миллионы лет.

Расстояние до α Кентавра известно с высокой точностью по измерениям с известного европейского астрометрического

спутника “Гиппаркос” (запущен 8 августа 1989 г.). В ходе новых экспериментов получены радиусы компонентов: 1.227 и 0.865 от R_{\odot} . Сегодня нам известны такие характеристики компонентов системы α Кентавра (см. таблицу).

Уточнен и химический состав поверхностных слоев этих звезд: А (водород – 71.5%, гелий – 25.8%, тяжелые элементы – 2.74%); В (водород – 69.4%, гелий – 27.7%, тяжелые элементы – 2.89%); Проксима Кентавра (водород – 69.5%, гелий – 27.7%, тяжелые элементы – 2.90%).

Недавно французский астроном Пьер Морель разработал мощную компьютерную про-

грамму для определения физических характеристик звезд, используя разнообразные данные (спектрометрия, фотометрия, астрометрия и др.). Программа, учитывающая теорию внутреннего строения звезд и их эволюцию, позволяет узнать и такие параметры, как химический состав и возраст звезды. Вычисленные размеры звезд главной пары системы α Кентавра составили 1.230 и 0.857 от R_{\odot} , что почти совпало с данными измерений.

*По материалам ESO
(пресс-релиз № 05/03
15 марта 2003 г.)*

Небесный календарь: ноябрь–декабрь 2003 г.

Ноябрь 2003

1	Луна в первой четверти (04.6 ч) Луна в 5° южнее Нептуна (05.5 ч)
2	Луна в 5° южнее Урана (14.7 ч)
3	Луна в 3° южнее Марса (09.1 ч)
4	
5	
6	
7	
8	Начало прямого движения Урана (19.3 ч) Полнолуние (01.2 ч)
9	Полное теневое лунное затмение (01.3 ч)
10	Луна в апогее, диаметр 29' 25" (12.1 ч)
11	
12	
13	Луна в 5° севернее Сатурна (19.1 ч)
14	
15	
16	
17	Луна в последней четверти (04.3 ч) Максимум метеорного потока Леонид (02ч)
18	Луна в 4° севернее Юпитера (18.0 ч)
19	
20	
21	
22	
23	Полное солнечное затмение (22.8 ч) Новолуние (23.0 ч)
24	Луна в перигее, диаметр 33' 29" (23.11, 23.3 ч)
25	Луна в 2° южнее Венеры (18.0 ч)
26	
27	
28	Луна в 5° южнее Нептуна (13.7 ч)
29	Луна в 5° южнее Урана (21.7 ч)
30	Луна в первой четверти (17.3 ч)

Декабрь 2003

1	Луна в 4° южнее Марса (15.8 ч)
2	
3	
4	
5	
6	Луна в восходящем узле (16.0 ч)
7	Луна в апогее, диаметр 29' 25" (12.1 ч) Максимум переменной звезды U Орiona
8	Полнолуние (20.6 ч)
9	Меркурий в наибольшей элонгации 21°E (06.0 ч)
10	Луна в 5° севернее Сатурна (22.2 ч)
11	
12	Плутон в соединении (05.4 ч)
13	
14	Максимум метеорного потока Геминид (16 ч)
15	
16	Луна в 4° севернее Юпитера (04.2 ч) Луна в последней четверти (17.7 ч)
17	Начало попятного движения Меркурия (12.6 ч) Покрытие звезды у Девы Луной (20 ч)
18	
19	
20	Луна в нисходящем узле (16.1 ч)
21	
22	Зимнее солнцестояние (07.1 ч) Луна в перигее, диаметр 33' 21" (11.8 ч)
23	Максимум метеорного потока Урсид (01 ч) Новолуние (09.7 ч)
24	Максимум переменной звезды R Андромеды
25	Луна в 3° южнее Венеры (15.8 ч)
26	Луна в 5° южнее Нептуна (00.9 ч) Меркурий в нижнем соединении (01.2 ч)
27	Луна в 5° южнее Урана (08.1 ч)
28	
29	
30	Луна в 4° южнее Марса (08.8 ч) Луна в первой четверти (10.1 ч)
31	Сатурн в противостоянии (21.0 ч)

Эфемериды Солнца

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
	ч	мин	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Ноябрь 1	14	23.1	-14	13	06 ^ч 38 ^м	16 49	07 03	16 24	07 47	15 39
11	15	02.8	-17	15	06 51	16 36	07 23	16 04	08 21	15 05
21	15	44.0	-19	46	07 05	16 26	07 43	15 48	08 56	14 34
Декабрь 1	16	26.5	-21	42	07 17	16 20	08 00	15 37	09 30	14 07
11	17	10.0	-22	57	07 28	16 19	08 14	15 32	09 58	13 48
21	17	54.2	-23	26	07 35	16 21	08 23	15 33	10 13	13 43
31	18	38.6	-23	09	07 38	16 27	08 25	15 40	10 11	13 55

Пример. Определить время восхода Солнца 9 ноября 2003 г. в Новосибирске (широта 55°01', долгота 5°32').

По таблице "Эфемериды Солнца" интерполируем по широте значение среднего солнечного времени восхода на 9 ноября 2003 г., получаем 07^ч19^м. Вычтем из этого значения долготу места и прибавим номер часового пояса ($n = 6$). В итоге получаем поясное время восхода Солнца: 07^ч47^м.

Эфемериды планет

Дата	α		δ		m	d	f	Видимость			Период
	ч	мин	°	'				45°	55°	65°	
Меркурий											
Ноябрь 1	14	39.3	-15	39	-1.0	4.7	0.99	-	-	-	
11	15	41.8	-20	53	-0.6	4.8	0.97	-	-	-	
21	16	45.6	-24	24	-0.4	5.1	0.91	-	-	-	
Декабрь 1	17	48.7	-25	50	-0.4	5.7	0.80	-	-	-	
11	18	40.8	-24	59	-0.3	6.9	0.57	0.3	-	-	Вечер
21	18	49.9	-22	30	1.5	9.1	0.14	-	-	-	
31	17	59.2	-20	23	2.6	9.7	0.07	-	-	-	

Эфемериды планет

Дата	α		δ		m	d	f	Видимость			Период	
	ч	мин	°	'				45°	55°	65°		
Венера												
Ноябрь	1	15	41.2	-19	51	-3.7	10.5	0.95	0.6	-	-	Вечер
	11	16	33.3	-22	36	-3.7	10.8	0.93	0.9	-	-	Вечер
	21	17	27.0	-24	16	-3.7	11.1	0.91	1.2	0.4	-	Вечер
Декабрь	1	18	21.6	-24	45	-3.8	11.4	0.90	1.6	1.2	-	Вечер
	11	19	15.9	-23	58	-3.8	11.8	0.88	2.0	1.8	-	Вечер
	21	20	08.9	-21	59	-3.8	12.2	0.86	2.4	2.4	1.7	Вечер
	31	21	00.0	-18	57	-3.8	12.7	0.84	2.8	2.9	3.0	Вечер
Марс												
Ноябрь	1	22	39.6	-11	00	-1.2	14.9	0.89	8.4	8.3	8.0	Вечер
	11	22	54.2	-08	55	-0.9	13.5	0.88	8.3	8.4	8.5	Вечер
	21	23	11.0	-06	40	-0.7	12.2	0.88	8.2	8.5	8.9	Вечер
Декабрь	1	23	29.5	-04	15	-0.5	11.0	0.87	8.1	8.5	9.3	Вечер
	11	23	49.2	-01	45	-0.2	10.1	0.87	7.9	8.5	9.5	Вечер
	21	00	09.9	+00	50	0.0	9.2	0.87	7.7	8.4	9.6	Вечер
	31	00	31.4	+03	26	0.2	8.5	0.87	7.5	8.2	9.5	Вечер
Юпитер												
Ноябрь	1	10	59.1	+07	32	-1.9	33.4	0.99	4.9	5.5	6.6	Утро
	11	11	04.9	+06	58	-1.9	34.2	0.99	5.7	6.4	7.7	Утро
	21	11	10.0	+06	29	-2.0	35.1	0.99	6.5	7.3	8.8	Утро
Декабрь	1	11	14.3	+06	04	-2.1	36.1	0.99	7.3	8.1	9.8	Ночь
	11	11	17.6	+05	46	-2.1	37.1	0.99	8.0	8.9	10.8	Ночь
	21	11	19.9	+05	35	-2.2	38.3	0.99	8.8	9.7	11.5	Ночь
	31	11	21.0	+05	31	-2.2	39.5	0.99	9.4	10.4	12.0	Ночь
Сатурн												
Ноябрь	1	06	57.1	+22	03	0.0	19.3	1.00	9.8	10.9	13.2	Ночь
	11	06	56.2	+22	05	-0.1	19.6	1.00	10.7	11.9	14.4	Ночь
	21	06	54.6	+22	07	-0.2	19.9	1.00	11.6	12.9	15.5	Ночь
Декабрь	1	06	52.3	+22	11	-0.3	20.2	1.00	12.5	13.9	16.5	Ночь
	11	06	49.4	+22	15	-0.3	20.4	1.00	13.3	14.7	17.1	Ночь
	21	06	46.1	+22	20	-0.4	20.5	1.00	13.9	15.2	17.6	Ночь
	31	06	42.6	+22	24	-0.5	20.6	1.00	14.1	15.3	17.6	Ночь

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий виден на юге России вечером над юго-западным горизонтом в первой половине декабря.

Венера видна вечером над юго-западным горизонтом. В декабре усло-

вия видимости существенно улучшатся на всей территории России.

Марс хорошо виден с вечера до полуночи в созвездиях Водолея и Рыб. Блеск и видимый диаметр планеты будут постепенно уменьшаться.

Юпитер хорошо виден во второй половине ночи в созвездии Льва.

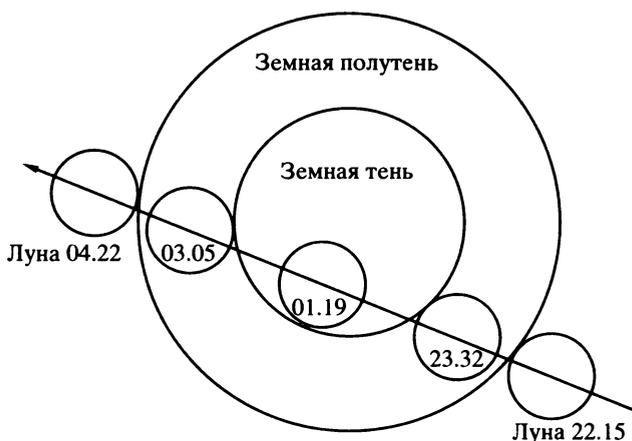
Сатурн прекрасно виден всю ночь с вечера до рассвета в созвездии Близнецов.

ЗАТМЕНИЯ

В ноябре 2003 г. произойдут полное лунное и полное солнечное затмения.

Полное теневое лунное затмение 9 ноября будет видно в европейской части России и на северо-западе Сибири. Полную фазу затмения можно также наблюдать в Западной Сибири.

Полное солнечное затмение произойдет в ночь с 23 на 24 ноября и будет видно в Антарктиде и прилегающей акватории Индийского океана.



Видимый путь Луны через земную тень и полутень во время затмения 9 ноября.

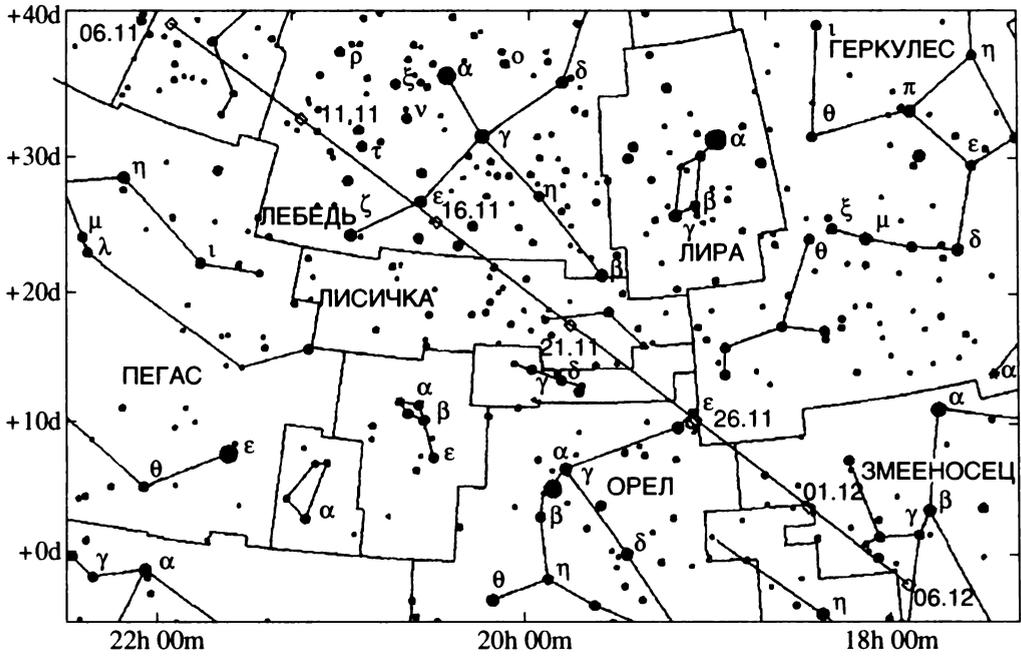
Таблица III

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ПОЛНОГО ЛУННОГО ЗАТМЕНИЯ 9 НОЯБРЯ

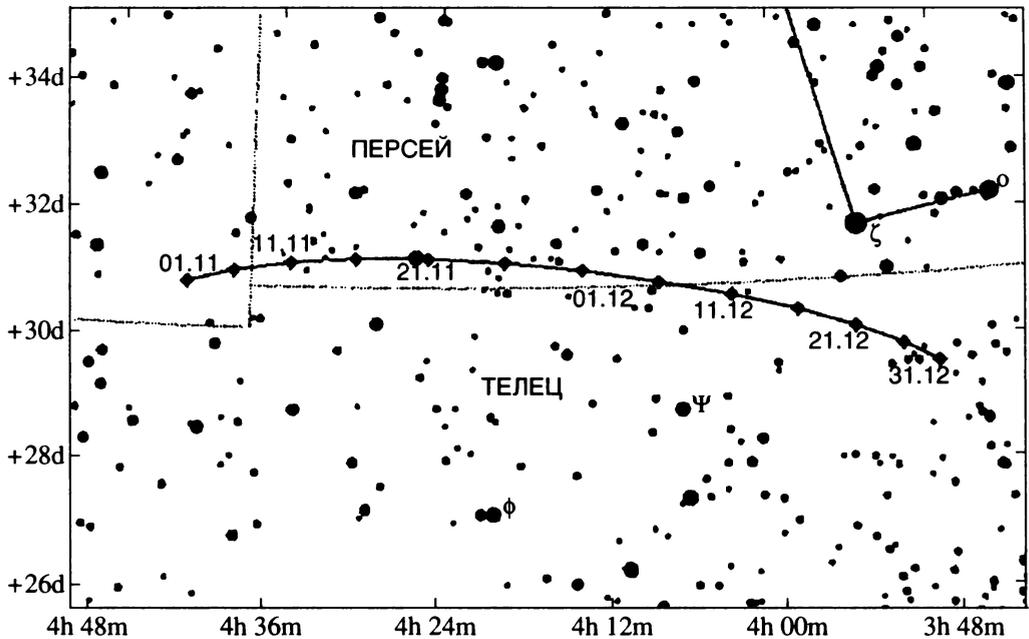
Вступление Луны в полутень	8 ноября	22 ч	15 мин
Начало частного теневого затмения		23	32
Начало полного теневого затмения	9 ноября	01	06
Наибольшая фаза затмения (1.022 ч)		01	19
Конец полного теневого затмения		01	31
Конец частного теневого затмения		03	05
Выход Луны из полутени		04	22

КОМЕТА ЭНКЕ И АСТЕРОИД АМФИТРИТА

С начала ноября наблюдениям в небольшие телескопы станет доступна комета Энке, имеющая самый маленький (среди известных комет) период обращения вокруг Солнца (3.3 года). Условия видимости кометы повторяются через 10 лет, и настоящее приближение ее к Солнцу и Земле будет самым благоприятным для



Видимый путь кометы Энке среди звезд.



Видимый путь астероида Амфитрита среди звезд.

ЭФЕМЕРИДА КОМЕТЫ ЭНКЕ И АСТЕРОИДА АМФИТРИТА

Дата	α		δ		m	
	ч	мин	°	'		
Комета Энке						
Ноябрь	1	23	49.4	+44	06	10.7
	6	22	49.7	+43	05	10.0
	11	21	42.9	+39	15	9.3
	16	20	38.5	+32	23	8.8
	21	19	43.3	+23	34	8.2
	26	18	58.6	+14	26	7.8
Декабрь	1	18	22.5	+06	04	7.3
	6	17	52.9	-01	10	6.8
Астероид Амфитрита						
Ноябрь	1	04	42.6	+30	58	9.3
	11	04	35.1	+31	19	9.1
	21	04	25.2	+31	25	8.9
Декабрь	1	04	14.0	+31	15	8.8
	11	04	03.3	+30	50	8.9
	21	03	54.5	+30	15	9.2
	31	03	48.7	+29	38	9.4

наблюдений в Северном полушарии за этот период. Комета хорошо видна вечером и в первой половине ночи в созвездиях Ящерицы, Лебеда, Лисички. В конце ноября ее блеск существенно возрастет, но она станет видимой только по вечерам невысоко над горизонтом. В начале декабря комета Энке скроется на фоне вечерней зари в созвездии Змееносца.

В последние месяцы 2003 г. на границе созвездий Тельца и Персея будет хорошо видна малая планета Амфитрита. Ее можно наблюдать в середине ночи высоко над горизонтом с помощью небольшого телескопа, так как блеск астероида ярче 9^m.

О.С. УГОЛЬНИКОВ

Информация

Запуск АМС "Розетта" перенесен

Как известно, на 12 января 2003 г. был запланирован запуск европейской АМС "Rosetta" к комете Виртанена (Земля и Вселенная, 2002, № 4). Во время старта 11 декабря 2002 г. произошла авария РН "Ариан-5" (вариант "Ariane-5ECA"). С помощью этого же носителя должны были запустить и станцию "Rosetta". Европейское кос-

мическое агентство (ESA) и компания по производству и эксплуатации европейских ракет-носителей Arianespace в совместном заявлении сообщили, что старт АМС "Rosetta" отменен.

Отсрочка запуска последовала после заключения Комиссии по расследованию причин аварии ракеты-носителя о невозможности дальнейшей эксплуатации РН "Ariane-5". Комиссия установила, что авария произошла из-за нарушения охлаждения сопла двигателя первой ступени носителя "Вулкан-2", вследствие чего возник прогар сопла, который привел к потере управления РН в полете. Поэтому все запуски "Ari-

ane-5" были отложены на неопределенное время.

Старт автоматической станции "Rosetta" с помощью РН "Ариан-5" (вариант "Ariane-5G") перенесен на 24 февраля 2004 г. Межпланетная миссия из-за отмены запуска пересмотрена, и программа полета теперь иная. Предварительно выбраны другие два астероида и комета. Приятно отметить, что выбрали известную комету Чурюмова-Герасименко! Встреча АМС "Rosetta" с ней намечена на 2014 г. Уточненная программа полета АМС "Rosetta" будет зависеть от даты старта.

*По материалам ESA
и Arianespace*

Покрытия звезд астероидами в 2004 году

Д. В. ДЕНИСЕНКО

Институт космических исследований РАН

Мы продолжаем информировать читателей журнала о наблюдениях покрытий звезд астероидами (Земля и Вселенная, 2003, № 1). Здесь мы расскажем о наиболее интересных результатах, полученных в мире за последнее время, и сообщим о покрытиях звезд ярче 10-й величины, которые ожидаются на территории России и стран СНГ в 2004 г.

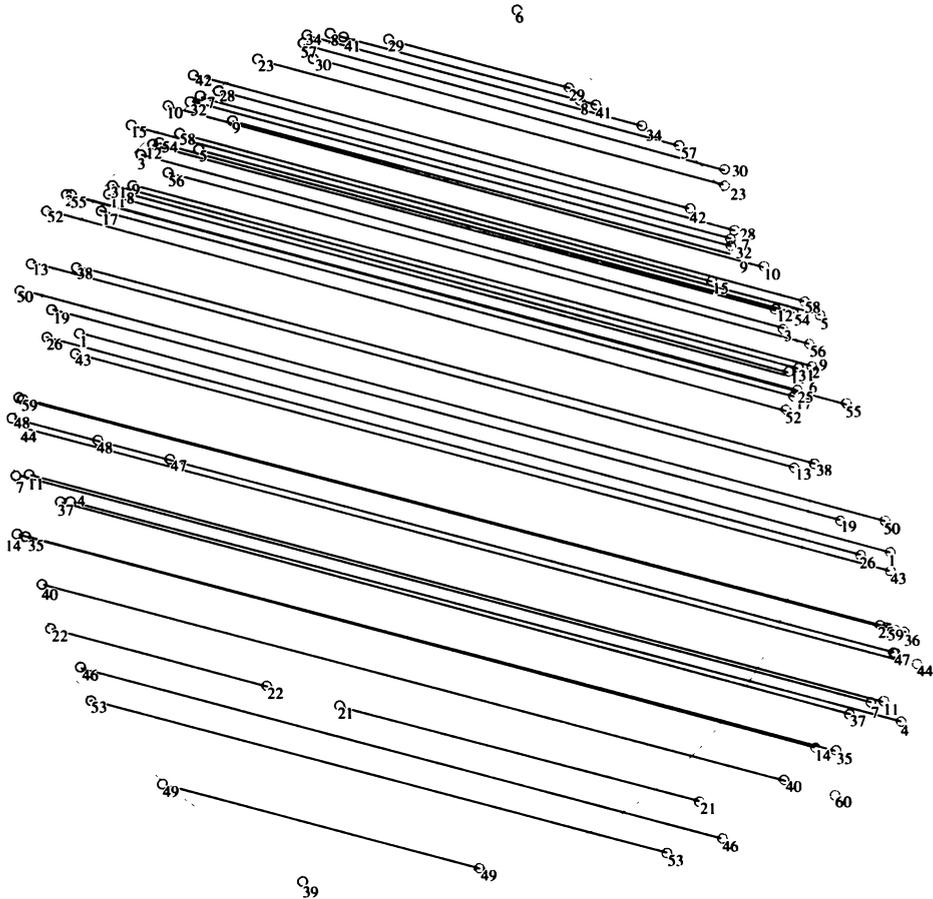
Несмотря на постоянное развитие техники и методов современной астрономии, наблюдения покрытий звезд остаются наиболее точным способом определения размеров и формы малых планет. Количество известных науке астероидов стремительно возрастает. В 2002 г. число получивших номера малых планет с надежно установленными орбитами превысило 50 тысяч. Но точные сведения о размерах есть лишь для небольшой части этих объектов. Самые подробные данные получены об астероидах, вблизи которых пролетали межпланетные автоматические станции. Таких астероидов к настоящему времени насчитывается всего шесть – Гаспра (Земля и Вселенная, 1992, № 5; 1995, № 5), Ида (Земля и Вселенная, 1994, № 6; 1995, № 4), Матильда (Земля и Вселенная, 1997, № 6), Брайль (Земля и Вселенная,

2002, № 1), Аннефранк (Земля и Вселенная, 2003, № 4) и Эрос (первый астероид, на поверхность которого осуществлена мягкая посадка космического аппарата; Земля и Вселенная, 2001, № 5). Разумеется, подобные исследования являются чрезвычайно дорогостоящими, и напрямую измерить физические параметры большого количества объектов Солнечной системы таким образом невозможно.

У большинства астероидов размеры определены косвенными методами. Диаметры малых планет вычисляются по абсолютной звездной величине и коэффициенту отражения (альбедо). Альбедо определяют по спектрам астероидов, и классификации по семействам в зависимости от геохимического состава тел, входящих в один и тот же класс. Однако предположения об однородности семейств могут оказаться неверными.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ 2002 ГОДА

Вечером 31 декабря 2002 г. несколько любителей наблюдали в Японии покрытие звезды 10^m астероидом (153) Гильда. Эта малая планета возглавляет семейства объектов внешней части главного пояса астероидов, которые движутся в орбитальном резонансе с Юпитером 3 : 2.



Согласно общепринятым представлениям, диаметр Гильды – 170 км. Однако длина хорд покрытий дала существенно меньшую величину – около 120 км. Это лишний раз подтверждает тот факт, что во время любительских наблюдений покрытий могут быть получены ценные научные результаты.

Еще одним большим успехом астрономов-любителей в 2002 г. стало массовое наблюдение покрытия звезды 5.5^m ω^1 Тельца астероидом (345) Терцидина 17 сентября. В нескольких странах Европы было получено более 70 хорд по диаметру астероида внутри полосы явления. В результате профиль астероида удалось прорисовать с точностью около 2 км, что эквивалентно угловому разрешению в 1–2 мс дуги (0.001–0.002"). В среднем поперечник этой малой планеты хорошо описывается эллипсом

Профиль астероида (345) Терцидина по результатам наблюдений покрытия ω^1 Тельца в Европе 17 сентября 2002 г. Каждому наблюдателю в полосе видимости события соответствуют моменты исчезновения и появления звезды, приведенные к единой шкале отсчета времени. Точки попарно соединены отрезками прямых, длина которых пропорциональна длительности покрытия. Наклон хорд объясняется направлением движения астероида относительно звезды. Гладкая кривая – наилучшее приближение проекции астероида на картинную плоскость эллипсом с осями 99 км и 93 км. Две точки к северу и югу от астероида указывают положение ближайших к полосе наблюдателей, не зарегистрировавших покрытие.

99 на 93 км, но в правой нижней части явно видно выступ размером около полутора десятков километров. Скорее всего, это огромная гора на Терцидине. Для сравнения: с помощью КТХ в том же

году определен размер самого большого астероида Квавара на пределе углового разрешения в $0.04 \pm 0.01''$ с погрешностью лишь в 25% (1250 ± 300 км). Таким образом, любители астрономии со скромным оборудованием получили результат, по точности более чем на порядок превосходящий возможности телескопа с диаметром зеркала 2.4 м! Подробный отчет о наблюдении этого явления можно найти на новом интернет-сайте euraster.net, созданном специально для европейских любителей.

В 2002 г. успешно наблюдалось более 40 покрытий звезд астероидами. Точное число можно будет назвать после того, как все отчеты поступят в Международную ассоциацию регистрации покрытий (ЮТА) и будут обработаны. Но уже сейчас ясно, что 2002 г. стал рекордным по общему числу явлений и по количеству наблюдавшихся покрытий ярких звезд. Как сообщалось в нашей предыдущей статье, к июлю 2002 г. в мире зарегистрировано всего 8 покрытий звезд ярче 6^m. К концу прошлого года стало известно еще о четырех подобных событиях. С 1975 г. наблюдалось 12 покрытий звезд ярче 6^m, из них 5 – в 2002 г.! С. Престону (США) удалось зафиксировать на видеокамеру сразу два таких явления – 21 апреля и 16 октября.

К сожалению, астрономам из России и стран ближнего зарубежья не повезло. В основном из-за плохой погоды. Один положительный результат все же был получен. Любитель астрономии из Витебска (Белоруссия) В. Невский наблюдал еще более редкое явление – покрытие звезды 9^m спутником Сатурна Тефией, которое произошло 15 декабря 2002 г. (Земля и Вселенная, 2003, № 3). Считается, что размер Тефии равен 1060 км, покрытие должно было продолжаться 39.5 с, однако длилось 40.4 с. Это можно объяснить тем, что диаметр Тефии больше предполагавшегося (1085 ± 5 км). Ясность, не исключено, внесет АМС "Кассини", которая в 2004 г. выйдет на орбиту вокруг Сатурна (Земля и Вселенная, 2003, № 1).

ЧТО МОЖНО НАБЛЮДАТЬ В РОССИИ И СТРАНАХ СНГ В 2004 ГОДУ

Ниже мы даем таблицу, где приведены обстоятельства покрытий звезд ярче 10^m длительностью более 3 с. Всего таких явлений ожидается 28. Кроме того, в таблицу добавлено покрытие звезды в Девы астероидом Гуйчжоу, которое произойдет на Дальнем Востоке 5 апреля. Его максимальная длительность составит всего 2.2 с, однако это единственное в 2004 г. в нашей стране покрытие звезды ярче 6^m. На европейской территории России ближайшие благоприятные покрытия звезд, видимых невооруженным глазом, произойдут 2 декабря 2005 г. (NZ Блиźнецов 5.7^m), 21 марта 2010 г. (31 Девы 5.6^m) и 27 декабря 2012 г. (θ¹ Тельца 4.0^m).

Следует иметь в виду, что, хотя полоса видимости известна с точностью 200–300 км, наблюдать стоит даже в тех случаях, когда расчетные зоны видимости проходят в сотнях километров от места наблюдения. Вторичные покрытия звезды спутниками астероида возможны и в тысяче километров от номинальной полосы.

Обозначения звезд в таблице даны по каталогам Hipparcos и Tycho, номера в тексте – по каталогу SAO.

9 января. Покрытие астероидом (167) Урда.

Звезда 8.5^m (SAO 97777) находится в созвездии Рака, в 5° к западу от δ Рака и в 38' западнее 25 Рака (SAO 97806, 6.2^m). Почти полная Луна будет расположена всего в 11° к востоку от звезды. Области видимости – Камчатка, Якутия, Полярный Урал, Коми, Карелия.

16 января. Покрытие астероидом (377) Кампания.

Звезда 6.4^m 13 Рыб (спектральный класс K1 III) расположена в 25° западнее Марса, в 4° к юго-западу от λ Рыб и в 35' к западу от 14 Рыб (6.0^m, спектр A2). Области видимости – Приморье, Южный Сахалин. Явление произойдет вечером невысоко над западным горизонтом.

Дата (2004 г.)	Время (UT)	Астероид (номер, название)	Диам. (км)	Длит. (с)	Звезда		Координаты (2000 г.)		Луна	
					Обозначение	Блеск	α	δ	Рас.	Ф.
янв. 09	15:51–15:58	167 Урда	39	3.2	HIP 41104	8.53	08 ^h 23 ^m 12.82 ^s	+16°53'38.4"	11	96
янв. 16	11:00–11:02	377 Кампания	91	2.7	HIP 116146 (13 Рыб)	6.39	23 ^h 31 ^m 57.57 ^s	-01°05'09.2"	131	36
янв. 25	09:02–09:04	1330 Спиридония	55	4.2	TYC 0176-03002-1	9.23	07 ^h 15 ^m 15.31 ^s	+05°39'44.1"	117	15
янв. 29	23:00–23:10	308 Полико	140	21.5	HIP 27972	7.30	05 ^h 54 ^m 58.48 ^s	+17°24'07.0"	42	57
фев. 17	16:36–16:42	498 Токио	82	14.1	HIP 65791	7.22	13 ^h 29 ^m 13.62 ^s	+03°52'17.1"	95	9
фев. 17	19:39–19:43	269 Юстиция	53	3.8	HIP 44446	8.11	09 ^h 03 ^m 18.67 ^s	+14°11'00.7"	159	9
фев. 25	13:20–13:35	167 Урда	39	6.0	TYC 1370-01947-1	9.62	07 ^h 47 ^m 16.50 ^s	+19°12'58.0"	77	26
март 09	17:40–17:50	2621 Готту	46	5.2	TYC 5630-00603-1	8.26	16 ^h 27 ^m 46.15 ^s	-11°11'10.2"	43	91
март 30	14:48–14:56	246 Аспорина	60	6.4	TYC 0787-00343-1	8.88	07 ^h 53 ^m 19.01 ^s	+12°42'12.5"	13	65
апр. 02	22:45–22:52	656 Бигль	53	5.6	HIP 57315	8.59	11 ^h 45 ^m 05.54 ^s	+01°34'43.4"	15	92
апр. 05	12:43–12:49	2632 Гуйчжоу	29	2.2	HIP 57380 (v Девы)	4.05	11 ^h 45 ^m 51.56 ^s	+06°31'45.8"	23	100
апр. 09	12:43–12:47	253 Матильда	58	4.4	TYC 0272-00256-1	9.67	11 ^h 42 ^m 07.21 ^s	+02°26'34.1"	80	79
апр. 18	14:50–14:55	667 Дениза	81	8.4	TYC 0439-00295-1	9.04	18 ^h 10 ^m 03.29 ^s	+05°32'27.8"	104	1
май 24	20:35–20:50	783 Нора	40	7.1	TYC 5072-01230-1	8.69	17 ^h 01 ^m 18.34 ^s	-04°13'03.9"	124	26
июль 09	18:52–19:00	173 Ино	154	16.0	HIP 99611	7.62	20 ^h 12 ^m 54.49 ^s	-07°27'29.2"	80	45
июль 20	16:23–16:30	3 Юнона	233	17.3	HIP 92918	7.46	18 ^h 55 ^m 52.97 ^s	-05°44'42.8"	126	10
авг. 24	14:22–14:25	283 Эмма	148	6.9	HIP 21373	9.42	04 ^h 35 ^m 12.12 ^s	+29°51'16.6"	173	63
сен. 03	22:50–22:55	1146 Бьярмия	31	3.9	TYC 0506-01568-1	9.73	20 ^h 07 ^m 10.83 ^s	+05°56'50.4"	95	75
сен. 10	20:40–20:42	568 Черуския	87	2.9	TYC 1339-00770-1	9.52	06 ^h 51 ^m 41.82 ^s	+19°56'52.9"	24	14
окт. 15	01:58–02:02	63 Авсония	103	8.2	TYC 1921-02606-1	9.65	07 ^h 16 ^m 05.27 ^s	+28°31'18.4"	108	1
окт. 16	16:19–16:28	56 Мелета	113	11.1	TYC 0656-01633-1	9.45	03 ^h 28 ^m 20.95 ^s	+12°42'48.1"	171	8
окт. 18	02:56–03:02	923 Герлуга	32	2.9	TYC 0730-02094-1	9.14	06 ^h 09 ^m 51.71 ^s	+08°15'47.4"	156	20
нояб. 08	18:50–19:05	49 Палес	149	17.5	TYC 1222-00064-1	9.57	02 ^h 35 ^m 20.67 ^s	+20°16'08.3"	134	17
нояб. 10	00:26–00:28	1101 Клематис	37	2.8	TYC 0033-00537-1	8.58	01 ^h 54 ^m 14.99 ^s	+04°35'08.2"	165	9
нояб. 28	22:40–22:46	238 Гипатия	148	15.7	HIP 30327	8.35	06 ^h 22 ^m 44.61 ^s	+05°07'31.9"	23	96
дек. 04	19:28–19:38	1674 Грюнфельд	27	2.8	HIP 15249	8.77	03 ^h 16 ^m 42.63 ^s	+15°39'26.0"	110	52
дек. 05	14:18–14:28	375 Урсула	106	12.9	TYC 2298-01142-1	9.32	01 ^h 46 ^m 37.84 ^s	+33°19'31.3"	128	44
дек. 20	19:36–19:40	639 Латона	71	3.9	HIP 58936	8.39	12 ^h 05 ^m 05.92 ^s	-09°18'30.9"	159	71
дек. 24	17:30–17:45	868 Лова	52	6.6	TYC 1383-00251-1	9.91	08 ^h 28 ^m 03.73 ^s	+18°36'17.7"	52	97

Комментарии. Даты приведены по Всемирному времени (UT). С 28 марта по 30 октября Московское время = UT + 4^ч, зимой = UT + 3^ч. Диам. – предполагаемый диаметр астероида в километрах. Длит. – максимальная длительность покрытия (в центре полосы). Луна: Рас. – расстояние до звезды (градусы), Ф. – фаза (проценты).

25 января. Покрытие астероидом (1330) Спиридония.

Звезда 9.2^m (созвездие Малого Пса) находится в 6° к западу от Прочиона, в 50' к востоку от SAO 115062 (6.0^m) и в 9' к югу от SAO 115144 (8.1^m). Области видимости – Приморье, Южный Сахалин. Вечернее явление невысоко над восточным горизонтом.

29 января. Покрытие астероидом (308) Поликсо.

Звезда 7.3^m SAO 94989 (спектр K5III) расположена в созвездии Ориона у границы с Тельцом, в 10° к северу от Бетельгейзе, в 5.5° к юго-востоку от ζ Тельца и в 1.8° к востоку от 130 Тельца (5.5^m). Области видимости – запад и юг Украины, Молдавия, Закавказье. Видно в западной части неба. По местному времени наступит 30 января.

17 февраля. Покрытие астероидом (498) Токио.

Звезда 7.2^m SAO 119951 (спектр K2), созвездие Девы, находится в 15° севернее Спики и в 1°15' к западу от CW Девы (SAO 120004, 4.9^m). Области видимости – Юго-Восточная Сибирь, Забайкалье.

17 февраля. Покрытие астероидом (269) Юстиция.

Звезда 8.1^m SAO 98318 (спектр K3III) расположена в созвездии Рака, в 6° к юго-востоку от δ Рака и в 2.5° к северо-востоку от α Рака. Области видимости – север Сахалина, Хабаровский край, Якутия. Под утро 18 февраля местного времени видно в западной части неба.

25 февраля. Покрытие астероидом (167) Урда.

Звезда 9.6^m (созвездие Близнецов) находится в 9° к югу от Поллукса, в 45' севернее 81 Близнецов (5.0^m) и в 12' к северо-западу от SAO 97245 (8.6^m). Области видимости – Камчатка, Магадан, Якутия, Таймыр.

9 марта. Покрытие астероидом (2621) Гоуту.

Звезда 8.3^m (SAO 159926) расположена в созвездии Змееносца, в 2.4° к запа-

ду от ζ Змееносца и в 30' западнее SAO 159949 (6.7^m). Области видимости – Приморье, Сахалин. Восходит невысоко в юго-восточной части неба под утро 10 марта местного времени.

30 марта. Покрытие астероидом (246) Аспорина.

Звезда 8.9^m (SAO 97337) находится в созвездии Малого Пса вблизи границы с Близнецами, в 12.5° от Луны, в 8° от Прочиона, в 2.5° к северо-востоку от 11 Малого Пса (5.3^m) и в 2.5' к западу от SAO 97342 (8.5^m). Области видимости – Забайкалье, Хабаровский край. Видна вечером в юго-западной части неба.

2 апреля. Покрытие астероидом (656) Бигль.

Звезда 8.6^m (SAO 119026) расположена в созвездии Девы в 13° южнее β Льва и в 1.4° к западу от β Девы. Области видимости – Архангельск, Коми, Средний Урал и север Казахстана. Под утро 3 апреля по местному времени видна низко над юго-западным горизонтом. Яркая Луна и Юпитер будут находиться в созвездии Льва, в 15° от звезды.

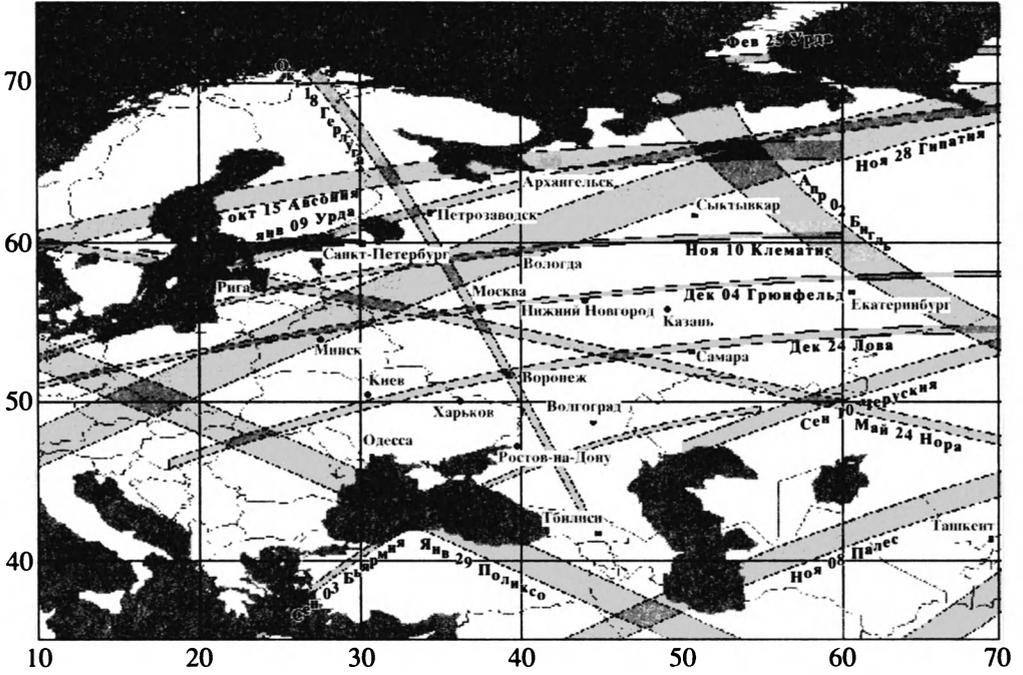
5 апреля. Покрытие астероидом (2632) Гуйчжоу.

Звезда 4.1^m (ν Девы) находится в 8° к югу от β Льва и в 5° к северу от β Девы. Поскольку звезда является красным гигантом спектрального класса M1 IIIab, из-за ее большого углового размера (0.006^{''}) исчезновение и появление будут происходить плавно в течение примерно 1 с. Область видимости – Приморье. Расчетная полоса проходит через Владивосток, но из-за большой неопределенности орбиты этого слабого (16^m, диаметр около 30 км) астероида явление может быть видно и в Хабаровске, и на юге Сахалина. Оно произойдет вечером высоко в южной части неба в 23° к западу от полной Луны, которая через 45 мин после этого сама покроеет звезду 4.5^m θ Девы.

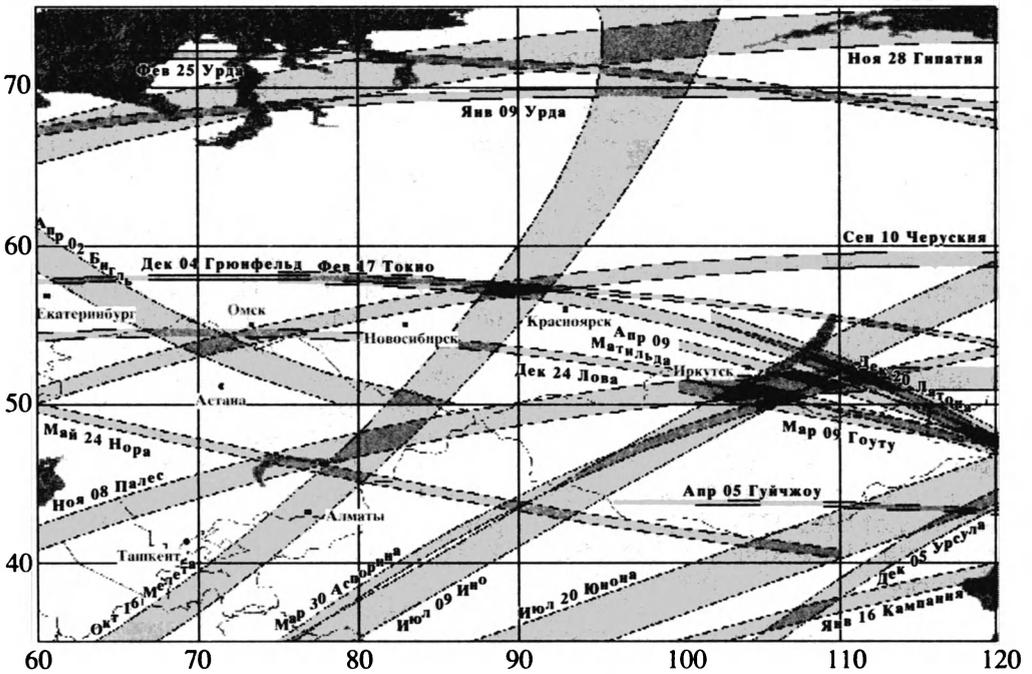
9 апреля. Покрытие астероидом (253) Матильда.

Звезда 9.7^m также в созвездии Девы, расположена в 12° к югу от β Льва, в 2° к западу от β Девы и в 7' к северо-западу

а



б



Сахалин. В юго-западной части неба. Юнона – самый большой астероид (диаметр 233 км), покрытие которым произойдет в России в 2004 г. При блеске 9.6^m даже в небольшой телескоп его можно будет увидеть до и после соединения со звездой.

24 августа. Покрытие астероидом (283) Эмма.

Звезда 9.4^m (SAO 76663) находится в северной части созвездия Тельца, в 12° к востоку от Плеяд, в 6° к юго-западу от ι Возничего и в 53' к северу от SAO 76654 (5.7^m). Области видимости – Приморье, Хабаровский край, Сахалин, Магадан. Видно невысоко над восточным горизонтом 25 августа по местному времени.

3 сентября. Покрытие астероидом (1146) Бьярмия.

Звезда 9.7^m спектрального класса M0 расположена в созвездии Орла в 5° к юго-востоку от Альтаира, в 3° к востоку от β Орла, в 1.5° к юго-востоку от τ Орла и в 15' к северу от SAO 125464 (9.0^m). Область видимости – юг европейской территории России в 2.50–2.54 ч ночи 4 сентября по московскому летнему времени. Видно низко над западным горизонтом. Луна (фаза 0.75) будет в созвездии Овна.

10 сентября. Покрытие астероидом (568) Черуския.

Звезда 9.5^m (SAO 78808) находится в созвездии Близнецов, в 12.5° к западу от Сатурна, в 5° к северо-востоку от γ Близнецов, в 1.8° к югу от 36 Близнецов (5.2^m) и в 15' к востоку от звезд SAO 78788 и SAO 78793 (8.0–8.5^m). Области видимости – северо-восток Казахстана и юг Сибири уже 11 сентября по местному времени. Восходит невысоко над восточным горизонтом.

15 октября. Покрытие астероидом (63) Авсония.

Звезда 9.7^m (SAO 79224) расположена в созвездии Близнецов, в 6.5° к западу от Поллукса и в 37' к северу от 53 Близнецов (5.9^m). Области видимости – Карелия, Архангельск, Коми (в сумерках). Видно высоко в южной части неба.

16 октября. Покрытие астероидом (56) Мелета.

Звезда 9.5^m (SAO 93446) находится в созвездии Тельца у границы с созвездием Овна, в 3° к северу от ξ Тельца и в 15' к востоку от SAO 93439 (6.2^m). Области видимости – Таджикистан, Киргизия, Восточный Казахстан, Западная Сибирь, Красноярский край. Видно в юго-восточной стороне неба.

18 октября. Покрытие астероидом (923) Герлуга.

Звезда 9.1^m (SAO 113526) расположена в созвездии Ориона, в 3.5° к востоку от Бетельгейзе, в 45' к северу от SAO 113512 (6.7^m) и всего в 7.5' к востоку от еще одной звезды 9^m – SAO 113517. Области видимости – Мурманск, Карелия, Москва, Черноземье и Кавказ (в сумерках). Поднимется высоко над южным горизонтом.

8 ноября. Покрытие астероидом (49) Палес.

Звезда 9.6^m (созвездие Овна) находится в 7° к юго-востоку от α Овна, в 1.5° к западу от μ Овна, в 35' к юго-западу от SAO 75476 (6.9^m) и в 20' к северо-востоку от SAO 93005 (7.9^m). Области видимости – Сахалин (невысоко над горизонтом утром 9 ноября), Хабаровский край, юг Восточной Сибири, Казахстан, Узбекистан, Туркмения. В момент покрытия астероид (диаметр 150 км) будет виден как звезда 10.6^m.

10 ноября. Покрытие астероидом (1101) Клематис.

Звезда 8.6^m (SAO 110213) расположена в созвездии Рыб, в 16° к югу от β Овна, в 2.5° к северо-западу от α Рыб, в 1.4° к северу от ξ Рыб и в 22' к востоку от SAO 110195 (8.0^m). Области видимости – Прибалтика, северо-запад России, Коми. Под утро видно невысоко в юго-западной части неба.

28 ноября. Покрытие астероидом (238) Гипатия.

Звезда 8.4^m (SAO 113788) находится в созвездии Единорога у границы с Орионом, в 7° к востоку от Бетельгейзе и в 35' к северо-северо-западу от двойной

звезды ϵ Единорога (4.5^m). Почти полная Луна в 23° к северу, на границе созвездий Тельца и Близнецов. Области видимости – Таймыр, Северный Урал, Коми, Вологда, запад России, Белоруссия, Прибалтика. Видно в южной части неба 29 ноября местного времени.

4 декабря. Покрытие астероидом (1674) Грюнфельд.

Звезда 8.8^m (SAO 93369) расположена в созвездии Овна у границы с Тельцом, в 11° к юго-западу от Плеяд, в 4.4° к северо-западу от 5 Тельца (4.3^m), в 38' к востоку от SAO 93350 (7.3^m) и в 38' к северо-западу от SAO 93377 (7.7^m). Области видимости – Дальний Восток, юг Сибири (наступит 5 декабря), средний Урал, центр Европейской России, Белоруссия.

5 декабря. Покрытие астероидом (375) Урсула.

Звезда 9.3^m (SAO 54969) находится в созвездии Треугольника, в 4° к северо-северо-западу от α и в 5° к западу-юго-западу от β Треугольника, в 46' к северо-западу от SAO 54994 (5.8^m) и в 10' к северу от SAO 54973 (8.1^m). Области видимости – Камчатка (6 декабря в 2 ч 22 мин по местному времени), Сахалин, Хабаровский край. Явление произойдет высоко в западной части неба.

20 декабря. Покрытие астероидом (639) Латона.

Звезда 8.4^m (SAO 138574) расположена в юго-западной части созвездия Девы, в 14.5° от Юпитера, в 11.5° южнее и чуть восточнее β Девы, в 7° к востоку от θ Чаши (4.8^m), в 1° к северу от SAO 157069 (6.6^m) и в 12' к востоку от SAO 138563 (9.0^m). Области видимости – Забайкалье, Приморье, возможно Хабаровский край. По местному времени наступит 21 декабря.

24 декабря. Покрытие астероидом (868) Лова.

Звезда 9.9^m (SAO 97837) находится в созвездии Рака, в 4° к западу от δ Рака,

в 1° к западу-северо-западу от красной звезды θ Рака (5.5^m) и в 32' к северу от SAO 97833 (8.3^m). Области видимости – Приморье и Забайкалье (высоко в южной части неба, по местному времени наступит 25 декабря), юг Западной Сибири, Урал, Поволжье, Черноморье и Украина (вечерняя видимость низко над юго-восточным горизонтом).

РЕКОМЕНДАЦИИ НАБЛЮДАТЕЛЯМ

Опыт показывает, что многие любители испытывают значительные трудности с поиском и отождествлением затмеваемой звезды. Поэтому ни в коем случае не стоит пренебрегать тренировкой и надеяться на то, что удастся найти нужное место на небе за несколько минут. Заранее, за несколько ночей до покрытия, ознакомьтесь с окрестностями искомой звезды. Если возможно, то сверьтесь с картой или компьютерной программой (“планетарий”) и наметьте порядок поиска нужной звезды, переходя от ярких объектов к более слабым. Владельцам телескопов с альт-азимутальной монтировкой можно посоветовать использовать режим отображения горизонтальной сетки координат, установить время на момент покрытия и определить, какие яркие звезды или планеты будут иметь тот же азимут или ту же высоту над горизонтом, что и затмеваемая звезда. Тогда найти ее будет не труднее, чем с телескопом на экваториальной монтировке.

Результаты своих наблюдений (в том числе и отрицательные) присылайте по электронной или обычной почте, адреса указаны в конце статьи. Форму отчета вы найдете в нашем журнале (Земля и Вселенная, 2003, № 1). В электронном виде ее можно найти на сайте автора bigden.ru. Там же регулярно публикуются уточненные обстоятельства явлений. Успешных наблюдений!

Денис Владимирович Денисенко
127422, Москва, ул. Костякова, 7/7-32
denis@hea.iki.rssi.ru

Очень горячие звезды

Новые наблюдения нескольких необычных туманностей недавно были выполнены на Европейской Южной Обсерватории в Чили с помощью мультимодульного инструмента FORS1, установленного на 8.2-м зеркале Очень Большого Телескопа (Земля и Вселенная, 1999, № 1). Группа астрономов, преимущественно из Института астрофизики и геофизики в Льеже (Бельгия), получила первые детальные высококачественные изображения четырех сильно ионизованных туманностей в Магеллановых Облаках. Прекрасные цветные фотографии – уникальны. Они несут информацию о свойствах и стадии эво-

люции объектов. Это результат специальной программы экспериментов, начатых международной командой астрономов из Бельгии и США, по изучению чрезвычайно горячих туманностей.

В трех объектах им удалось отождествить источники: это одни из самых горячих и массивных звезд, причем некоторые из них двойные. Их массы превышают $20 M_{\odot}$, температура поверхности выше $90\,000\text{ K}$, а светимость – от 10^5 до $10^7 L_{\odot}$.

Туманности BAT99-2, BAT99-49 и AB7 содержат далеко проэволюционировавшие массивные звезды типа Вольфа – Райе, причем AB7 и BAT99-49 – двойные. В туманности N44C находится массивная звезда среднего возраста спектрального класса O.

Такие необычные звезды – источники мощнейшего звездного ветра, в 10^7 – 10^9 раз интенсивнее солнечного.

BAT99-2 – горячая звезда Вольфа – Райе в Большом Ма-

геллановом Облаке (см. фото на стр. 4 обложки). На более ранней стадии ее развития звездный ветер вымел межзвездное вещество и создал “пузырь”. Часть этого пузыря выглядит большим полукольцом к югу от звезды. На следующем этапе эволюции усиливающийся звездный ветер налетает на ранее выброшенное вещество, что привело к образованию нового “пузыря”. Он виден как небольшая дугообразная структура к северо-западу от звезды. Похоже, что происходит слияние этих двух пузырей. BAT99-2 сильно нагревает своим мощным ультрафиолетовым излучением ближайшие окрестности. Обнаруживаются также остатки сверхновой в виде нескольких слабых волокон (близких к высоковозбужденной туманности) к северо-западу от дугообразной структуры.

*По материалам ESO
(пресс-релиз № 8103 9 апреля
2003 г.)*

Экзопланета с самым коротким периодом обращения

В настоящее время известно более 100 планет на орбитах вокруг других звезд. Если орбита ориентирована относительно Земли так, что планета проходит по диску звезды, то наблюдается слабое уменьшение блеска звезды. Чем крупнее планета, тем большую часть диска она загорживает и тем значительней ослабление блеска звезды. Изучение кривой блеска в комплексе с измерениями лучевой скорости позволяет точно определить орбиту планеты, в том числе ее угол наклона к лучу зрения, что дает надежную информацию о разме-

рах экзопланеты, ее массе и плотности.

В ходе эксперимента по оптическому гравитационному линзированию (2002–2003 гг.) составлен список из 59 звезд с экзопланетами, проходящими по диску. У этих звезд обнаружили слабые регулярные колебания блеска.

Группа немецких астрономов, работая со спектрографом высокого разрешения UVES на 8.2-м “Кьюйен” Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории, получила детальные спектры звезды OGLE-TR-3. Из анализа 10 спектров (с экспозицией около часа) нашли вариации скорости 120 м/с и ослабление блеска на 2% с периодом 28 ч 33 мин. Это свидетельствует о том, что

вокруг данной звезды обращается планета с периодом 28 ч 33 мин (самый короткий из известных).

Согласно расчетам, ее масса приблизительно равна половине массы Юпитера, а плотность – 250 кг/м^3 . Расстояние от этого большого газового шара до центральной звезды – 3.5 млн. км. Поэтому температура обращенного к звезде полушария достигает 2000°C . В ближайшее время астрономы попытаются наблюдать эту экзопланету непосредственно по ее относительно сильному инфракрасному излучению.

*По материалам ESO
(пресс-релиз 22 апреля 2003 г.)*

Первый на Северном полюсе

Книга В.С. Корякина “Фредерик Альберт Кук” (издательство “Наука”, 2002 г.) посвящена жизни и деятельности одной из самых трагических личностей в истории покорения наиболее труднодоступных районов земного шара.

Американский врач и полярный путешественник Ф. Кук начал свою деятельность в Арктике в 1891 г. под руководством Роберта Э. Пири, а затем его полярная “одиссея” продолжилась в 1897–99 гг., когда он участвовал в морской экспедиции в Антарктике. Вместе с Амундсеном он стал одним из первых антарктических зимовщиков. В 1903 г. и в 1906 г. Кук штурмовал высочайшую вершину Северной Америки – гору Мак-Кинли. В 1907–09 гг. он совершил поход к Северному полюсу, которого достиг 21 апреля 1908 г.

Ф. Кук не погиб ни при покорении полюса, ни во время тяжелейшего возвращения, занявшего целый год. Судьба уберегла его. И все-таки Ф.А. Кук оказался жертвой, но его трагедия – социальная. Он в буквальном смысле “пал, оклеветанный молвой”, по вине человека, в высшей степени заинтересованного в общественном признании своего приоритета в “открытии” Северного полюса. Им был Роберт Пири, отдавший борьбу за полюс 20 лет жизни, но достигший его на год позже Ф. Кука, 6 апреля 1909 г. Узнав о своем опоздании лишь по возвращении на Большую землю, он вступил в нечестную борьбу за пальму первенства. Пири утверждал, что Кук не ушел дальше ледяного припая у берегов Канадского Арктического ар-



хипелага и все его документы, свидетельствующие о походе на полюс, фальсифицированы. Ф. Кук провел 7 лет на каторге, безвинно осужденный. Лишь в 1965 г., через 15 лет после смерти, его полностью реабилитировали. Но жизнь была сломана.

В.С. Корякин предлагает читателю не просто подробное описание жизни и деятельности Ф. Кука и Р. Пири. Перед нами рассказ о столкновении двух типов героических характеров. Его результатом стала несправедливая победа адмирала Пири над доктором Куком. Противопоставление судеб двух “героев полюса” – лейтмотив книги. Факты, ставшие известными лишь во второй половине XX в., доказывают подлинность наблюдений, сделанных Ф. Куком во время похода к полюсу.

Автор книги – профессиональный полярник, много лет проработавший в Арктике и Антарктике. Благодаря этому приводимые им научные факты – не переложение на доступный каждому язык “высокой” науки, а наука как таковая. Автор анализирует те научные достижения Кука, которые при его жизни не были признаны. Так,

Ф. Кук обнаружил в американской части Арктики ранее неизвестный ледовый дрейф в западном направлении. Изучение природы Арктики во второй половине XX в. подтвердило это открытие. Второе важнейшее открытие Ф. Кука – феномен дрейфующих ледяных островов (обломков шельфовых ледников). Кук описал характерную для них волнистую поверхность, когда пересекал один такой остров на 88° с.ш. Его свидетельство не поверили, потому что о ледяных островах в начале века еще никто не знал. А уже во второй половине столетия на подобных обломках шельфовых ледников в Северном Ледовитом океане размещались советские и американские дрейфующие научные станции.

Точным было и указание Ф. Кука на местоположение Большой полыньи, теперь зафиксированной съемками из космоса.

В книге приведены обзор литературы, посвященной проблеме Кук–Пири, список изданных произведений американского полярного исследователя и еще не опубликованных архивных материалов. Их использование позволило справедливо отнести к Фредерику Куку, первому человеку, достигшему Северного полюса, славное имя которого до последнего времени даже не упоминалось в школьных учебниках. До сих пор был известен только великий мореплаватель Джеймс Кук (1728–1779), пытавшийся безуспешно дойти морским путем до Северного полюса и отрицавший существование южнополярного материка Антарктиды за 46 лет до его открытия в 1821 г. Ф.Ф. Беллинггаузен и М.П. Лазаревым.

*П.Ю. Черноswiftов,
кандидат исторических наук
Институт антропологии
и этнографии
им. Н.Н. Миклухо-Маклая
РАН*

Незаметно летит время... Кажется, совсем недавно ВАГО добивалось открытия нового научно-популярного журнала "Земля и Вселенная", а минуло уже почти 40 лет. 18 сентября 1964 г. редакция приступила к своей работе, и в феврале 1965 г. вышел первый номер.

Уникальная тематика журнала, включающая три основных направления – "Космонавтика", "Астрономия", "Геофизика", заинтересовала отечественных и зарубежных читателей (впоследствии появились даже одноименные журналы, например в Венгрии).

За прошедшие десятилетия в журнале опубликовано много статей и заметок, которые даже по истечении длительного времени представляют определенный интерес. Для ориентировки в опубликованном материале к юбилею "Земли и Вселенной" мы начинаем печатать ряд тематических указателей.

Тематический указатель статей и заметок о Солнце, опубликованных в "Земле и Вселенной" в 1965–2003 гг.

I. Статьи

		Гневыхшев М.Н. За лунной тенью на острова Кука	1966, 1
Веселовский И.С. Изучение Солнца с обсерватории "SOHO"	2003, 3	Гневыхшев М.Н. Полное солнечное затмение 22 сентября 1968 г.	1969, 2
Витинский Ю.И. Солнечная активность	1968, 2	Гневыхшев М.Н., Новикова К.Ф. Солнечная активность и явления в биосфере	1971, 4
Витинский Ю.И. Солнечный цикл от полюса до полюса	1992, 1	Иванов-Холодный Г.С. Солнечная активность и атмосфера	1998, 2
Владимирский Б.М. Экспериментальная гелиобиология	1974, 4	Иванов-Холодный Г.С. Солнечная активность и геофизические процессы	2000, 1
Владимирский Б.М. Как влияет солнечная активность на биосферу	1981, 4	Иошпа Б.А. Солнечные протуберанцы	1974, 4
Гаврин В.Н. Проблема солнечных нейтрино	1979, 1		

Ишков В.Н. Двадцать третий цикл солнечной активности	2001, 2	Москаленко И.В. Солнце – источник нейтрино высоких энергий	1993, 2
Касинский В.В., Язев С.А. Солнечные протонные вспышки и их земные проявления	1993, 4	Мустель Э.Р., Чертопруд В.Е. Солнечная активность и тропосфера Земли	1980, 1
Кононович Э.В. Солнечное затмение в двух океанах	1970, 5	Никольский Г.М. Коротковолновое излучение Солнца	1966, 4
Крат В.А. Солнце из стратосферы	1971, 5	Никольский Г.М. Кольцеобразное затмение Солнца 20 мая 1966 г.	1967, 1
Крукшенк Д. Астрономы наблюдают Солнце с самолета	1970, 5	Никольский Г.М. Внезатменные наблюдения солнечной короны и большой советский коронограф	1967, 6
Кузнецов В.Д. Спутник “Корона-С” наблюдает Солнце вблизи максимума активности	2002, 6	Никольский Г.М. Наблюдения солнечной хромосферы на большом внезатменном коронографе	1968, 5
Кучми С. Наблюдения полных солнечных затмений в стратосфере	1991, 5	Никольский Г.М. Цикличность солнечной активности	1983, 4
Лейкин Г.А. Солнечная активность и глубинные океанические течения	1989, 6	Новиков С.Б., Платов Ю.В. Затмение в Западной Сахаре	1974, 1
Лившиц М.А. Активные области на Солнце	1966, 3	Обридко В.Н., Ораевский В.Н. Международные исследования солнечной активности	1993, 5
Лившиц М.А. Рентгеновское излучение солнечной короны	1974, 4	Пикельнер С.Б. Протуберанцы	1971, 5
Лившиц М.А. Солнце и межпланетное магнитное поле	1980, 1	Пикельнер С.Б. Хромосферные вспышки	1974, 4
Лучков Б.И., Озеров Ю.В. Гамма-диагностика солнечных вспышек	1997, 4	Пушков Н.В. Вспышки на Солнце и геофизические последствия	1974, 4
Мандельштам С.Л. Рентгеновское излучение Солнца	1967, 4	Северный А.Б. Магнитное поле Солнца	1968, 6
Маргын Д.Я. Что беспокоит астрофизиков	1971, 1	Северный А.Б. Оптические исследования Солнца в СССР	1967, 5
Мейюс Ж. Любопытное о солнечных затмениях	1971, 6	Северный А.Б. Магнитные поля Солнца и звезд	1973, 3
Минеев Ю.В. Солнечные космические лучи идут к Солнцу	1978, 1	Северный А.Б. Колебания и внутреннее строение Солнца	1977, 6
Мирошниченко Л.И. Солнечные космические лучи	1969, 6	Северный А.Б. Гелиосейс- мология	1983, 3

Силкин Б.И. Международный год спокойного Солнца	1965, 5	Имеет ли Солнце заряд?	1965, 1
Слыш В.И. Спорадическое радиоизлучение Солнца	1968, 4	Исследуя Солнце в Японии	1993, 3
Степанов В.Е., Касинский В.В., Томозов В.М. Год солнечного максимума	1980, 4	История Солнца и Земли	1995, 2
Темурьянц Н.А., Макеев В.Б. Солнечная активность и медицина	1981, 4	Как вращается Солнце	1990, 1
Тиндо И.П. Солнце в рентгеновских лучах	1978, 3	Корона в Лайман- α	1974, 3
Урнов А.М. Рентгеновские вспышки на Солнце	1980, 1	Крупнейшая солнечная вспышка	2001, 6
Чистяков В.Ф. Необычные явления на Солнце	1974, 4	Максимум солнечной активности ожидается в середине 1968 г.	1967, 2
Шкловский И.С. Проблемы нейтринного излучения Солнца	1974, 4	Межзвездная среда около Солнца	1983, 2
II. Заметки		Международный проект изучения Солнца	1996, 3
Акустические колебания Солнца	1976, 3	Мощная вспышка на Солнце	1971, 4
Большая группа солнечных пятен, июнь 1968 г.	1968, 6	На окосолнечной орбите “Гелиос-1”	1975, 2
“Вертикаль-8” исследует Солнце	1980, 3	Найден коричневый карлик в окрестностях Солнца	1997, 5
Внеатмосферные исследования коротковолнового излучения Солнца	1968, 3	Наблюдения полного солнечного затмения 22 сентября 1968 г.	1969, 1
Вода на Солнце?	1996, 1	Наблюдения солнечного затмения в Ярославле	1976, 2
Возраст Солнца	1990, 2	Наблюдения солнечного затмения в Талды-Кургане	1988, 3
Второй максимум солнечной активности	1965, 4	Наблюдения солнечного затмения	1988, 4
Геминга и пульсации Солнца	1984, 3	Не только на Солнце пятна	1977, 3
Глобальные пульсации Солнца и магнитосфера	1982, 6	Не начался ли новый солнечный цикл?	1996, 2
Группа пятен нового цикла?	1974, 3	Нейтрино и модели Солнца	1973, 3
Дейтерий и тритий на Солнце	1974, 4	Новое в проблеме “Солнце–Земля”	1965, 5
Деревья, углерод и солнечная активность	1966, 6	Новое о солнечных вспышках	1972, 3
Еще раз о ядерных реакциях на поверхности Солнца	1973, 4	Новое о солнечных пятнах	1988, 3
Еще раз о нейтринной загадке Солнца	1997, 5	О вибрациях Солнца	1991, 2
Загадка солнечных нейтрино остается	1993, 4	От Солнца валит... пар 22 июля 1990 года – полное солнечное затмение	1998, 2
		Почему солнечные пятна темные?	1978, 4
		Прогноз структуры солнечной короны	1982, 3
		Пульсации радиоизлучения Солнца	1980, 2
		Пятна, которые мог видеть каждый	1970, 2

Радиолокация Солнца на волне 7.9 м	1967, 5	Солнечные протоны и жизнь Солнечные затмения в Москве	1974, 5 1975, 3
Разбушевавшееся Солнце	1973, 2	Солнце – рядовая звезда?	1982, 5
Рентгеновские вспышки на Солнце	1968, 5	Солнце 15 мая 1984 г. Солнце на данный месяц	1984, 6 с1985 г.
Рентгеновская фотография солнечной вспышки 8 июня 1968 года	1969, 5		в каж- дом номере журна- ла
Рентгеновские снимки солнечной короны с борта “Скайлэба”	1974, 4	Солнце продолжает бушевать Солнце создает	1990, 1
Солнечное затмение 20 мая 1966 г.	1966, 2	озонную дыру?	1994, 1
Солнечная активность и биосфера Земли	1967, 1	Солнцу предстоит успокоиться	1996, 5
Солнечное затмение редкого вида	1967, 4	Солнечные торнадо	1999, 1
Солнце и землетрясения	1968, 6	Солнце – не обычная звезда	1999, 4
Солнце 17 августа 1968 года	1969, 1	Фотография солнечных пятен	1991, 5
Солнечное затмение 25 февраля 1971 г.	1971, 4	Химический состав Солнца	1976, 6
Солнечная активность и радиоизлучение Юпитера	1971, 6	Хромосферные вспышки в октябре 1968 года	1969, 3
Самое продолжительное затмение	1974, 2	Четыре полных солнечных затмения за 16 лет!	1968, 3
Советско-французские исследования солнечной короны	1974, 4	Что происходит под поверхностью Солнца	1998, 6
		Юбилей открытия 11-летнего цикла	1994, 3
		Ядерные реакции на поверхности Солнца	1973, 1

**Тематический указатель статей и заметок
о верхней атмосфере, околоземном и межпланетном
пространстве, опубликованных в “Земле и Вселенной”
в 1965–2003 гг.**

И. Статьи		Баранов В.Б. Солнечный ветер и межзвездная среда	1980, 2
Альперт Я.Л. Ионосфера, радио, искусственные спутники Земли	1966, 1	Бахтигараев Н.С. Геостационарные спутники и их наблюдение	1998, 3
Альперт Я.Л. Низкочастотные волны около Земли и в космосе	1967, 6	Бронштгэн В.А. Серебристые облака	1986, 1
Багров А.В. Околоземная астрономия – новая астрономическая дисциплина	2001, 6	Вайсберг О.Л. Полярные сияния	1965, 6
		Вернов С.Н. Радиационные пояса Земли	1979, 1

Гальперин Ю.И., Зеленый Л.М., Веселов М.В. Много- спутниковый магнито- сферный проект "РОЙ"	2001, 4	магнитосферы с ионосферой	1979, 4
Гришин Н.И. Тайна средних широт (к 80-летию открытия серебристых облаков)	1965, 3	Трахтенгерц В.Ю. Магнитосфера как альвеновский мазер	1979, 4
Застенкер Г.Н., Зеленый Л.М. Солнечные магнитные облака атакуют Землю	1999, 5	Фельдштейн Я.И. Полярные сияния – от мифов до спутников	1984, 4
Климов С.И., Родин В.Г., Григорян О.Р. Изучение и контроль "космической погоды"	2000, 3	Фесенков В.Г. Космическое пылевое облако вокруг Земли	1965, 6
Ковражкин Р.А., Зеленый Л.М., Баклунов А.М. Проект "Интербол"	1997, 3	Швидковский Е.Г. Ракетная техника и развитие физики верхней атмосферы	1969, 2
Лазарев А.И. Самые высокие облака Земли (серебристые облака)	1994, 5	II. Заметки	
Лазарев А.И. Земля из космоса через рассеивающие среды	1995, 5	Всюду ли космос становится чище?	1995, 1
Левитин А.Е., Фельдштейн Я.И. Живопись космоса – полярные сияния	1998, 3	Загрязнение космического пространства	1991, 2
Михневич В.В. На пороге космического пространства	1966, 1	Земля в кольце межпланетной пыли	1995, 6
Подгорный И.М. Искусственный солнечный ветер	1970, 4	Изучение загрязнения в околоземном космосе	1999, 6
Рёдерер Х. Частицы и поля в космической окрестности Земли	1970, 4	Космическая бомбардировка растет	2001, 1
Рыхлова Л.В. Проблемы космического мусора	1993, 6	"Космический град" бомбардирует Землю	1998, 4
Семенов А.И., Шефов Н.Н. Свечение верхней атмосферы Земли	2001, 3	Магнитосфера и солнечный ветер	1968, 2
Скуридин Г.А., Плетнев В.Д. и др. Солнечный ветер, магнитосфера и радиационный пояс Земли	1965, 3–4	Новое о "космическом" мусоре	1995, 6
Тверской Б.А. Взаимодействие		Новое о "космическом" мусоре	2003, 2
		Погода в космосе и на Земле	2001, 6
		Полярные сияния исследует радиолокатор	1996, 2
		Пылевые спутники Земли и болидная процессия 1913 г.	1968, 2
		Свечение земной магнитосферы	1972, 4
		Серебристые облака в Антарктике	1967, 2
		Телевизионные наблюдения искусственного полярного сияния (эксперимент "Зарница")	1974, 4
		Фотографии околоземного пространства	1966, 4

Ф.СП-1	<p style="text-align: center;">АБОНЕМЕНТ</p> <p style="text-align: center;">на <u>газету</u> на <u>журнал</u></p> <p style="text-align: center;">Земля и Вселенная (наименование издания)</p> <p style="text-align: center;">на ___ год по месяцам:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td> </tr> </table> <p>Куда _____ (почтовый индекс) _____ (адрес)</p> <p>Кому _____ (фамилия, инициалы)</p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																	
ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА																												
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">ПВ</td> <td style="width: 33%;">место</td> <td style="width: 33%;">литер</td> </tr> </table>	ПВ	место	литер	<p style="text-align: center;">на <u>газету</u> на <u>журнал</u></p> <p style="text-align: center;">Земля и Вселенная (наименование издания)</p> <p style="text-align: center;">на ___ год по месяцам:</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td> </tr> <tr> <td> </td><td> </td> </tr> </table> <p>Куда _____ (почтовый индекс) _____ (адрес)</p> <p>Кому _____ (фамилия, инициалы)</p>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12												
ПВ	место	литер																										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																	

Информация

Белухи сообщают о температуре в глубинах моря

В конце зимы 2003 г. группа норвежских и шотландских океанологов из Университета Св. Андрея в графстве Файф

(Великобритания) провела интересный эксперимент в покрытых льдом фиордах Свальбарда (Шпицбергена).

К телам двух белух (отряд китообразных) прикрепили термометры с радиопередатчиками, настроенными на волну искусственных спутников Земли. Отпущенные на волю, морские млекопитающие погрузились в воду, и на спутники стали поступать данные о температуре воды на разных глубинах и у поверхности моря. Это позволило получать информацию из мор-

ских глубин в течение многих месяцев. Ученые могут следить за происходящими изменениями в глубинных водах Северного Ледовитого океана, связанными с долгосрочными флуктуациями климата. Заодно они многое узнают о жизни китообразных.

Через несколько месяцев приборы автоматически отделятся от тела белух и всплывут на поверхность.

Science, 2003, 299, 5609

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу зеленого цвета “Пресса России” (II полугодие 2003 г., с. 234) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

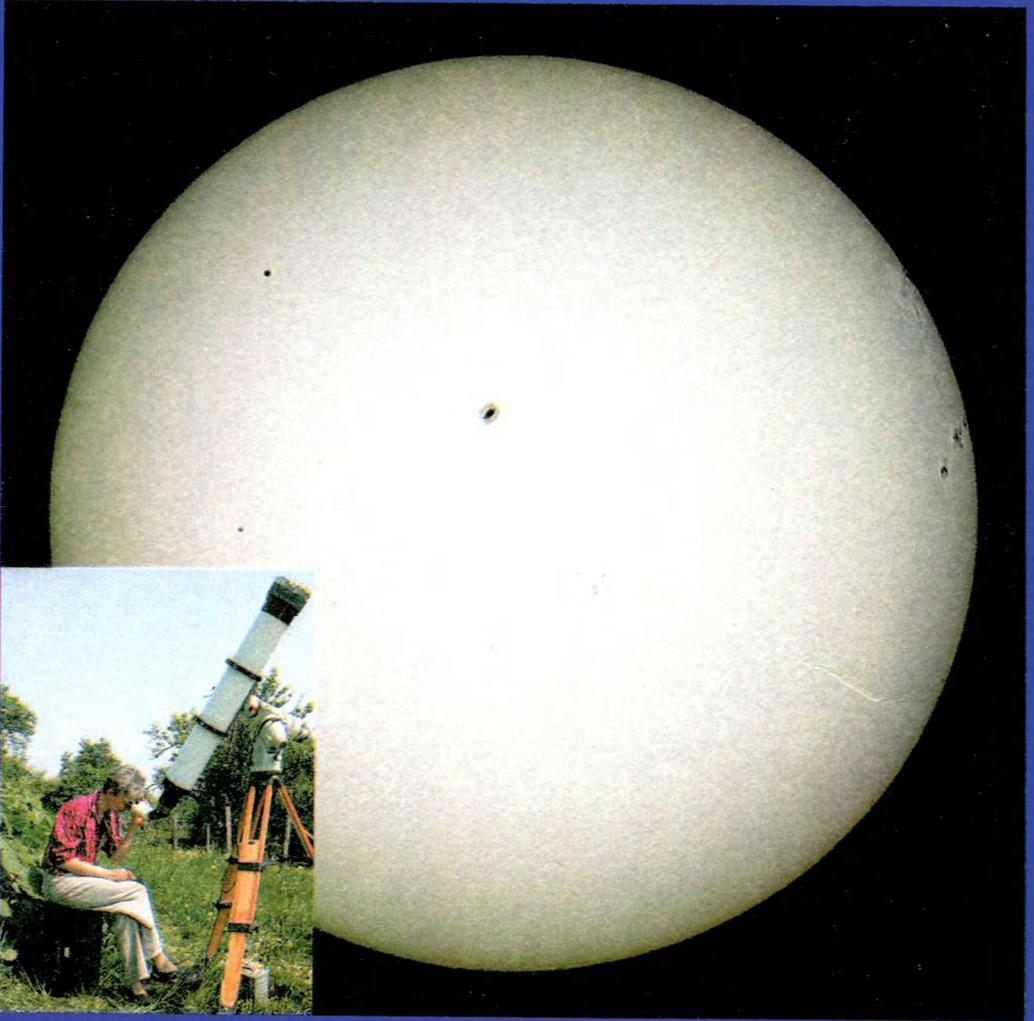
**Заведующая редакцией Г.В. Матророва
Зав. отделом астрономии Г.Н. Яшина
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин**

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

Сдано в набор 07.07.2003. Подписано в печать 27.08.2003. Формат бумаги 70×100¹/₁₆
Офсетная печать Уч.-изд. л. 12.8 Усл.печ. л. 9.1 Усл.кр.-отт. 7.6 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 766 экз. Заказ № 7526

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