

ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВВЕДЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ
КОСМОНАВТИКА
ГЕОФИЗИКА

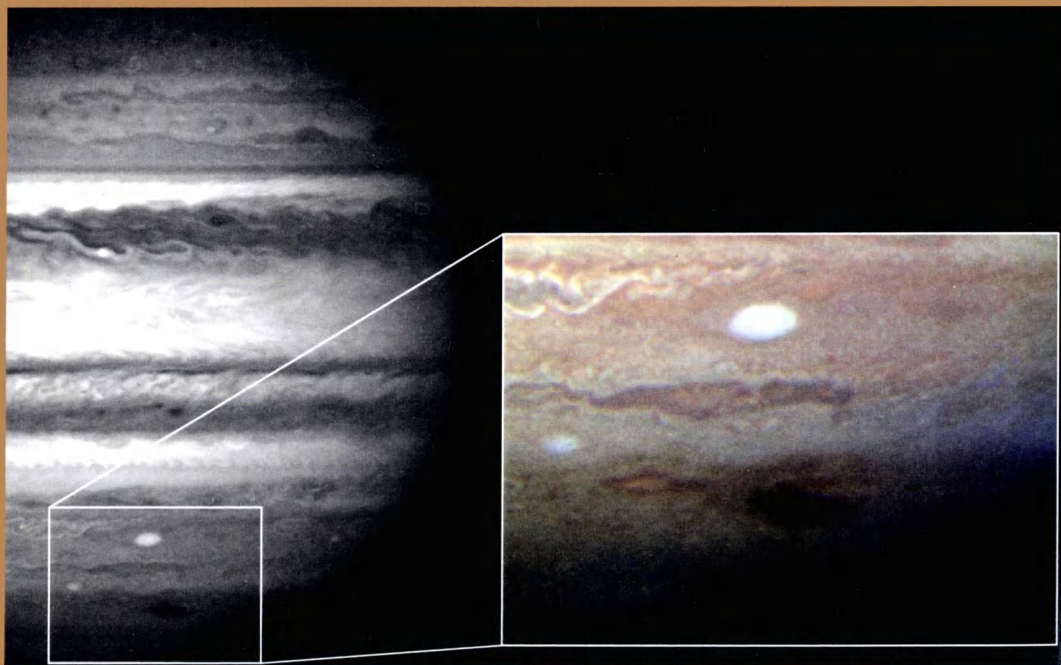
НОЯБРЬ – ДЕКАБРЬ

6/2009



Солнечная корона
22 июля 2009 г.

Юпитер: следы нового удара



Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
"Наука"
Москва

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

6/2009



Новости науки и другая информация: Темное пятно на Юпитере [25]; Необычный остаток Сверхновой [38]; Солнце в июне – июле 2009 г. [39]; Измерены радиус и элементы орбиты экзопланеты [47]; «Гибрид астероида и кометы»? [58]; Стивен Хокинг награжден медалью Свободы [89]; «Мир-1» и «Мир-2» исследуют дно Байкала [96]; 23-й полет «Индевор» [97]; Новый ИСЛ [99]; Российский прибор на американском ИСЛ [101]; «Марс-500»: первые результаты [102]; **Новые книги:** Книга о П.А. Кропоткине (В.А. Маркин. «Кропоткин») [74]; Новая книга о космогонии (Ф.А. Цицин. «Очерки современной космогонии Солнечной системы. Истоки. Проблемы. Горизонты») [80]; Вселенная... дошкольника! (Е.П. Левитан. «Беседы с малышами о Вселенной») [80]; Жизнь и научные труды В.П. Глушко (П.И. Качур, А.В. Глушко. «Валентин Глушко»; «Избранные работы академика В.П. Глушко») [103]; Материалы конференции ИКИ РАН (сборник «Пятьдесят лет космических исследований») [105]; Юбилейный выпуск ШАК («Школьный астрономический календарь») [110].

В номере:

- 3 ШУСТОВ Б.М., САЧКОВ М.Е. Ультрафиолетовая Вселенная
- 17 ГОЛОВКО В.А., КОНДРАНИН Т.В. Космический мониторинг ураганов
- 26 ТИТОВ Д.В., ЗАКУТНЯЯ О.В. «Венера Экспресс»: основные итоги первого этапа миссии

ЛЮДИ НАУКИ

- 41 КУКАРКИНА Н.П., РАСТОРГУЕВ А.С., САМУСЬ Н.Н. Борис Васильевич Кукаркин (к 100-летию со дня рождения)
- 48 ШЕВЧЕНКО В.В. Юрий Наумович Липский (к 100-летию со дня рождения)

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОЕКТЫ

- 59 КОТЛЯКОВ В.М., ФРОЛОВ И.Е. Международный полярный год 2007–2008: вклад России

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 75 МАЛКОВ О.Ю. Каким видится будущее науки о Вселенной

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 81 ЧУЛКОВ Д.А. Небесный календарь: январь – февраль 2010 г.

НЕОБЫЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ

- 90 БАЛАНДИН Р.К. Гидровулканы
- 106 Указатель статей и заметок, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 2009 г.



© Российская академия наук
© Редколлегия журнала
«Земля и Вселенная» (составитель), 2009 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 Science; popular, current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Edition V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Солнечная корона в момент максимальной фазы затмения 22 июля 2009 г. Снимок сделан астрономом-любителем А.А. Литвиновым (Москва) в окрестностях г. Нунцин (Китай) с помощью фотокамеры «Сапоп-30D».

На стр. 2 обложки: Юпитер с новым темным пятном. Вверху – снимок, сделанный 19 июля 2009 г. астрономом-любителем Э. Уэсли (Австралия) с помощью 14.5-дюймового телескопа системы Ньютона и фотокамеры с фильтрами. Внизу – снимок КТХ. 23 июля 2009 г. (на врезке пятно показано крупно). Фото NASA (к стр. 25).

На стр. 3 обложки: вверху – туманность Полумесяц (NGC 6888) в созвездии Лебедя (4700 св. лет от нас). Снимок получен астрономом-любителем И.И. Чекалиным (Таганрог) в марте – апреле 2009 г. в течение 13 ночей. Телескоп системы Ньютона «Sky-Watcher» (D = 250 мм, F = 1200 мм), фотокамера «Сапоп-350D», изображение синтезировано из более 80 кадров с суммарной экспозицией 9 ч в линии H α , 10 ч в линии OIII и 30 мин без фильтров; внизу — центральная часть Большой туманности Ориона (M42). Снимок получен астрономом-любителем В.Ю. Оноприенко (Краснодар) в ноябре 2008 г. – феврале 2009 г. Телескоп менисковый Кассегрен работы А. Санковича фирмы «Сантел» (D = 230 мм, F = 3000 мм), ПЗС-камера.

На стр. 4 обложки: Остаток сверхновой E0102. Изображение (цвета условные) создано 23 июля 2009 г. на основе снимков КТХ и «Чандры». Фото NASA (к стр. 38).

In This Issue:

- 3 SHOOSTOV B.M., SATCHKOV M.E. Ultraviolet Universe
- 17 GOLOVCO V.A., KONDRANIN T.V. Cosmic Monitoring of Hurricanes
- 26 TITOV D.V., ZACUTNYAYA O.V. «Venus Express»: Main Results of the Mission First Stage

PEOPLE OF SCIENCE

- 41 KUCKARKINA N.P., RASTORGUEV A.S., SAMUS N.N. Boris Vasiljevitch Kuckarkin (to the 100th Birthday)
- 48 SCHEVCHENKO V.V. Jurij Naumovitch Lipskij (to the 100th Birthday)

INTERNATIONAL PROJECTS

- 59 KOTLYACKOV V.M., FROLOV I.E. International Polar Year 2007–2008. Contribution of Russia

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 75 MALKOV O.Yu. Views at Future of Science About the Universe

AMATEUR ASTRONOMY

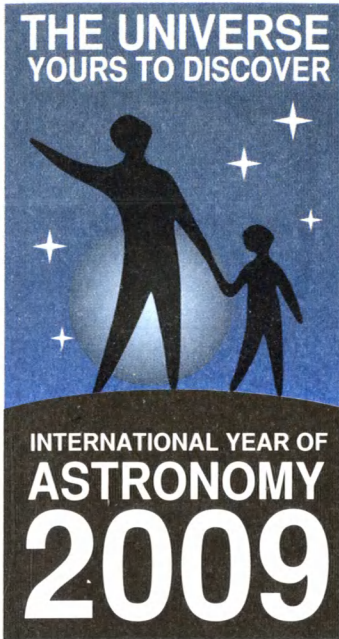
- 81 TCHULKOV D.A. Celestial Calendar: January–February 2010

UNUSUAL NATURE FENOMENA

- 90 BALANDIN R.K. Hydrovulcanoes
- 106 Index of Articles and Notes Published in «Earth and Universe» in 2009

Редакционная коллегия

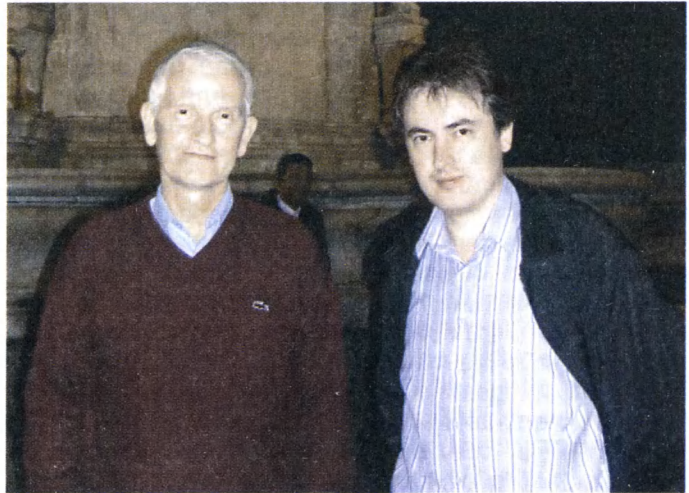
Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. 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,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО



Ультрафиолетовая Вселенная

Б.М. ШУСТОВ,
член-корреспондент РАН
М.Е. САЧКОВ,
кандидат физико-математических наук
Институт астрономии РАН

Мы расскажем об изучении Вселенной методами ультрафиолетовой астрономии. Основное внимание уделим научным проблемам, наиболее перспективными из которых являются средства УФ-астрономии. Чтобы почерпнуть более глубокие знания в этой области, рекомендуем читателям обратиться к вышедшему в конце 2008 г. сборнику «Ультрафиолетовая Вселенная II» (Б.М. Шустов, М.Е. Сачков, Е.Ю. Кильпио; М.: изд. Янус-К).

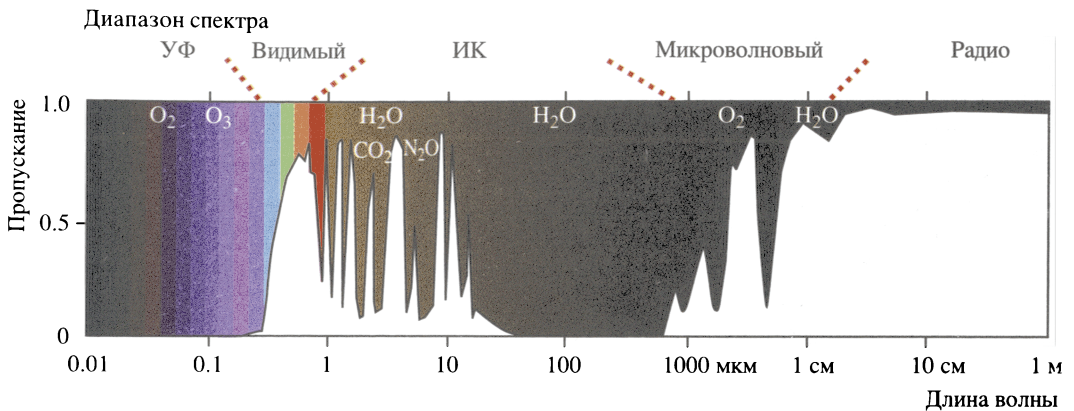


МЕСТО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ АСТРОНОМИИ

В практике научных исследований можно встретить довольно много различных «астрономий». Некоторые из вет-

вей астрономии получили название по предмету исследования и частично по историческим причинам («звездная», «внегалактическая»), другие – по своему прикладному назначению («практи-

ческая», «мореходная»). Наиболее часто они подразделяются по спектральному (энергетическому) диапазону и по технологии наблюдений: гамма, рентгеновская, оптическая, инфракрас-



Прозрачность земной атмосферы (пропускание электромагнитного излучения).

ная, радио, внеатмосферная, гравитационная. В этом ряду стоит и ультрафиолетовая астрономия. Понятно, что все эти «астрономии» не являются независимыми. Речь идет лишь о различных технологиях изучения объектов и процессов во Вселенной. Более того, очень ценны наблюдения в нескольких диапазонах, можно сказать «мультиастрономические». Они позволяют иметь «стереоскопическое» представление об изучаемом объекте, то есть максимально глубоко выяснить его природу. Некоторые из таких «астрономий» дают возможность получать важные научные сведения практически обо всех астрономических объектах, другие – только об избранных классах объектов, и у каждого технологического подхода свои преимущества.

Ультрафиолетовая астрономия выделяется среди других. Прежде всего, это связано с тем, что большая часть наблюдаемого вещества во Вселенной находится

в состоянии, которое эффективно диагностируется методами УФ-спектроскопии. Она предоставляет уникальные возможности для изучения межгалактической среды, в частности поиска скрытого барионного вещества, для точного определения химического состава межзвездной среды, для исследования внутренних областей аккреционных дисков. В некоторых направлениях исследований (например, изучение структуры областей массового звездообразования в галактиках, структуры горячих корон и газовых торов вокруг планет) построение УФ-изображений дает важнейшую информацию, которую трудно или даже невозможно получить с помощью других технологий.

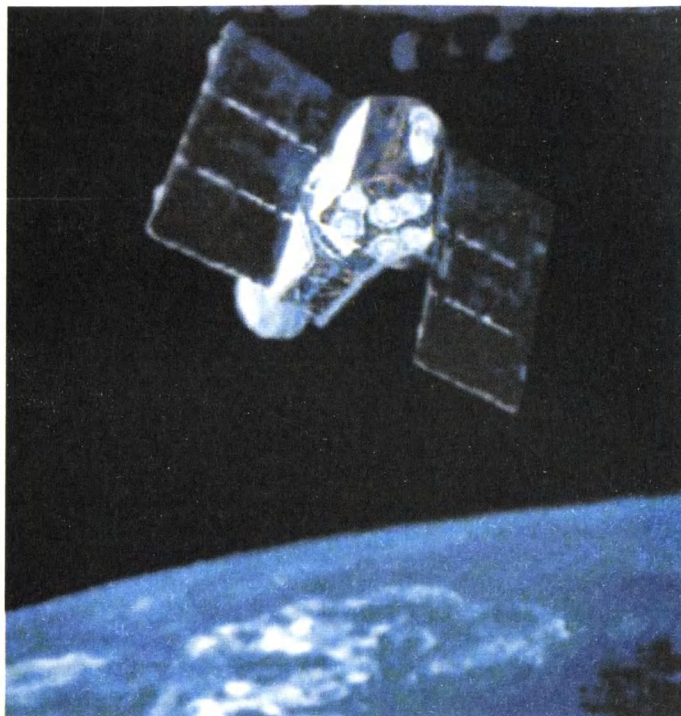
Применение широких возможностей ультрафиолетовых технологий объясняет, почему за последние 30 лет в мире, в том числе и в России, проведены десятки космических экспериментов и запущены космические обсерватории для

наблюдений объектов в УФ-диапазоне, включая знаменитый *Космический телескоп им. Хаббла*. Слово «космические» означает, что все эти эксперименты довольно дорогостоящие, но применение именно внеатмосферных средств неизбежно, поскольку земная атмосфера непрозрачна практически во всем УФ-диапазоне. В мире опубликованы десятки тысяч научных работ, включая ряд монографий, описывающих результаты, основанные на УФ-наблюдениях.

ЧТО ТАКОЕ УЛЬТРАФИОЛЕТ?

Ультрафиолетовый участок спектра довольно широк, длины волн лежат в интервале 10–400 нм. Свойства излучения в этом диапазоне и условия его наблюдения сильно зависят от длины волны. В физике ультра-

фиолет условно делится на атмосферный, или **ближний** (200–400 нм), и вакуумный, или **дальний** (10–200 нм). Последнее название связано с тем, что излучение этих длин волн сильно поглощается воздухом и его исследование производят с помощью вакуумных спектральных приборов. В астрофизике в участке ближнего ультрафиолета иногда выделяют подучастки: **средний** (200–320 нм) и **ближний** (320–400 нм). Понятие «ближний ультрафиолет» надо использовать внимательно из-за возможных недоразумений. В любом случае необходимо каждый раз уточнять, о каких именно длинах волн идет речь. В вакуумном ультрафиолетовом участке (10–200 нм) также выделяют мелкие спектральные отрезки: **крайний**, или экстремальный (10–91,2 нм), у которого нижняя граница по длине волны является одновременно верхней границей рентгеновского диапазона, а верхняя соответствует потенциалу ионизации атомарного водорода (при поглощении фотона с длиной волны 91,2 нм единственный электрон атома водорода переходит в свободное состояние, это



так называемый Лаймановский предел); **рентгеновский** (10–30 нм), используемый редко; **Лаймановский** (91,2–121,6 нм) – верхняя граница соответствует потенциалу возбуждения линии Ly_{α} -излучения водорода (линии, возникающей при переходе электрона со второго уровня на первый); **предельно дальний** (91,2–200 нм).

Земная атмосфера непрозрачна почти во всем УФ-диапазоне, кроме 300–400 нм. Порог обрезания атмосферного УФ-излучения космических источников лежит в пределах 300–320 нм. Точное значение зависит от состояния озонового слоя и содержания других молекул в атмосфере.

На этих длинах волн эффективны наземные оптические инструменты, в частности астрофотометрические исследования. На более коротких длинах волн наблюдения возможны только с помощью приборов, вынесенных за пределы атмосферы. При наблюдениях небесных объектов в УФ-диапазоне, находящихся вне Солнечной системы, и тем более внегалактических объектов нужно учитывать поглощение пылью (среднее значение в Галактике – 1^m на 1 кпк) и очень сильное поглощение в крайнем ультрафиолете нейтральным водородом. Межзвездное вещество практически непрозрачно в крайнем ультра-

фиолете на линейных масштабах более 1 пк. Детальная картина распределения нейтрального водорода довольно сложна, существует несколько окон, в которых межзвездная среда прозрачна в силу высокой степени ионизованности (области «ожогов» от вспышек сверхновых). Подробной карты прозрачности межзвездной среды на длинах волн короче Лаймановского предела пока не существует. Поэтому в 1992 г. запустили американскую космическую обсерваторию «EUVЕ» (Extreme Ultraviolet Explorer – исследователь в крайнем ультрафиолете), по результатам наблюдения которой должны были составить такую карту. На ней установили четыре телескопа: три сканера, предназначенные для проведения обзора в крайнем ультрафиолете, и четвертый – для проведения спектральных наблюдений отдельных объектов и глубокого обзора в отдельных участках неба. Обсерватория «EUVЕ» прекрасно работала, однако результаты наблюдений показали, что число обнаруженных источников в участке 40–70 нм крайне мало. Это свидетельствует не о «нехватке» источников крайнего ультрафиолета, а о высокой непрозрачности межзвездной среды. На длинах волн $\lambda < 30$ нм межзвездная среда прозрачнее (поскольку на участке

крайнего ультрафиолета поглощение падает пропорционально частоте в минус третьей степени) и число обнаруженных источников, как и следует из теории, гораздо больше. Эти результаты объясняют, что в отличие от физики Солнца, где наблюдения в крайнем ультрафиолете дают важнейшую информацию, перспективы наблюдательных проектов на данном участке спектра рассматриваются сдержанно, по крайней мере пока не будут построены очень крупные космические телескопы этого спектрального диапазона. Рассмотрим наблюдения, выполненные в основном на участке 91,2–320 нм.

ПОЧЕМУ ТАК ВАЖНЫ
НАБЛЮДЕНИЯ В УФ-СПЕКТРЕ?

Можно выделить три основных преимущества использования ультрафиолетового спектрального региона для астрофизических исследований. Самое важное обстоятельство, выделяющее УФ-диапазон электромагнитного спектра среди всех остальных, состоит в том, что именно в нем наиболее велика плотность астрофизической информации о звездах и газе. Такие данные содержатся также в непрерывном спектре астрофизических источников, особенно в линиях различных химических элементов. В УФ-спектре есть наиболее

интенсивные резонансные линии большинства атомов, ионов и молекул. Кроме того, большая часть энергии, излучаемой звездами с температурами фотосфер свыше 10 000 К, приходится на УФ-диапазон. Объясняет такое распределение энергии в спектрах звезд закон Вина, согласно которому по мере увеличения температуры максимум излучения достигается на более коротких длинах волн, то есть $T \times \lambda_{\max} = \text{const}$, где T – температура, λ_{\max} – длина волны максимума излучения, const – постоянная величина. Если сравнивать фон космического излучения за пределами атмосферы на широком участке, включающем УФ-, видимый и ИК-диапазон, то в ультрафиолете фон на порядки величины ниже. Это означает, что естественный шум меньше влияет на качество получаемой информации, чем при использовании других спектральных каналов. Таким образом, методы УФ-астрономии (иногда только они!) позволяют исследовать многие астрофизические объекты и процессы:

- области звездообразования,
- протопланетные диски,
- звездные хромосферы и ветры,
- массообмен и аккрецию в двойных системах,
- химический состав звезд и химическую эволюцию галактик,

- образование массивных звезд,
- поздние стадии звездной эволюции (в том числе белые карлики),
- межзвездное пылевое вещество,
- межзвездный и околозвездный дейтерий,
- возраст и химическую особенность звездных населений,
- галактические фонтаны (газ стремится вырваться из диска и улететь из центра галактики). По мере того как газ будет удаляться, он будет постепенно остывать и становиться плотнее. Плотные облака могут быть фиксированы как холодные области галактической короны. Этот процесс получил обозначение галактического фонтана (выброса),
- галактический ветер,
- протогалактики,
- эволюцию звездообразования в галактиках,
- активные галактические ядра,
- первичное содержание дейтерия (индикатор истории нуклеосинтеза во Вселенной),
- эволюцию межгалактической среды (реионизация – в первые 300 млн лет своего существования Вселенная была заполнена только ионизованными водородом и гелием. Далее, по мере расширения Вселенной, эти газы остывали, переходя в нейтральное состояние. Нейтральный газ постепенно конденсировался в сгустки, из которых стали образовываться

первые космические объекты – звезды и галактики, примерно 500 млн. лет от момента **Большого взрыва**. За счет ультрафиолетового излучения первичных звезд началась повторная ионизация – реионизация – окружающего нейтрального газа около 1 млрд. лет после рождения Вселенной, обогащение металлами).

В настоящее время УФ-спектроскопия – мощный, развитый и очень перспективный инструмент исследования. Отметим, что на создание наиболее совершенного спектрографа COS (Cosmos Origin Spectrograph – спектрограф, изучающий происхождение Вселенной) потрачено около 150 млн долларов. В мае 2009 г. его установили на КТХ во время полета КК «Атлантис» (STS-125; см. заметку в этом номере). По-видимому, наиболее полный современный обзор основных направлений и этапов развития методов УФ-спектроскопии представлен в работе В.Е. Панчука, Б.М. Шустова, М.В. Юшкина (Оптический журнал, 2006, т. 73, № 4, с. 49–59).

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЕКТЫ

В середине 1960-х гг. были предприняты первые попытки фотографической регистрации УФ-спектров ярких (до 2^m) звезд. Низкое спектральное разрешение (разрешающая сила $R = 30$;

разрешающая сила – это отношение длины волны одной спектральной линии к минимальному расстоянию до соседней, видимой отдельной, линии) определялось точностью стабилизации платформы аппарата в течение экспозиции (150 с). Минимальная регистрируемая длина волны ограничивалась кварцевой и флюоритовой коррекционными пластинами (до 170 и 125 нм соответственно). Максимальное спектральное разрешение в ракетных экспериментах (1972) достигнуто на 1-м спектрографе Водсворта ($R = 6$ тыс., в участке 98–140 нм) для звезд 2^m . Характерная высота, на которой запускают на ракеты спектрографы, – 100–200 км, время их работы – десятки секунд, что недостаточно для глубоких астрофизических экспериментов, поэтому спектрографы стали поднимать (с 1974 г.) на стратостатах. Несмотря на возможность длительных исследований со стратостатов и даже повторные исследования, они все же ограничены непрозрачностью верхних слоев атмосферы, поэтому наблюдения в вакуумном ультрафиолете невозможны. В ракетных и стратостатных экспериментах отработывались важные технические и методические аспекты УФ-спектроскопии, однако в полной мере этот метод стал применяться только на космических обсерваториях.

Первые орбитальные эксперименты характеризовались низким спектральным разрешением и были сравнимы с ракетными, но за счет длительного времени экспозиции стали доступны уже гораздо более слабые объекты. Так, два сканирующих спектрометра, установленные на американской космической обсерватории «ОАО-2» (1968–1970), обеспечили наблюдения звезд до 7^m ($R = 100\text{--}200$ в диапазоне 100–400 нм). Особое место в ряду УФ-наблюдений представлял первый обзор неба (9^m) для звезд спектрального класса В при $R = 1400$, выполненный в диапазоне 135–255 нм на 27-см телескопе, установленном на европейском спутнике «TD-1A» (запущен 12 марта 1972 г.). Каталог небесных объектов этого спутника почти сразу опубликовали.

В 1973 г. с борта КК «Союз-13» космонавты П.И. Климук и В.В. Лебедев с помощью 22-см телескопа с призмой ($R = 100\text{--}250$) обсерватории «Орион-2» сфотографировали звезды до 13^m. По данным наблюдений для 900 звезд составили каталог распределения энергии в диапазоне 200–380 нм.

В 1990 г. и 1995 г. во время пилотируемых полетов кораблей «Спейс Шаттл» выполнено несколько УФ-экспериментов (Земля и Вселенная, 1991, № 3, с. 40–42; 1996, № 1, с. 23–26). В гру-

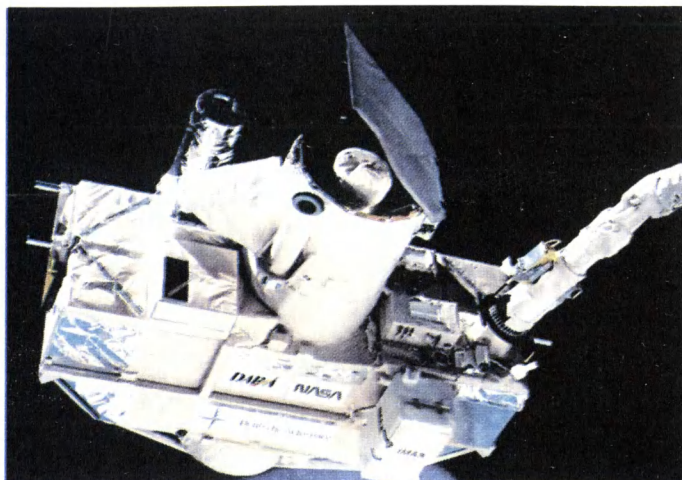
зовом отсеке корабля располагалась обсерватория «Astro» с 90-см телескопом HUT (Hopkins Ultraviolet Telescope) с параболическим главным зеркалом, покрытым карбидом кремния для достижения лучшего коэффициента отражения на коротких длинах волн. Телескоп оснащался роуландовским спектрометром ($R \sim 400$) для работы в диапазоне 82–185 нм (также 42–92 нм, полет «Astro-1»), что позволило получить спектры источников до 16^m. Детектором служила микроканальная пластина, сопряженная с линейкой фотодиодов. В 1993 г. и 1996 г. во время 10-сут полетов кораблей «Спейс Шаттл» применялся более крупный, 1-м телескоп «ORPHEUS» с УФ-спектрографом, сделанным в Германии. Принципы построения УФ-спектрометра, особенно приемной части, отработанные в этих полетах, оказались столь удачными, что легли в основу спектрографа HIRDES (High Resolution Double Echelle Spectrograph), разрабатываемого для российской космической обсерватории «Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет» («ВКО-УФ»; Земля и Вселенная, 2006, № 5).

Важные астрофизические открытия сделаны с помощью 80-см телескопа, установленного на американской космической обсерватории «Коперник» («ОАО-3»),

работавшего в 1972–1981 г. Телескоп оснащался Роуландовским дифракционным спектрографом (в схеме Роуланда входная щель спектрографа, дифракционная решетка и приемник излучения располагаются на круге одного радиуса), обеспечивающим $R = 30$ тыс. на 120 нм. Применялся метод сканирования спектра в диапазоне 95–300 нм с помощью четырех фотоэлектронных умножителей. На регистрацию интервала длиной в 30 нм требовалось около недели. Наибольший вклад в изучение химического состава звезд и межзвездной среды методами внеатмосферной астрономии внесли космическая обсерватория «IUE» (International Ultraviolet Explorer – международные исследования в ультрафиолете; 1978–1996), проработавшая 17 лет (!), и отечественная «Астрон» (1983–1989). В 45-см телескопе (зеркало покрыто отражающим слоем из бериллия) обсерватории «IUE», на которой устанавливались два спектрометра в диапазонах 115–200 нм и 185–350 нм, изображение точечного источника имело размер около 3". Эта обсерватория открыла эпоху применения панорамных приемников для внеатмосферной УФ-спектроскопии. За время работы «IUE» получено более 104 тыс. УФ-спектров объектов от –2^m до 15^m. По этому показателю со-

Телескоп «ORPHEUS» с УФ-спектрографом на платформе «Astro-SPAS» (полет КК «Дискавери», сентябрь 1993 г.). Фото NASA.

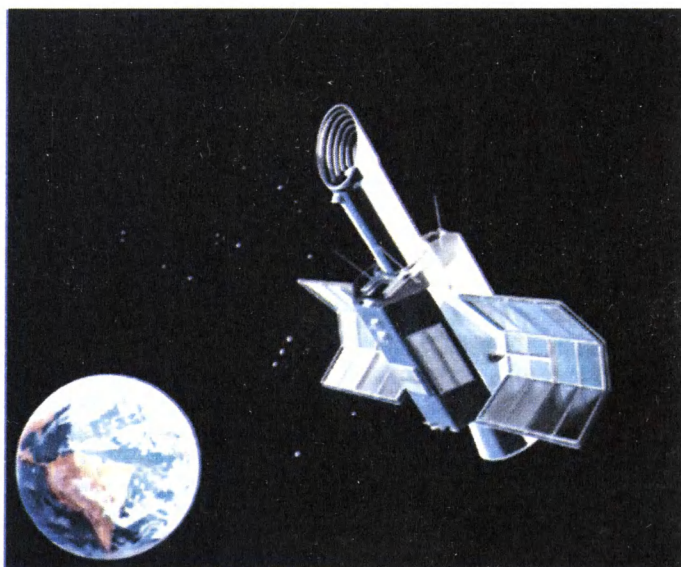
зданная в СССР в Крымской астрофизической обсерватории АН СССР и НПО им. С.А. Лавочкина ультрафиолетовая обсерватория «Астрон» уступала «IUE». «Астрон» работала на высокоэллиптической орбите с апогейным расстоянием около 200 тыс. км (Земля и Вселенная, 1984, №№ 2, 5; 1989, № 4, с. 36). Телескоп системы Ричи – Кретьена оснащался главным зеркалом диаметром 80 см ($F = 10$ м) и сканирующим УФ-спектрографом – основным научным инструментом обсерватории. Роуландовский спектрограф, созданный совместно с коллегами из Франции, проводил наблюдения с высоким (0,04 нм) и низким (3 нм) разрешением. В нем применялась вогнутая тороидальная дифракционная решетка отечественного производства, в качестве детекторов использовались три фотоэлектронных умножителя (диапазон 110–350 нм). Важная



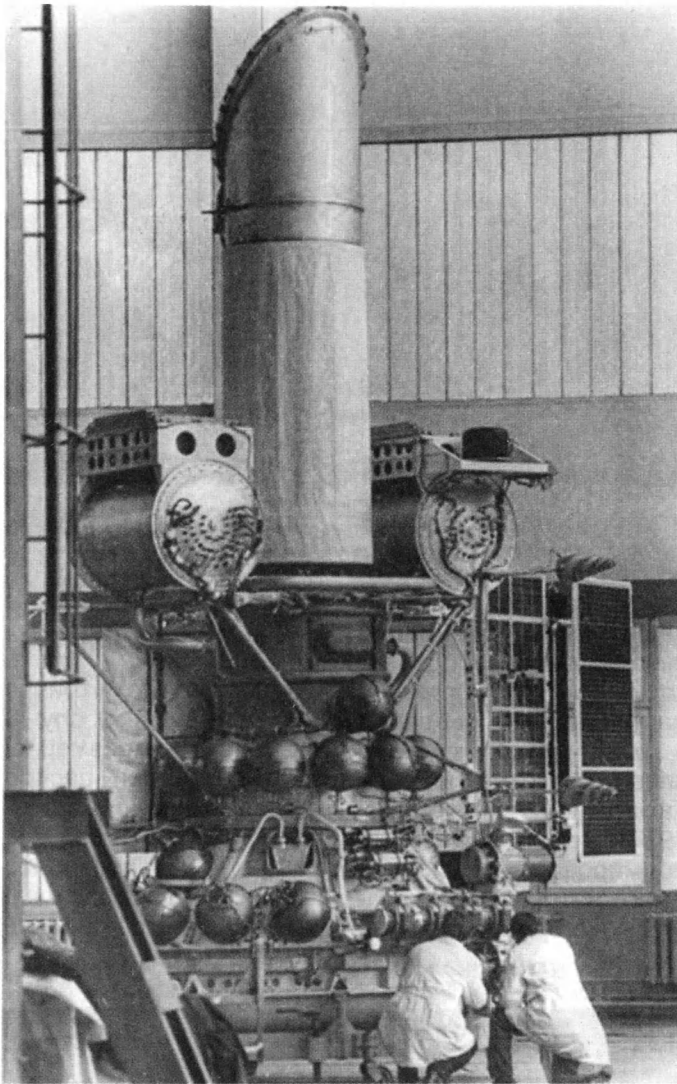
особенность обсерватории – впервые применена система стабилизации изображения. Обсерватория «Астрон» принесла уникальные сведения о химическом составе звезд, свойствах кометы Галлея, Сверхновой SN 1987A и других объектах, но мировому признанию этих достижений помешала плохо организованная

система работы с научными данными. Недостаток УФ-экспериментов того времени – малая мощность телеметрических каналов, а в случае «Астрона» – чрезмерная закрытость при распространении информации.

В 1992–2001 гг. космическая обсерватория «EUVE» работала в крайнем ультрафиолете.



Космическая обсерватория «IUE» (1978–1996) – совместный проект NASA и ESA. Рисунок ESA.



Советская космическая обсерватория «Астрон» (1983–1989) в НПО им. С.А. Лавочкина. Фото из архива КрАО.

До сих пор этот участок спектра лишь эпизодически использовался несколькими приборами начиная с запуска в 1977 г. АМС «Вояджер-1». На ее борту находился спектрограф низкого разрешения для экстремального УФ-диапазона, работа которого оказалась не столь удачной в научном отношении. Богатой на интересные резуль-

таты стало использование космической обсерватории «FUSE» (Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer – исследователь ультрафиолетовой спектроскопии; США с участием Франции), запущенная в 1999 г. (Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 58, 59). Рабочий диапазон этой обсерватории – 90–120 нм – обычно называется Лай-

мановским, поскольку почти совпадает со спектральным участком, ограниченным с коротковолновой стороны Лаймановским пределом, а с длинноволновой – линией Лайман-альфа. Четыре телескопа (35 × 40 см) оснащены Роуландовскими спектрографами, детекторы включали в качестве усилителя микроканаловые пластинки. Точность стабилизации положения телескопа – 0,5". Все это было направлено на достижение высокого спектрального разрешения (R до 25 тыс.), но на практике эта величина составила около 17 тыс.

Еще одна современная космическая УФ-обсерватория – «GALEX» (Galaxy Evolution Explorer – исследователь эволюции галактик), запущенная в апреле 2003 г. и рассчитанная на два года работы, до сих пор продолжает функционировать (Земля и Вселенная, 2004, № 1, с. 39, 40). Ее создали для массового изучения УФ-источников на всей небесной сфере. Телескоп системы Ричи – Кретьена (F = 6 м, диаметр главного зеркала – 50 см) оснащен двумя широкоформатными (диаметр – 65 мм) детекторами с микроканальной

УФ-спектрограф STIS. Установлен на КТХ 14 февраля 1997 г., проработал на орбите до Завгуста 2004 г. Фото NASA.

пластиной, а также УФ-призмой для целей спектроскопии низкого разрешения. С опорой на обзоры «GALEX» будут строиться последующие астрофизические программы УФ-спектроскопии высокого разрешения.

Составивший целую эпоху в современной истории методов внеатмосферной астрономии 2.4-м телескоп КТХ был оснащен сначала спектрографом высокого разрешения GHRС (Goddard High Resolution Spectrograph, 1990–1997). Спектрограф состоял из общего коллиматора, семи плоских дифракционных решеток, двух вогнутых решеток и двух зеркал, причем плоские дифракционные решетки укреплялись на вращающейся карусели (Земля и Вселенная, 2005, № 6). Решетки и зеркала разделялись на две группы (105–190 нм и 115–330 нм), каждая обслуживалась отдельным приемником с 512 каналами, спектральное разрешение $R = 80$ тыс., 25 тыс. и 2 тыс. Из-за отказа элементов первой группы с помощью GHRС получили в коротковолновом диапазоне немногие спектры (10% от общего числа). Преимущества

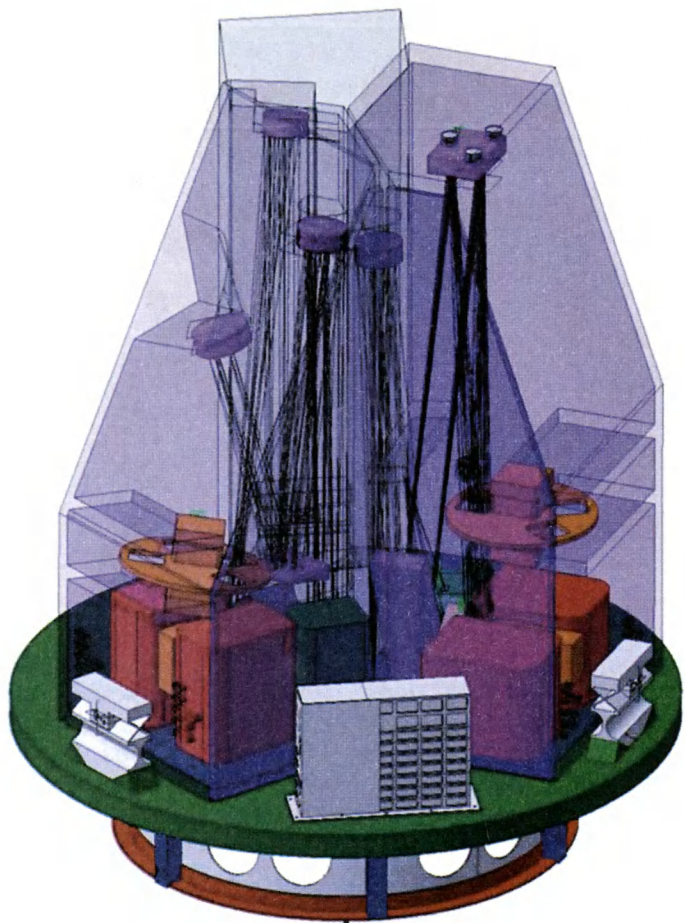


современных двумерных (панорамных) светоприемников в полной мере реализованы при создании спектрографа STIS (Space Telescope Imaging Spectrograph), заменившего GHRС на КТХ в феврале 1997 г. Системы сканирования в GHRС заменены фиксированными положениями сменных элементов в STIS. Получались спектры как среднего ($R = 30$ –45 тыс.), так и высокого ($R = 110$ тыс.) разрешения. Приемниками служили ПЗС-матрицы в диапазоне 200–1100 нм и две системы для диапазонов 115–170 нм и 165–310 нм. В августе 2004 г. STIS перестали эксплуатировать. Напомним, что вместо него на КТХ установлен новый спектрограф COS.

ПРОЕКТ «ВКО-УФ»

Перспективы УФ-астрономии во втором десяти-

летии XXI в. связаны с запуском в 2011–2012 гг. российской космической обсерватории «ВКО-УФ», предназначенной для спектроскопии слабых источников УФ-излучения. Предполагается достичь высокого спектрального и максимального пространственного разрешений, а для изучения слабых источников – большой проникающей способности. Выбор параметров телескопа Т-170М (апертура – 170 см, $F = 17$ м, диаметр поля зрения – $0,5^\circ$; фокальное отношение – отношение расстояния от фокальной плоскости до зеркала к диаметру зеркала – 10) обусловлен необходимостью максимального углового разрешения $0,1''$ и максимальной эффективной площади в диапазоне 110–350 нм для обеспечения возможностей спектроскопии высокого



Спектрограф высокого разрешения HIRDES (Германия) для космической обсерватории «ВКО-УФ». Рисунок университета г. Тюбинген, Германия.

120–600 нм (оптимизированный на участок – 120–270 нм) и 120–200 нм.

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ
УФ-АСТРОНОМИИ В XXI ВЕКЕ

«ВКО-УФ» – единственная крупная космическая ультрафиолетовая обсерватория, которая будет функционировать на орбите в следующем десятилетии. Поэтому перечисленные ниже перспективные научные задачи УФ-астрономии составляют основную программу работы обсерватории «ВКО-УФ»: определение содержания барионов в диффузной компоненте Вселенной и химическая эволюция межгалактической среды, физика аккреции и истечения, образование и эволюция Галактики, атмосферы экзопланет и астрохимия в сильном поле УФ-излучения.

Реионизация Hell. Из теории эволюции межгалактической среды (МГС) мы знаем, что после реионизации водорода она охлаждается при расширении, вновь нагревается вследствие реионизации Hell на $z = 3$ и продолжает охлаждаться с уменьшением z . Наблюдения Hell в диапазоне $2,1 < z < 2,9$ позволит прове-

разрешения. Напомним, что эффективная площадь зависит от длины волны и определяется как произведение геометрической площади собирающей поверхности на коэффициент пропускания оптического тракта на данной длине волны. Международной кооперацией создаются многоцелевые приборы:

– спектрограф высокого разрешения HIRDES (High Resolution Double Echelle Spectrograph, Германия) для спектральных наблюдений с высоким

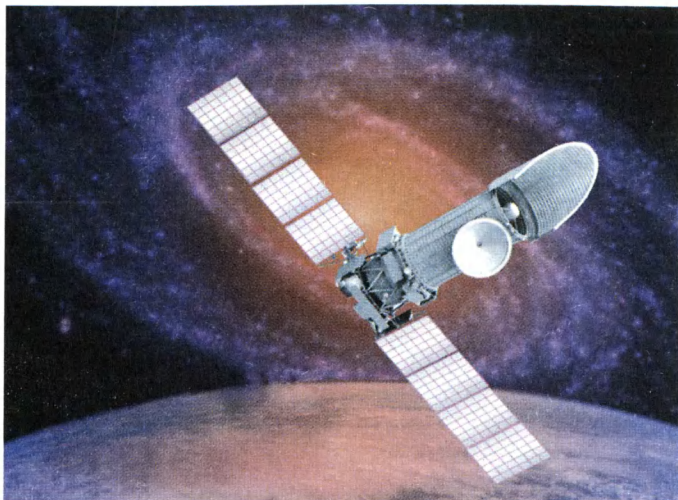
($R = 55$ тыс.) разрешением точечных объектов в диапазоне 102–320 нм (по чувствительности более чем в 10 раз превосходит спектрограф STIS на КТХ);

– спектрограф с высокой щелью LSS (Long Slit Spectrograph; Китай) низкого разрешения (разрешающая сила – 1500, диапазон тот же);

– блок камер ISIS (Imaging and Slitless Spectroscopy Instrument for Surveys; Испания), имеющий три канала для обзоров в диапазонах

ритель эту модель наиболее прямым образом.

Роль вспышек звездообразования в эволюции МГС. Наблюдаемые места вспышечного звездообразования указывают на преимущественное содержание в них массивных звезд. Массивные звезды оказывают большое влияние на эволюцию галактик, в том числе химическую. Сходство физических характеристик локальных вспышек звездообразования и звездообразования в галактиках на больших красных смещениях проливают свет на космологические подобию вспышек звездообразования. Более того, изучение близких вспышек звездообразования является хорошей лабораторией для изучения взаимодействия этих объектов с межзвездной средой (МЗС) и межгалактической средой. Истечения в холодной, теплой и корональной фазе со скоростями несколько сотен километров в секунду – обычное явление в местах вспышек звездообразования. Эти обогащенные металлами истечения в значительной степени определяют химическую эволюцию МГС. Спектроскопические возможности «ВКО-УФ» будут весьма по-



лезны при изучении этих объектов.

Образование галактик. Как образовалась современная хаббловская (морфологическая) последовательность галактик? Как вообще образовались галактики? Согласно современным космологическим представлениям, галактики сформировались внутри гало (сгустков) темной материи, которые появились при росте первичных флуктуаций. Эволюция темной материи успешно предсказывается, поскольку происходит только под действием гравитации. Однако предсказательная мощь теории буксует, как только становится необходимым учитывать светящееся (диссипативное) барионное вещество. Ряд программ, которые планируется провести с помощью УФ-камер «ВКО-УФ», например в широких полосах 150, 220 и 300 нм глубоких полей, поз-

волят найти галактики на относительно малых z (в то время как поиск $z \geq 2-3$ – хорошо отработанная технология, на $z = 1-1,5$ таких исследований практически нет из-за недостатка глубоких УФ-изображений с хорошим разрешением) и изучить функцию светимости в ультрафиолете (150 нм – эта полоса почти не использовалась, наблюдения на 300 нм позволят закрыть данный пробел, особенно на $z = 1-1,5$, где начинается падение скорости звездообразования).

«Астрономические машины» (сверхмассивные звезды с массами в 100 и более раз превышающими солнечную, черные дыры) могут ускорять большие массы до скоростей, близких к скорости света, и генерировать неожиданные и мощные выбросы. Вероятно, они также генерируют гораздо более умеренные выбросы, напоминающие сол-



Модель двойной звезды (моделирование проведено в ИНАСАН): вещество перетекает с одного компонента на другой, образуя аккреционный диск. «ВКО-УФ» – мощный инструмент для изучения свойств аккреционных дисков.

нечный ветер. Во всех этих явлениях различные формы энергии (гравитационная, тепловая, лучистая, магнитная) превращаются в механическую в условиях, весьма отличающихся от лабораторных. Еще более необычны «машины», генерирующие сильно коллимированные биполярные истечения и джеты. Такие структуры производятся совместным воздействием магнитного поля, дифференциального вращения и гравитации. Физика высококоллимированных истечений пока что исследована недостаточно. «Астрономические машины» определяют светимость активных галактических ядер, реионизацию Вселенной на $z \sim 3$, свойства планетных систем. Это «хранилища» углового момента, оставшегося со времени, когда «астрономическая машина» выключается на стадии звезды до главной пос-

ледовательности. «ВКО-УФ» поможет ответить на вопросы, касающиеся физики «астрономических машин».

– Что определяет эффективность аккрецирующих объектов как «гравитационных машин»?

– Нужно ли именно магнитное поле, чтобы получать высокоскоростные истечения?

– Каковы временные шкалы для выбросов массы?

– Как аккрецируемое вещество движется из диска на гравитационный центр (скажем, звезду) в условиях умеренного магнитного поля?

– Какая часть гравитационной энергии, теряемой в этом процессе, поступает на поверхность звезды?

– Какая часть энергии уходит на усиление/ослабление магнитного потока?

– Какова роль давления излучения в этих комплексных процессах?

– Каковы основные механизмы, приводящие к дисковому неустойчивостям, и их роль в процессах аккреции/истечения?

Приведем несколько конкретных примеров.

1. УФ-спектроскопия высокого разрешения позволит изучить структуру аккреционных потоков и измерить физические условия и клочковатость истечений, исследовать источник энергии, определяющий существование протяженных плотных ($\geq 10^{10}$ г/см³) и горячих (более 6×10^4 К) оболочек со светимостью до $0,2 L$, обнаруженных вокруг звезд типа τ Тельца.

2. УФ-спектроскопия низкого разрешения позволит узнать общие физические условия и металличность в областях с широкими эмиссионными линиями активных ядер галактик, а картирование – выявить кинематику и определить массу сверхмассивных черных дыр.

3. Высокочувствительная УФ-камера позволит обнаружить горячие джеты по их Ly_{α} -излучению, а также выявить тепловую структуру джетов и областей вокруг них. Весьма интересно с помощью

такой камеры провести поиск свободно движущихся тел планетарной массы, исследовать магнитную активность и процессы аккреции для этих объектов.

Как сформировалась наша Галактика? Шаровые скопления традиционно рассматриваются как хорошие индикаторы процессов, приведших к формированию родительской галактики. Знание абсолютного возраста скоплений накладывает ограничение на оценки длительности эволюции галактик и имеют космологические последствия. Относительный возраст дает детальную информацию о ходе процесса образования родительской галактики. Чтобы определить абсолютный возраст скопления, необходимо иметь наиболее точные сведения о расстоянии до него, металличности и поглощении излучения на пути от скопления до наблюдателя. Существует простой геометрический метод точного измерения расстояний до шаровых скоплений: сравнение дисперсии собственных движений звезд в скоплении с дисперсией радиальных скоростей. Масштаб данных радиальных скоростей тысяч звезд шаровых скоплений по-



лучают с помощью мультволоконных инструментов на 8–10-м телескопах с точностью до единиц километров в секунду. Что касается собственных движений, то на камерах «ВКО-УФ» планируется достичь точности не хуже 0,001 угловой секунды. Достигнув такой точности и используя архивы КТХ (измерения, выполненные 20–30 лет назад), можно будет узнать собственные движения скоплений с точностью не хуже 10 мкс дуги в год. При этом ошибка в измерении расстояния, зависящая от числа звезд (обычно несколько тысяч), может быть на приемлемом уровне даже для шаровых скоплений, удаленных на десятки килопарсек. Более того, используя привязку к удаленным источникам (например, квазарам) можно измерять абсолютные

собственные движения с точностью до 30 угловых микросекунд. Зная абсолютные собственные движения, можно изучать трехмерную кинематику шаровых скоплений, чтобы определять детальную структуру Галактики и выявлять звездные потоки в ней. Для этого важно использовать данные о возрасте скоплений и их металличности, это весьма ценный материал для восстановления драматической истории поглощения Галактикой своих карликовых спутников.

Протопланетные диски и атмосферы вокруг экзопланет. Звезды солнечного типа (τ Тельца) на стадиях до главной последовательности представляют уникальную возможность для изучения условий, в которых, по-видимому, об-

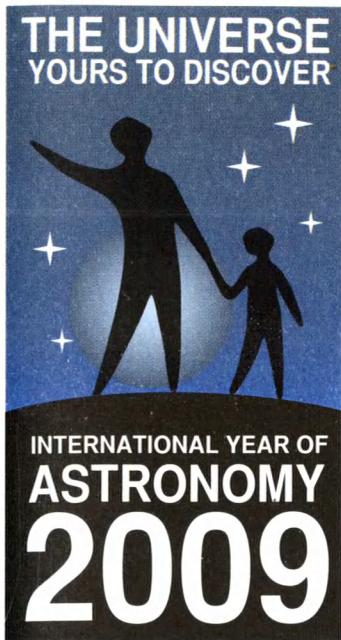
разуются планетные системы, подобные нашей. Согласно современным представлениям, планеты земного типа начинают формироваться уже через несколько миллионов лет после образования молодой звезды, когда еще не полностью завершился процесс аккреции. Излучение центральной «машины» должно оказывать существенное влияние на эволюцию диска и испарение первичных атмосфер планет-эмбрионов через процессы фотоионизации, фотодиссоциации и фотохимические реакции. УФ-спектроскопия позволит изучать в деталях взаимодействие между звездным полем УФ-излучения и молодым планетарным диском и обнаружить молекулярную компоненту в очень разреженных дисках. Недавние исследования химической эволюции дисков демонстрируют, что ультрафиолетовые фотоны, проникающие в пылевой диск, могут определять протекание реакций, приводящих к образованию больших органических молекул. В этом аспекте УФ-фотоны с $\lambda > 150$ нм, фотодиссоциирующие органические молекулы, могут играть ключевую роль во внутренних областях протопланетного диска, а фотоны, фотодиссоциирующие H_2 и CO , «контролируют» внешние слои диска. На шкале времени короче времени жизни диска (несколько

миллионов лет) фотохимия может приводить к образованию больших углеродсодержащих молекул, таких как C_nH_{2n} , $HC(2n+1)N$ и C_n . Реакции между этими соединениями и водородом (H и H_2) могут поддерживать их высокое содержание, несмотря на сильное поле излучения. УФ-спектроскопия высокого разрешения весьма перспективна для исследования атмосфер экзопланет, с ее помощью удалось открыть атмосферу экзопланеты HD 209458b (Земля и Вселенная, 2007, № 4, с. 65). Наблюдение экзопланет и детальное изучение их атмосфер помогут понять процессы формирования планет и их атмосфер и дальнейшую эволюцию этих систем. Камеры «ВКО-УФ» позволят проводить поиск и изучение авроральной эмиссии горячих юпитеров, потому что авроральные свечения четко указывают на наличие магнитного поля планеты. Это не только прямой, но и единственный способ обнаружения магнитного поля у таких объектов. Авроральное ультрафиолетовое свечение также содержит информацию о свойствах этих областей, в частности о составе атмосферы и энергиях частиц, бомбардирующих атмосферу. УФ-диапазон дает существенные преимущества при сравнении с видимым: более высокий контраст и лучшее угловое разрешение позволяют обнаруживать

экзопланеты на меньших угловых расстояниях от звезды. Можно ожидать, что будут найдены ответы на такие вопросы: каково влияние температуры, металличности и других свойств центральной звезды на эволюцию ее планетной системы; как орбитальные параметры планеты влияют на ее размеры, массу и потенциальные возможности миграции во время формирования планетной системы?

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Ультрафиолетовая астрономия – мощная и продолжающаяся развиваться ветвь астрономии, ее методы эффективны, а часто уникальны. Эти методы нашли применение практически во всех областях астрофизики. Гигантский потенциал ультрафиолетовой астрономии пока еще далеко не исчерпан, несмотря на огромные достижения и разработку новых дорогостоящих проектов космических обсерваторий. Можно сказать, что Вселенная в УФ-диапазоне изучена еще очень мало, и остается много весьма важных и интересных вопросов для будущих исследователей. Космическая обсерватория «ВКО-УФ», работая совместно с мощными наземными телескопами, даст возможность совершить существенное продвижение в наших знаниях о Вселенной.



Космический мониторинг ураганов

В.А. ГОЛОВКО,
кандидат физико-математических наук,
зав. лабораторией ГУ НИЦ «Планета» Росгидромета
Т.В. КОНДРАНИН,
доктор физико-математических наук,
первый проректор Московского физико-технического
института (государственного университета)

По разрушительной силе и наносимому ущербу ураганы (иногда используется термин “тропический циклон” – ТЦ) могут сравниться лишь с другим грозным природным явлением: катастрофическими землетрясениями. ТЦ зарождаются в приэкваториальных водах Мирового океана ($\pm 5^\circ$ от экватора) в областях с повышенной влажностью, слабыми ветрами и достаточно высокой температурой водной поверхности ($\geq 26.5^\circ\text{C}$). Отмеченные условия возникновения ураганов обычно наблюдаются в летне-осенний (июнь –



ноябрь для Северного полушария) период в тропических акваториях Атлантического и Тихого океанов. В статье приведены некоторые оригинальные результаты

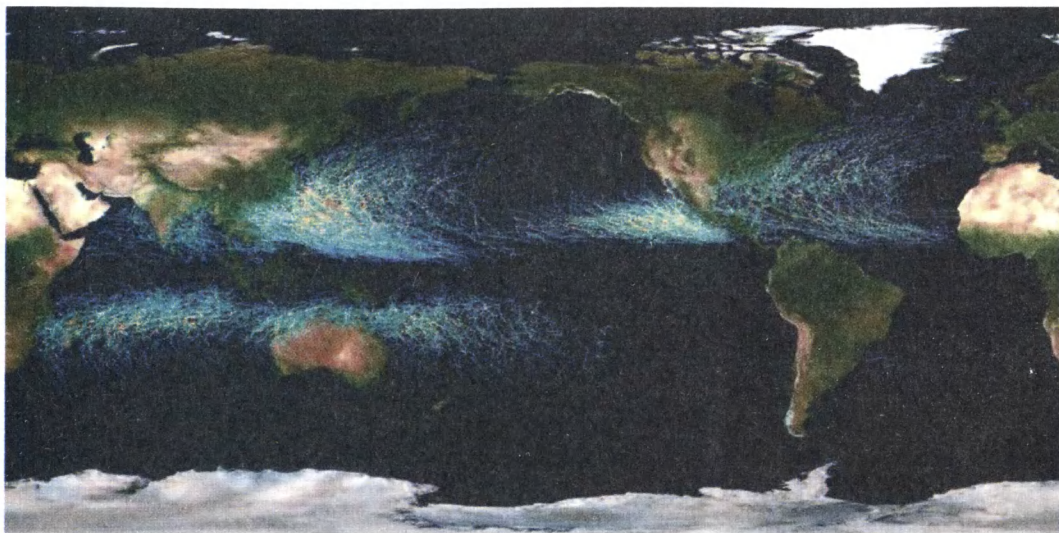
исследований авторов и материалы других работ, в основном связанных с применением космических средств наблюдения этого впечатляющего природного явления.

ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТРОПИЧЕСКИЕ ЦИКЛОНЫ

Наибольший интерес представляют следу-

ющие характеристики ураганов: интенсивность, частота появления и географическое распределение.

Так как величина запасенной в вихре энергии пропорциональна $\sim |V|^3$ (V – максимальная скорость ветра), потен-



ально наиболее опасными являются самые мощные из них. Поэтому важно изучать влияние на указанные характеристики различных внешних факторов, в первую очередь связанных с климатическими изменениями. Необходимо также изучать причины, по которым такие изменения могут приводить к перераспределению «географии» ураганов, частота появления которых может снижаться в регионах, где они «господствовали» раньше, и, наоборот, увеличиваться там, где ранее ураганы были относительно редко. Об этом, в частности, свидетельствуют накопленные в последние десятилетия ряды наблюдений, полученные с использованием космических средств. Эти данные представляют собой экспериментальное доказательство **зна-**

чительного возрастания активности ураганов за последние 30–40 лет. Методы современного математического моделирования позволяют обобщить накопленный материал и использовать его как для диагностики происходящих климатических изменений, так и для формирования состоятельного прогноза возможных последствий.

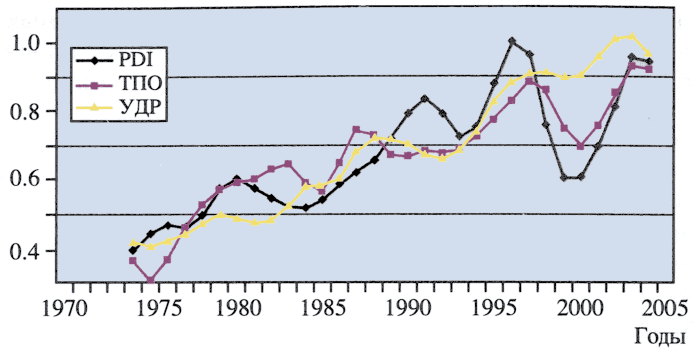
В Северном полушарии выделяются четыре явные зоны активности ураганов: акватории Северо-Западной Атлантики, северо-восточной и северо-западной частей Тихого океана, а также приэкваториальных районов Индийского океана. В Южном полушарии к таким зонам можно отнести акватории соответственно в южных районах Индийского океана и юго-западных районах Тихого океана. Обращает на себя вни-

Треки тропических циклонов за период 1985–2005 гг., скорость ветра в которых превышала 17 м/с (тропические штормы по шкале Саффира – Симпсона). Каждая точка на треке соответствует положению циклона через каждые 6 ч, а оттенки цвета характеризуют интенсивность циклона в соответствии с этой шкалой.

мание практическое отсутствие циклоногенеза в южных акваториях Атлантического океана. Этот феномен до настоящего времени не имеет достаточно убедительного объяснения. В то же время слабый циклоногенез на юго-востоке Тихого океана объясняется пониженной температурой водной поверхности, что связано с преобладающими здесь холодными приповерхностными течениями.

Результаты обработки данных космических наблюдений показали, что

Нормированные временные ряды наблюдений уходящей длинноволновой радиации (УДР), температуры поверхности океана (ТПО) и индекса полной рассеянной энергии тропических циклонов (PDI) за период 1974–2004 гг. для северо-западной акватории Тихого океана.



статистика интенсивности ураганов достаточно надежно описывается **индексом рассеяния энергии PDI**, который характеризует полную энергию, рассеянную за время жизни (τ) урагана:

$$PDI = \int_0^{\tau} V_{\max}^3 dt,$$

где V_{\max} – максимальное значение скорости ветра на высоте 10 м. Для выявления долгосрочных трендов изменения активности ТЦ в северо-западной акватории Тихого океана были рассчитаны значения индекса PDI (интегральные за год), нормированные на максимальное значение за рассматриваемый период (1974–2004) и представленные в виде временного ряда. Также были получены нормированные на соответствующие максимальные значения временные ряды наблюдений **температуры поверхности океана (ТПО)** и **значения уходящей длинноволновой радиации (УДР)**.

Несмотря на определенную нерегулярность, в целом за 30 лет PDI увеличился почти вдвое, что связано с возрастанием в среднем интенсивности ТЦ и увеличением среднего времени его жизни. Так, например, за период с 1945 г. по 2004 г. среднее время жизни ТЦ увеличилось более чем на 3 сут, а максимальная скорость ветра в них только за последние 30 лет увеличилась более чем на 15%.

Из анализа полученных данных можно также сделать вывод о наличии существенных и устойчивых корреляций между PDI и важнейшими физическими параметрами, характеризующими состояние окружающей среды, – ТПО и УДР (корреляция с радиусом $R \approx 0.8–0.9$), что, в частности, свидетельствует об эффективности использования значений ТПО и УДР в качестве важных информативных признаков, которые целесообразно применять при анализе и прогнозировании активности

ураганов. Это обстоятельство оказывается тем более важным, что для регулярных измерений УДР и ТПО в настоящее время разработаны надежные спутниковые технологии.

ОТ ХАОСА К ПОРЯДКУ

Первичный источник энергии, который обеспечивает функционирование климатической системы на Земле, – это Солнце. В среднем за год наша планета на верхней границе атмосферы получает от Солнца 342 Вт/м². Причем основная доля этой энергии сосредоточена в коротковолновой части спектра ($\lambda \leq 4$ мкм). Примерно 107 Вт/м² отражается облаками, атмосферой и поверхностью Земли (суша и океаны) в космическое пространство. Остающиеся 235 Вт/м² частично поглощаются атмосферой, нагревают земную поверхность и в итоге переходят в тепло и переизлучаются в космическое пространство в виде уходящей длинноволновой ($\lambda \geq 4$ мкм)

радиации. Необратимый процесс преобразования коротковолновой радиации (КР) в уходящую длинноволновую радиацию (УДР) сопровождается ростом энтропии системы. Принимая значение глобальной среднетемпературы приземной температуры 288 К (+15 °С), можно оценить темп производства энтропии: $S'_0 \sim 6 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$.

Несмотря на то, что эффективная температура Солнца (~ 6000 К) почти в 20 раз превышает температуру поверхности Земли, приходящее на Землю солнечное излучение содержится в малом угле (~30"). Солнечная энергия имеет высокую степень упорядоченности. Таким образом, в среднем для Земли, как планеты в целом, стационарную картину можно представить в виде баланса поступающей от Солнца энергии КР с малой энтропией и уходящей в космос УДР с существенно большей энтропией. Однако процесс возрастания энтропии, соответствующий увеличению фактора неупорядоченности в сложной климатической системе, не является монотонным в отдельных частях этой системы. Наблюдения показывают, что естественный рост энтропии системы в целом на фоне уменьшения локальных значений энтропии сопровождается регулярными проявлениями форми-

рования упорядоченных структур. Поэтому одновременно с деградацией упорядоченной солнечной энергии в системе «Солнце – атмосфера – Земля» протекают процессы самоорганизации и усложнения структур окружающей нас Природы. Один из наиболее ярких примеров такой самоорганизации – мощные атмосферные вихревые образования, циклоны и их экстремальные формы – ТЦ или ураганы.

После зарождения первоначального реликтового атмосферного вихря вблизи его оси возникает область пониженного давления, в которую от нагретой поверхности океана начинает втягиваться теплый влажный воздух. Далее формируется восходящий поток, в нем с увеличением высоты происходит конденсация водяного пара. Выделяющееся тепло прогревает столб атмосферы, вызывая еще большее падение давления у поверхности океана. Формирующийся циклический процесс подобен работе тепловой машины с положительной обратной связью, что способствует дальнейшему развитию процессов в вихре. Вихрь «работает» как термодинамическая система с двумя температурными уровнями: высокими температурами у поверхности и низкими – в верхних слоях тропосферы. Теплоноситель

системы – насыщенный водяными парами воздух. Энергия системы, которая в итоге переходит в кинетическую энергию вихря, черпается из тепловой энергии нагретого верхнего слоя океана.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УРАГАНА

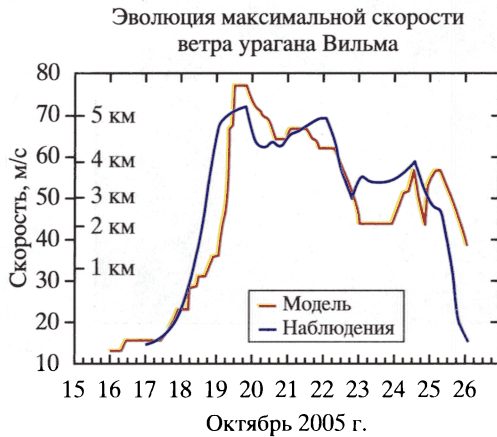
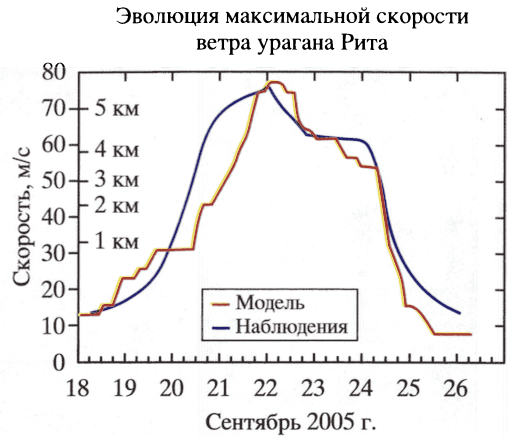
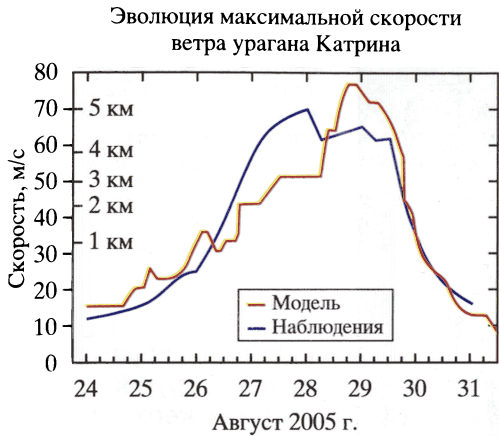
В простейшем случае эта модель описывается двумя сохраняющимися величинами – абсолютным моментом импульса относительно оси ТЦ на единицу массы, который без учета трения можно представить в виде

$$M = rV + \frac{1}{2}fr^2,$$

и удельной энтропии

$$s \approx C_p \ln(T) - R_d \ln(p) + \frac{L_v q}{T} - qR_v \ln(H).$$

В этих формулах r – радиус урагана, V – тангенциальная скорость и f – параметр Кориолиса, T – абсолютная температура, p – давление, q – концентрация водяного пара, H – относительная влажность, R_d , R_v – газовые постоянные для сухого воздуха и водяного пара, L_v – скрытая теплота парообразования. На основе этой модели было проведено численное моделирование сильнейших ураганов, которые имели место в акваториях Карибского бассейна (*Катрина*, *Рита*, *Вилма*) в августе – октяб-



Результаты численного моделирования сильнейших ураганов 2005 г. (Катрина, Рита, Вилма) на акватории Атлантического океана.

динамической характеристики вихря.

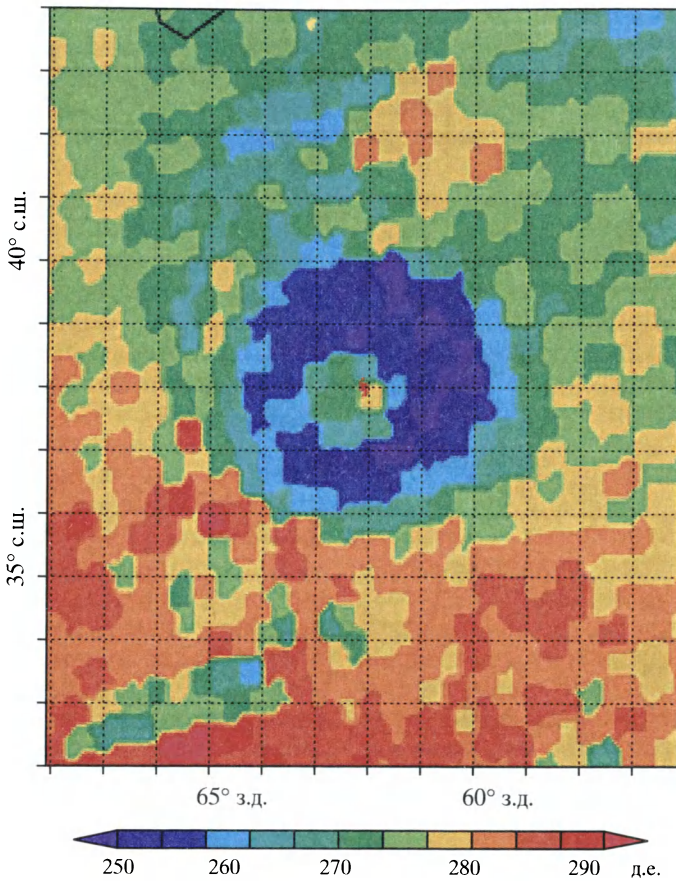
ИНТЕНСИВНОСТЬ УРАГАНОВ И «ОЗОНОВЫЕ ДЫРЫ»

ре 2005 г. Результаты расчетов были представлены в виде зависимости скорости приповерхностного ветра в сравнении с наблюдаемыми значениями. Данная простая модель урагана не только качественно, но с приемлемой точностью и количественно описывает поведение основной

Представляется важным отметить выявленную в последние годы с использованием в том числе результатов спутниковых наблюдений устойчивую корреляцию между активностью ТЦ и общим содержанием озона (СО) в атмосфере в области вихря. В частности, установлено, что при увеличении интенсивности вихря наблю-

дается снижение СО. Основные «поставщики» надежных данных о содержании озона – приборы Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS), установленные на спутниках «Nimbus-7» (США, 1978), «Метеор-3» (Россия, 1991) и его модификации TOMS-EP, установленные на спутниках «ADEOS» (США, 1996) и «Метеор-3М» (Россия, 2000).

Повышенные значения СО (~280 д.е.) по сравнению с периферийными областями, где значения СО ниже



Распределение общего содержания озона (ОСО) в окрестности урагана Эрин 12 сентября 2001 г., по данным спутникового датчика TOMS. В центре, в зоне «глаза» урагана, ОСО высокое, а в пространстве его стены – пониженное.

идентифицируется с помощью других средств космического дистанционного зондирования.

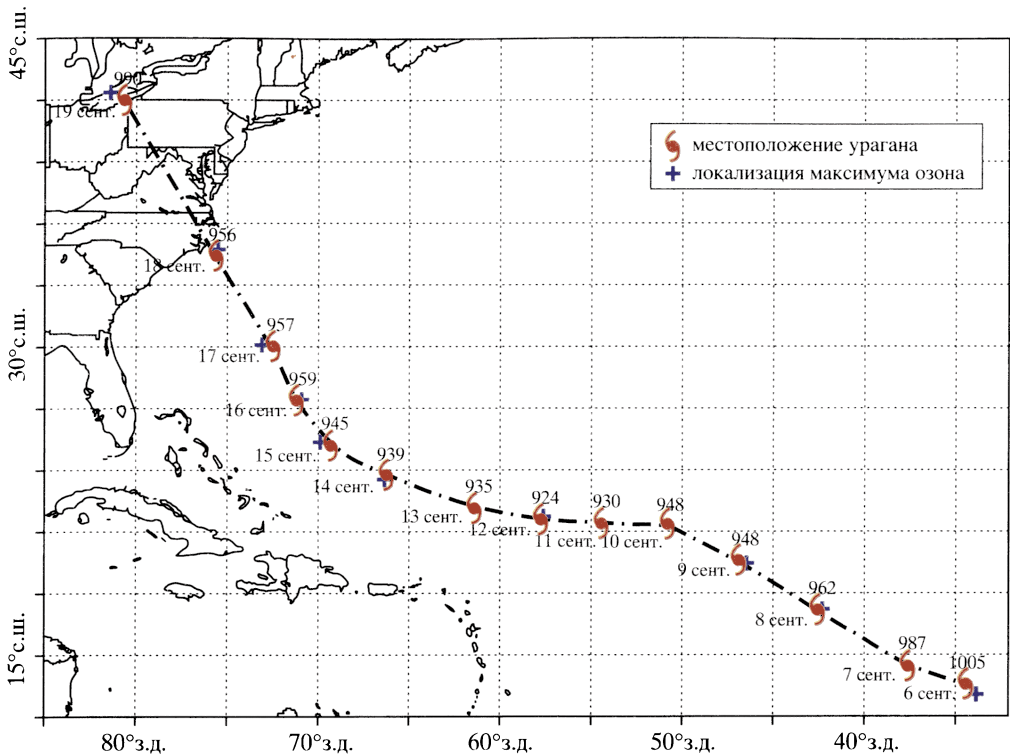
«ФЛЮОРОГРАФИЯ» УРАГАНОВ

Надежность моделей, описывающих ТЦ, напрямую зависит от регулярности получения и достоверности экспериментальных данных о параметрах, ответственных за формирование и динамику развития вихря, а также окружающей его среды. Новые возможности получения таких данных предоставляются различными приборами для изучения свойств атмосферы и океана, которые установлены на современных космических аппаратах. Например, начиная с запуска в 1997 г. первого спутника из серии TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission), предназначенного для измерения количества выпадающих в тропиках осадков, стали доступны систематические данные о распределении запаса влаги и скрытой теплоты испарения в ТЦ. Их по-

250 д.е., наблюдаются в зоне «глаза» урагана. В центральной части «глаза» на верхней границе ТЦ существует слабый нисходящий поток воздуха, который «затягивает» из верхней атмосферы в центральную часть вихря обогащенный озонем воздух, что и приводит к увеличению ОСО в этой области. А в окрестности стены «глаза» урагана преобладают восходящие потоки, обедненные озонем. Эти процессы приводят к тому, что увеличивается контраст повышенного

ОСО в центре урагана на фоне пониженных значений в ближайшей окрестности стены «глаза». Эта особенность позволяет достаточно точно идентифицировать центр урагана, что очень важно для целей прогноза динамики его перемещения.

Диагностическая роль определения центра урагана по данным космического мониторинга ОСО значительно возрастает в начальной стадии его развития, когда еще «неокрепший» вихрь, маскируемый фоновой облачностью, плохо



Трек урагана Изабелл (сентябрь 2003 г.) и след локального максимума общего содержания озона, по спутниковым данным. Местоположения центра урагана (по данным независимых наблюдений) и локальные максимумы ОСО (по данным TOMS) практически совпадают в течение всей эволюции урагана: от зарождения в виде слабой депрессии (6 сентября) до реализации максимальной интенсивности (18 сентября).

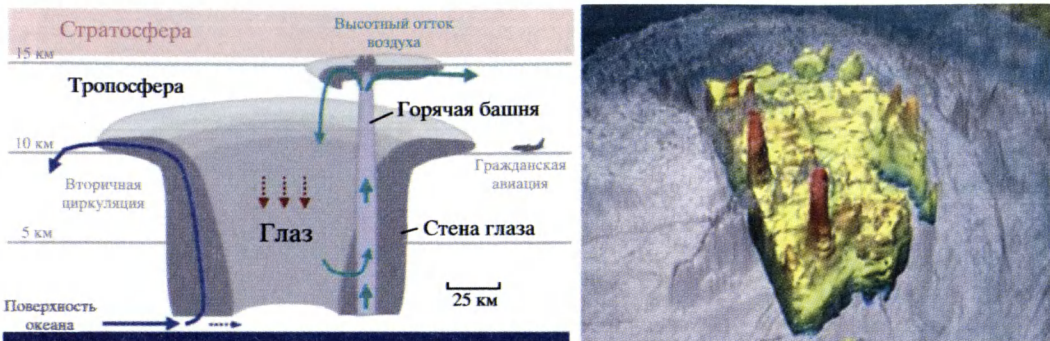
лучают с помощью микроволнового пассивного радиометра TMI (TRMM Microwave Imager) активного радара осадков PR (Precipitation Radar). Анализ таких данных позволил, в частности,

идентифицировать специфические облачные образования, формирующиеся вокруг «глаза» урагана в виде одной или нескольких конвективных вытянутых по вертикали структур, которые получили название «тепловые башни» (ТБ). Наиболее мощные из них формируются вблизи стены «глаза», некоторые достигали высоты 16 км (ураган Катрина, 2005).

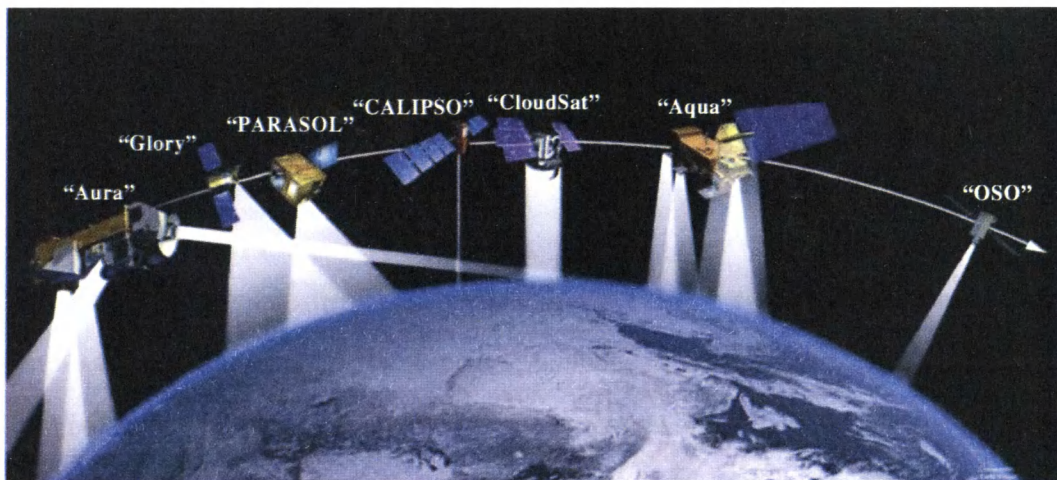
Максимальная интенсивность осадков и, следовательно, максимальное выделение скрытой теплоты локализованы в тепловой башне. Для визуализации распределения осадков были использованы данные PR,

откалиброванные в абсолютных единицах (мм/ч), и специальная технология визуализации.

Революционное развитие в последнее десятилетие космических информационных систем вывело на качественно новый уровень технологические возможности оценки состояния и прогнозирования ТЦ. Важнейшим достижением в этой области следует считать разработку и практическую реализацию концепции непрерывного скрытого спутникового мониторинга ТЦ и характеристик сопутствующих процессов в системе «океан–атмосфера». Введение в экс-



Формирование тепловой башни в стене «глаза» урагана (слева) и экзотермические конвективные облака (тепловые башни высотой до 16 км) в стене «глаза» урагана Катрина 28 августа 2005 г., когда его интенсивность достигла 5-й категории (справа).



Последовательность орбитального движения космических систем «А-поезда». Для оценки температуры на верхней границе облачности используются данные яркостной температуры в ИК-канале (11 мкм) спектро радиометра MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectoradiometer), установленного на космическом аппарате «Aqua». Высота верхней границы облачности восстанавливается из данных радара CPR (Cloud Profiling Radar) ИСЗ «CloudSat». Временной интервал получения данных над ураганом с помощью ИСЗ «Aqua» и «CloudSat» составляет в среднем 1 мин.

плуатацию новейших научных спутников «Aqua», «CloudSat», «Parasol», «Aura» и др., оснащенных современной аппаратурой, позволило создать так называемый космический «А-поезд» (A-Train).

Приборы, установленные на различных спутниках А-поезда, предназначены для измерения набора параметров, характеризующих состояние собственно вихря и поверхности океана и

окружающей вихрь атмосферы. Многие из этих параметров являются входными для существующих моделей оценки интенсивности ТЦ. Например, согласно одной из таких моделей, оцен-

ка максимальной кинетической энергии ветра в тропическом циклоне на высоте 1–2 км может быть получена на основании измеренных значений температуры на верхней границе облачности и поверхности океана, значений полной тепловой энергии, включая скрытую теплоту парообразования, на верхней границе ТЦ, высота кото-

рой также должна быть известна, в окрестности стены «глаза» ТЦ и на его периферии.

С помощью этих и других новейших приборов восстанавливаются существенные для повышения достоверности разрабатываемых моделей геофизические параметры не только собственно вихря, но и окружающей среды. Предваритель-

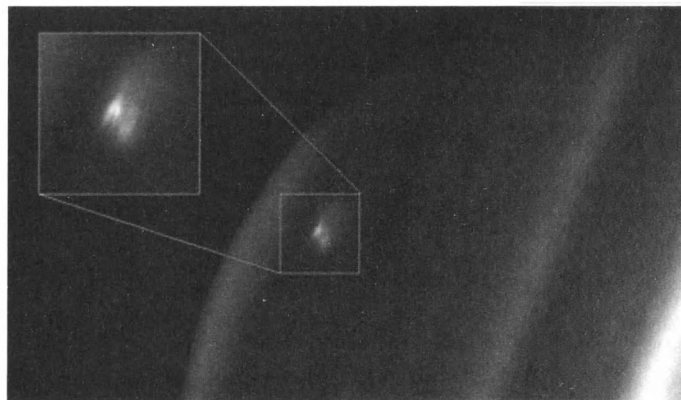
ные результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что грядущее потепление может привести к дальнейшему росту потенциальной разрушительной способности тропических циклонов и существенно увеличению ущерба, наносимому ураганами.

Работа поддержана грантом РФФИ № 07-01-00507а.

Информация

Темное пятно на Юпитере

Австралийский астроном-любитель Энтони Уэсли (Anthony Wesley) обнаружил 19 июля 2009 г. в Южном полушарии Юпитера темное пятно размером с Тихий океан. Подобные пятна остались на Юпитере в июле 1994 г. после того, как в него врезались фрагменты ядра кометы Шумейкеров – Леви 9 (Земля и Вселенная, 1994, № 6). Первооткрыватель сначала подумал, что перед ним один из спутников Юпитера. Однако положение пятна на момент наблюдения не совпадало ни с одной из лун планеты. Судя по расположению спутников и форме пятна это не могло быть и тенью одного из галилеевых спутников. Возникло предположение, что новое темное пятно появилось в результате резкого изменения погоды в облачном по-



Новое пятно на Юпитере (на врезке показано крупно). Снимок сделан 20 июля 2009 г. в ИК-диапазоне телескопом Кекс II в Обсерватории им. В. Кека (Мауна Кеа, Гавайи). Фото NASA, JPL.

крове газового гиганта. Но оно не подтвердилось. Выяснить природу нового пятна удалось в результате систематических наблюдений Юпитера. Скорее всего, это след от падения на Юпитер крупного небесного тела. С помощью специальной программы были вычислены местоположение пятна на несколько дней вперед, чтобы каждый астроном-любитель мог наблюдать новый объект. Дальнейшие исследования любителей и профессиональных астрономов

подтвердили, что это пятно образовалось в результате падения на Юпитер небольшого ядра кометы или астероида размером, вероятно, несколько сот метров. Новое темное пятно на Юпитере фотографировали не только астрономы-любители, снимки были получены с помощью крупных наземных телескопов и КТХ (см. стр. 2 обложки).

Пресс-релиз NASA,
24 июля 2009 г.

Подготовил В.И. ЩИВЬЁВ

«Венера Экспресс»: основные итоги первого этапа миссии

Д.В. ТИТОВ,
кандидат физико-математических наук,
научный координатор миссии «Венера Экспресс»
Институт исследований Солнечной системы общества
Макса Планка (Германия), ИКИ РАН
О.В. ЗАКУТНЯЯ,
кандидат филологических наук
ИКИ РАН

«Венера Экспресс» – первая экспедиция Европейского космического агентства (ESA) к планете Венера. В апреле 2009 г. исполнилось три года с тех пор, как АМС «Венера Экспресс» начала свою работу на орбите искусственного спутника Венеры. Номинальная миссия длилась с 4 июня 2006 г. по 2 октября 2007 г. и оказалась столь успешной, что работу станции продлили до 31 декабря 2009 г. с возможным последующим продлением



до конца 2012 г. (Земля и Вселенная, 2006, № 2,



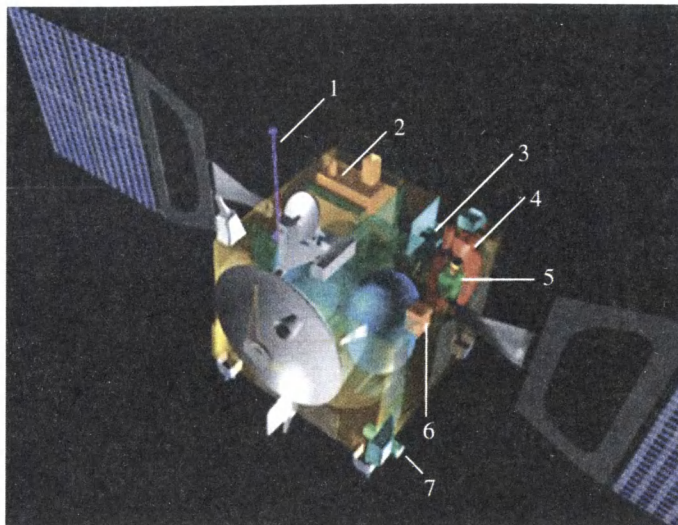
с. 17; 2007, № 5, с. 58; 2009, № 2, с. 88).

«ВЕНЕРА ЭКСПРЕСС»
И ЕЕ НАУЧНАЯ АППАРАТУРА
Научная аппаратура и
задачи АМС уже знако-

мы читателям журнала
(Земля и Вселенная,
2006, № 3). Главные цели
экспериментов «Венеры

Экспресс» – дистанцион-
ное изучение атмосферы,
плазменного окружения
и поверхности Венеры.

Расположение научных приборов на АМС «Венера Экспресс»: 1 – магнитометр *MAG*, 2 – картирующий спектрометр видимого и инфракрасного диапазона *VIRTIS*, 3 – планетный Фурье-спектрометр *PFS*, 4 – спектрометр для наблюдения солнечных и звездных затмений *SPICAV/SOIR*, 5 – миниатюрная цифровая фотокамера *VMS*, 6 – радиоаппаратура *VeRa*, 7 – анализатор плазмы и энергичных нейтральных атомов *ASPERA*. Рисунок *ESA*.



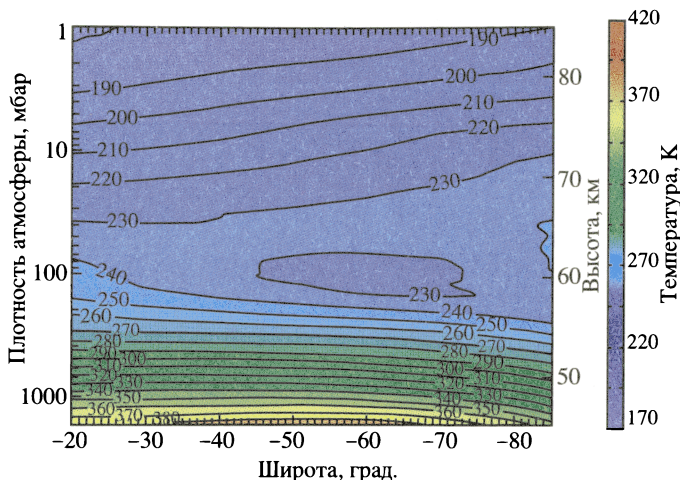
Напомним, что на космическом аппарате установлено семь научных приборов, созданных специалистами Австрии, Бельгии, Германии, Италии, Польши, России, Франции, Швеции и США. Спектрометры (*VIRTIS*, *PFS* и *SPICAV/SOIR*) и четырехканальная камера (*VMS*) работают в широком спектральном диапазоне – от ультрафиолетового до теплового инфракрасного. С помощью этих приборов проводится спектральное картирование планеты, что позволяет определить структуру и состав надоблачной атмосферы Венеры (60–90 км), изучить морфологию облаков, динамику и тепловой баланс атмосферы, а также исследовать состав нижней атмосферы. Ночное инфракрасное зондирование позволило увидеть поверхность сквозь плотный облачный слой. Плазменный анализатор *ASPERA* и магнитометр *MAG* исследовали окружающее

Венеру космическое пространство: взаимодействие атмосферы с солнечным ветром, плазму и нейтральную газовую среду, магнитное поле. На станции размещена также радиоаппаратура *VeRa* для проведения эксперимента по изучению поверхности, нейтральной атмосферы и ионосферы, гравитационного поля Венеры и межпланетной среды. Важная особенность проекта состоит в координированных наблюдениях планеты с помощью различных приборов, дополняющих друг друга, так что одну научную задачу одновременно решают несколько инструментов, увеличивая достоверность данных и позволяя глубже понять механизмы происходящих на Венере процессов.

Российские ученые внесли существенный вклад в подготовку и планирование как про-

екта в целом, так и научных экспериментов. Специалисты ИКИ РАН приняли участие в разработке, изготовлении и испытаниях двух научных приборов: оптического спектрометра *SPICAV/SOIR* и планетного Фурье-спектрометра *PFS*. В экспериментах *VIRTIS*, *VMS* и *ASPERA* российские ученые принимают участие как соисследователи.

За время работы, составляющее более четырех сидерических венерианских суток, АМС «Венера Экспресс» совершила свыше тысячи витков вокруг планеты. Станция делает один оборот по эллиптической полярной орбите за 24 ч. Перицентр орбиты находится на высоте около 250 км над Северным полюсом. В апоцентре космический аппарат удален от поверхности планеты на 66 тыс. км. Такая орбита позволяет



Зависимость температуры от высоты и широты в Южном полушарии Венеры, по данным радиозондирования в эксперименте VeRa. Кривые показывают линии одинаковых температур, а числа – температуру в кельвинах. Цвет также обозначает температуру. Рисунок ESA.

приборам наблюдать все широты и сочетать общий вид Южного полушария с изображениями высокого разрешения, полученными в Северном полушарии.

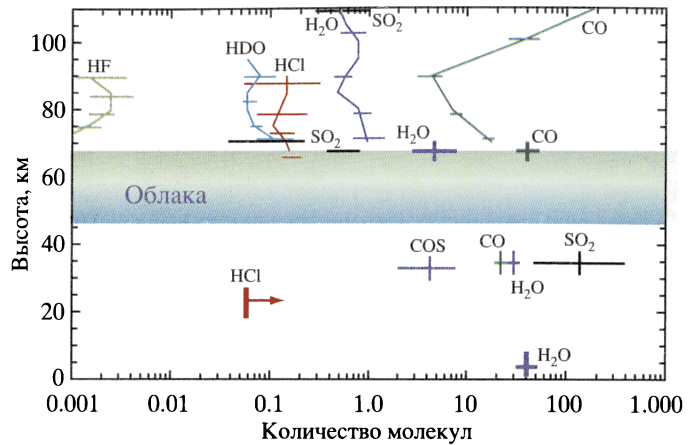
Постоянные наблюдения на протяжении трех лет позволили получить исключительно богатый набор данных о явлениях, происходящих на Венере и в ее ближайшем окружении. Основные результаты работы «Венеры Экспресс», опубликованные в ведущих научных журналах «Nature», «Icarus», «Planetary and Space Science», «Journal Geophysical Research», «Geophysical Research Letters», касаются атмосферы, ее структуры и динамики, состава и эволюции. Это неудивительно: атмосфера Венеры – ключ к пониманию многих процессов, определивших судьбу планеты и сделавших ее столь непохожей на Землю. Венера по массе и размерам очень близка Земле,

но по условиям и климату разительно отличается от нашей планеты. Температура ее поверхности составляет около 735 К, а давление атмосферы у поверхности почти в сто раз превосходит земное. Планета совершает всего один оборот вокруг своей оси в течение 243 земных суток. Период обращения ее вокруг Солнца – 228 суток. На Венере нет смены времен года, так как ось ее вращения практически перпендикулярна к плоскости орбиты, а атмосфера – самая плотная среди атмосфер планет земного типа – сглаживает суточные колебания температуры. Атмосфера состоит в основном из углекислого газа с небольшой примесью азота, водяного пара и сернистых газов. Двадцатикилометровая толща сернокислотных облаков отражает большую часть солнечной энергии, не давая ей достичь поверхности. Так что, несмотря на близость к Солнцу,

Венера получает даже меньше энергии, чем Земля.

«Венера Экспресс» проводит *надирные* и *лимбовые* наблюдения. Впервые спектральные измерения в ближнем инфракрасном диапазоне универсальным спектрометром *VIRTIS* и камерой *VMC* позволяют исследовать состав нижних слоев атмосферы, структуру облаков и, через «окно прозрачности» на длине волны 1 микрон, поверхность планеты на ночной стороне. Спектрометр *SPICAV/SOIR* впервые за все время изучения Венеры исследует также структуру, состав мезосферы и надоблачную дымку методом солнечных и звездных затмений. Прибор наблюдает за светилами во время их захода за край диска Венеры, так что некоторое время они видны через атмосферу. Степень поглощения света на различных длинах волн позволяет определить состав и температуру различных слоев атмосферы. Эти данные дополняют лимбовые наблюдения приборами *VIRTIS* и

Состав атмосферы Венеры, по данным АМС «Венера Экспресс». Содержание газов (горизонтальная ось) дано в единицах отношения смеси (количество молекул газа на миллион молекул основного газа CO_2) в зависимости от высоты. Цвета соответствуют различным газам. Горизонтальные штрихи обозначают ошибки измерений.



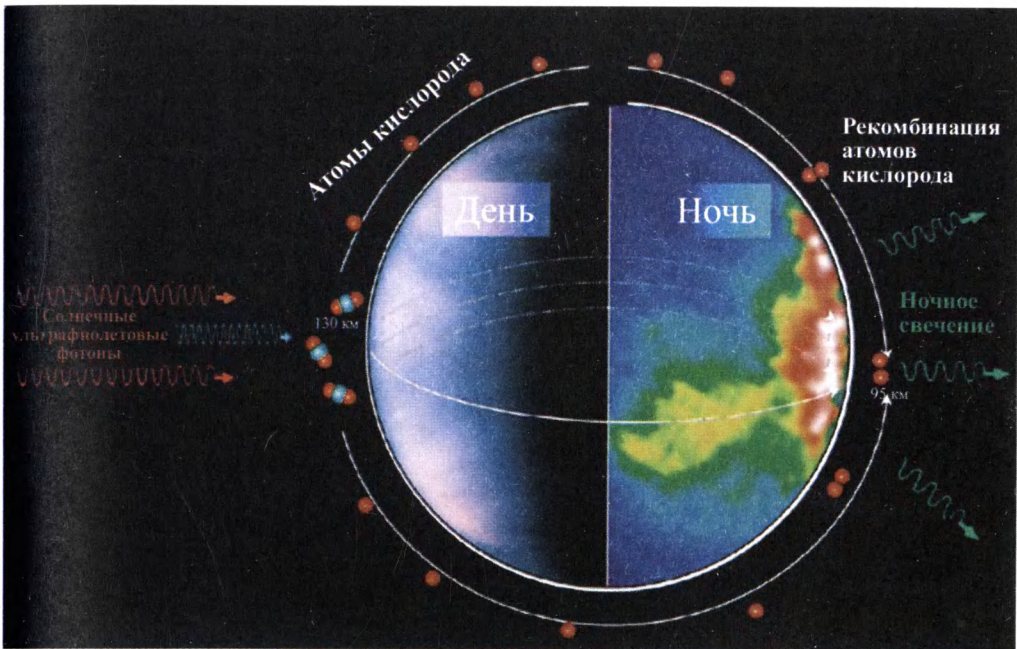
VMC. Фото-камера VMC получает изображения, по которым можно было анализировать **морфологию** и **динамику облачного покрова**.

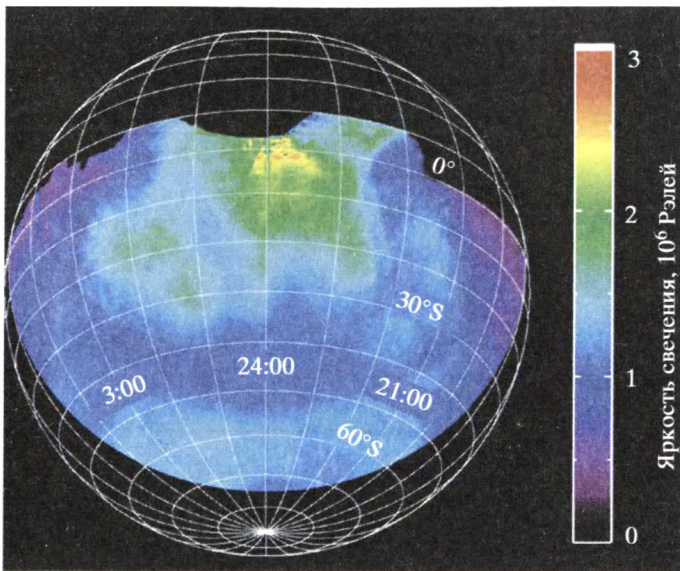
В эксперименте ASPERA-4 (Analyser

Механизм возникновения ночных свечений в верхней атмосфере Венеры. Рисунок ESA.

of Space Plasma and Energetic Atoms – анализатор космической плазмы и энергичных атомов) определяется распределение плазмы и энергичных нейтральных газов в околопланетном пространстве. Одновременно магнитное поле планеты измеряется магнитометром

MAG. Эти эксперименты сделали более понятным процесс «убегания» вещества из венерианской атмосферы. Кроме того, в радиозатменном эксперименте *VeRa* исследуется тонкая структура нейтральной атмосферы и ионосферы. Такой эксперимент сходен с методом звездных затме-





Карта ночного свечения в инфракрасной полосе кислорода, составленная по наблюдениям картирующего спектрометра VIRTIS. Справа – шкала яркости свечения. Рисунок ESA.

ний, но в роли звезды, которую затмевает Венера, выступает сам космический аппарат. Радиоволны, излучаемые антенной космического

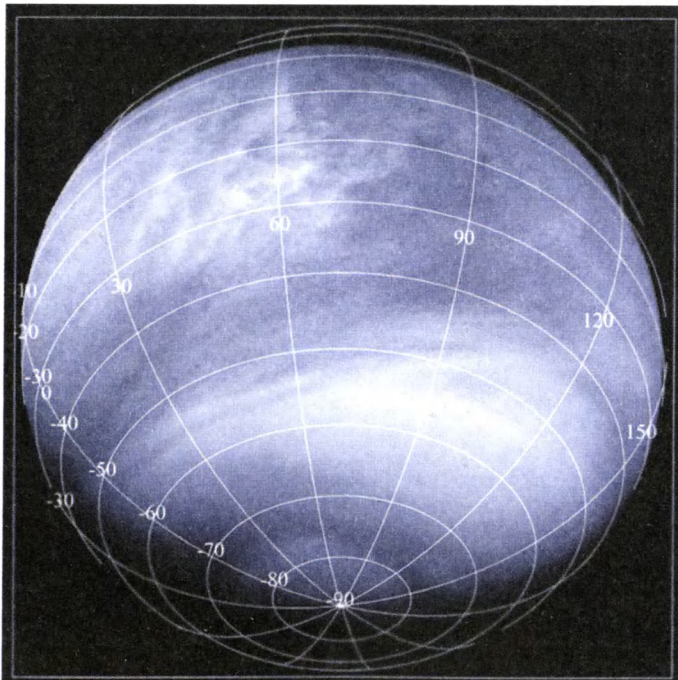
аппарата, проходят через атмосферу Венеры и регистрируются наземными радиотелескопами. По изменению и ослаблению радиосигналов

определяется структура атмосферы Венеры.

ГОРЯЧАЯ ОБОЛОЧКА «УТРЕННЕЙ ЗВЕЗДЫ»

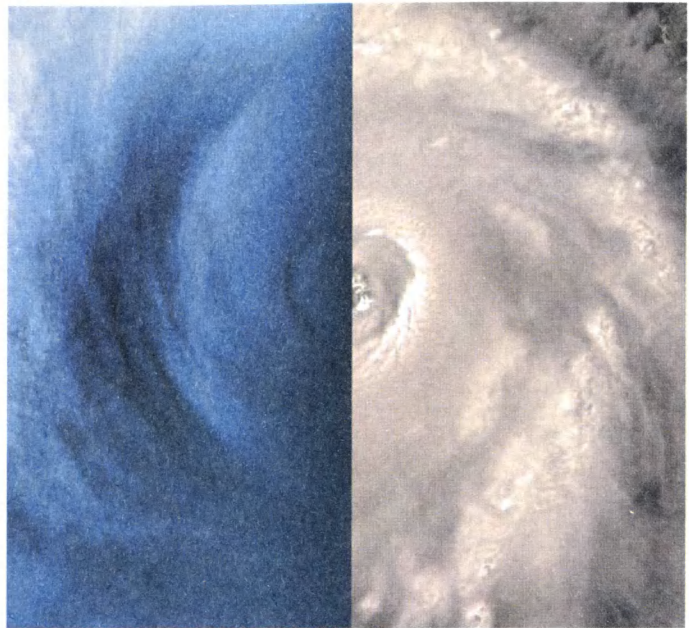
Дистанционное зондирование с борта «Венеры Экспресс» позволило существенно улучшить наши представления о распределении температуры в атмосфере планеты. Ученым удалось получить температурные профили атмосферы на высоте 40–140 км. Сюда входят верхняя тропосфера (40–60 км), мезосфера (60–90 км) и нижняя термосфера (90–140 км). Приборы «Венеры Экспресс» позволили измерить температуру с высоким пространственным и вертикальным разрешением. По данным АМС, температурная структура атмосферы выглядит следующим образом.

Ниже тропопаузы (и верхней кромки облаков,



Южное полушарие Венеры в ультрафиолетовом диапазоне (указаны шкалы широты и долготы). Снимок сделан в феврале 2008 г. камерой VMC АМС «Венера Экспресс». Фото ESA.

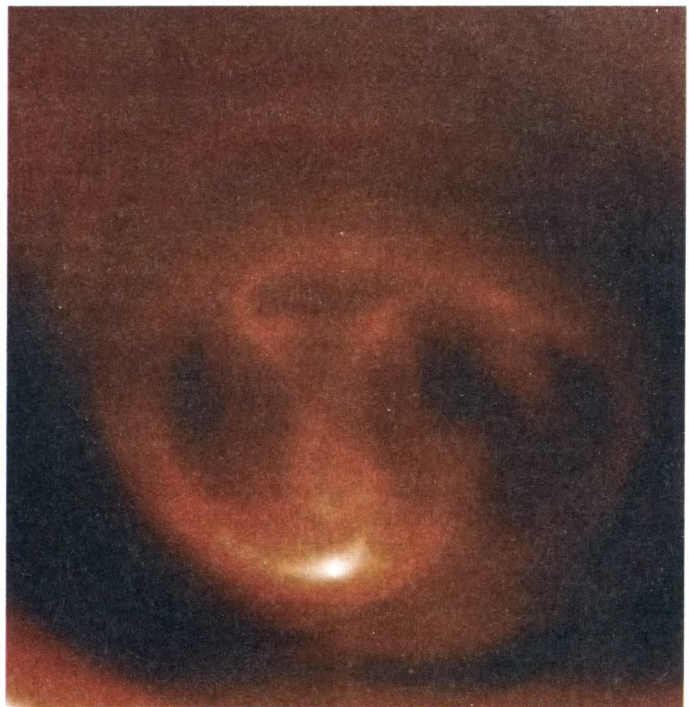
Планетарный вихрь в Южном полушарии Венеры (слева) и земной тропический ураган Франсез. Снимки сделаны в июле 2008 г. камерой VMC в ультрафиолетовом диапазоне АМС «Венера Экспресс» и в 2004 г. ИСЗ «Aqua» (NASA). Диаметр венерианского вихря – около 10 тыс. км, размер урагана Франсез увеличен примерно в 5 раз до совпадения масштабов. Фото ESA



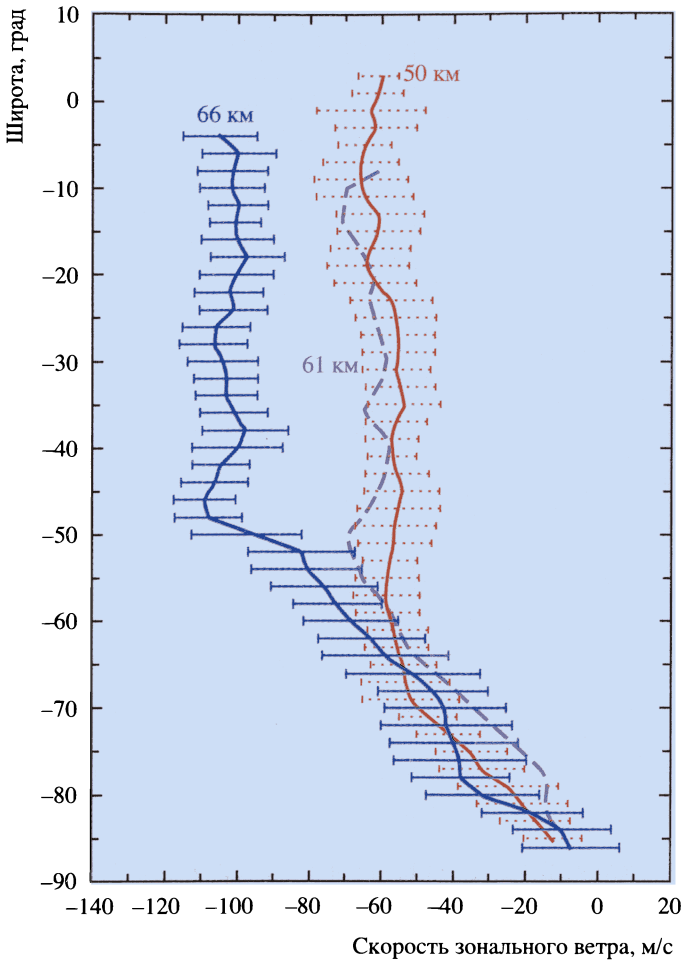
на высоте около 60 км) температура атмосферы равномерно увеличивается приблизительно на 8 К с каждым километром. Температура в надоблачной атмосфере достаточно сильно зависит от широты и на постоянной высоте растет по мере продвижения от экватора к полюсам. Такая структура радиационно неустойчива и может поддерживаться только благодаря динамическим процессам. Другая интересная особенность – на широтах от 50° до 70° к югу от экватора картирующий спектрометр VIRTIS зарегистрировал области с сильной температурной инверсией (до 20 К) на высоте прибли-

зительно 60 км, получившие название «холодный воротник». Обе эти особенности температурной

картины Южного полушария хорошо совпадают с тем, что происходит в Северном (по данным



«Глаз» южного полярного вихря на Венере. Снимок сделан в 2007 г. спектрометром VIRTIS АМС «Венера Экспресс» в тепловом инфракрасном диапазоне с расстояния 66 тыс. км. Размер кадра – около 4 тыс. км. Цвет обозначает температуру верхней границы облаков. Фото ESA.



Широтные профили скорости зонального ветра в Южном полушарии Венеры. Диаграмма составлена по данным спектрометра VIRTIS и камеры VMC AMC «Венера Экспресс». Синяя кривая – Уф-диапазон (380 нм, дневная сторона), фиолетовая кривая – ближний ИК-диапазон (980 нм, дневная сторона), красная кривая – ближний ИК-диапазон (1,74 мкм, ночная сторона). Вертикальные штрихи показывают ошибки наблюдений.

плотные слои, где вновь нагревается за счет адиабатического сжатия.

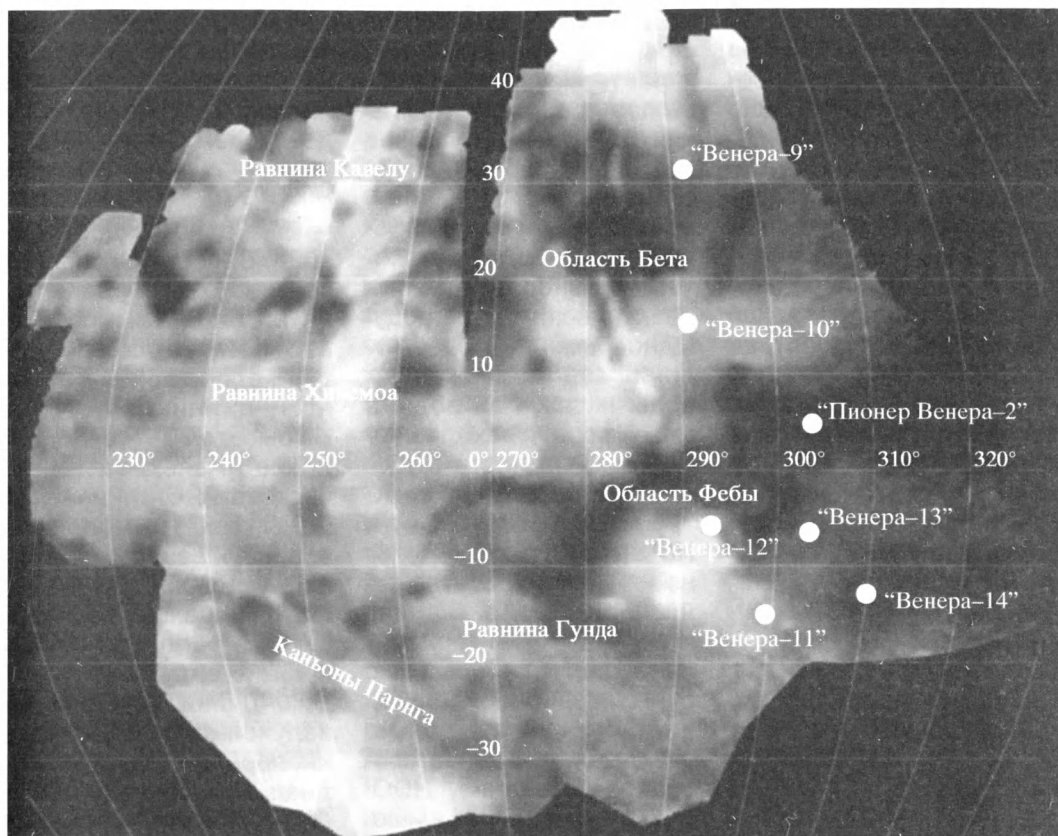
ХИМИЧЕСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ВЕНЕРЫ

«Венера Экспресс» доставила к планете мощнейший комплекс спектрометров для исследования состава атмосферы. До настоящего времени состав мезосферы был изучен слабо, так как венерианские спускаемые аппараты начинали измерять параметры атмосферы лишь на высоте около 60 км или ниже. В солнечных затмениях с помощью прибора SPICAV/SOIR впервые получены вертикальные профили малых **газовых составляющих** в мезосфере (70–110 км). По этим данным, в атмосфере Венеры кроме углекислого газа присутствуют угарный газ (CO), вода, тяжелая вода (HDO), фтороводород (HF), соляная кислота (HCl) и диоксид серы (SO₂).

исследований, выполненных предыдущими межпланетными станциями). Вероятно, обе «половинки» Венеры во многом симметричны.

С помощью «Венеры Экспресс» исследователи обнаружили квазиизотермическую область, толщина которой увеличивается от нескольких километров на низких широтах до почти 15 км около полюсов. Другая интересная деталь: на высоте мезопаузы (около 100 км) спектрометр

SPICAV/SOIR обнаружил неожиданно теплый слой (от 30 до 70°C), температура которого увеличивается от терминатора и достигает пика на ночной стороне планеты. Возможно, это результат глобального движения верхних слоев атмосферы с подсолнечной к антисолнечной стороне. Часть атмосферы, нагревшись под воздействием солнечного тепла, перемещается в затененную область и опускается ниже, в более



Мозаика поверхности Венеры, составленная по инфракрасным снимкам камерой VMC АМС «Венера Экспресс». Показана экваториальная область в районе горных массивов Бета и Феба, на восточных склонах которых совершили посадку советские АМС «Венера-9–14» и большой зонд «Пионер Венера-2». Фото ESA.

Другой метод изучения состава атмосферы – наблюдение спектрометром VIRTIS ночной стороны планеты в «окнах прозрачности» (участках спектра, в которых излучение нижней атмосферы

и даже поверхности может уходить в космос). Благодаря этому удалось определить **состав нижних слоев атмосферы**. Например, на высотах 30–40 км оценено содержание окиси углерода CO, сероксида углерода COS и диоксида серы SO₂, а на высоте около 23 км – соляной кислоты HCl. Измерили также количество воды в атмосфере практически до поверхности.

Новые результаты позволили уточнить модели химических процессов, происходящих в атмосфере планеты. Быстрый рост с высотой содержа-

ния угарного газа CO в надоблачной атмосфере является результатом фотодиссоциации двуокиси углерода. Резкое падение с высотой содержания SO₂ и водяного пара внутри облачного слоя связано с фотохимическим образованием серной кислоты у верхней границы облаков. Присутствие довольно больших количеств таких газов, как CO, COS, SO₂, под облаками объясняется термическим разложением сернокислотного аэрозоля на этих высотах. Высокое содержание двуокиси серы в нижней атмо-

сфере, подтвержденное наблюдениями «Венеры Экспресс», до сих пор составляет загадку. Дело в том, что такое количество SO_2 несовместимо с предполагаемым присутствием карбонатных минералов на поверхности Венеры. Поэтому либо неверны наши представления о составе поверхности, либо двуокись серы постоянно восполняется в атмосфере, например, вулканической деятельностью. Для решения этой проблемы потребуется детальный анализ грунта, что под силу только будущим посадочным аппаратам.

Относительное содержание тех или иных атомов, в особенности водорода, характеризует эволюцию и процессы потери легких элементов Венерой. По данным спектрометра *SPICAV/SOIR*, содержание фтористого водорода в атмосфере в 3, а соляной кислоты – в 4–6 раз ниже, чем ранее зарегистрировано. Окончательное объяснение этому пока не найдено, предположительно в дело вмешалась глобальная атмосферная циркуляция. Большая часть наблюдений проводилась на высоких широтах, куда воздух принесен с больших высот, где содержание этих веществ мало.

Один из важнейших результатов «Венеры Экспресс» состоит в измерении **отношения дейтерия к водороду**

в надоблачной атмосфере. Этот показатель характеризует, во-первых, процесс «убегания» легких компонент из атмосферы вследствие фотодиссоциации, во-вторых, он может прояснить причину, из-за которой Венера потеряла практически всю воду. Одновременные наблюдения за содержанием воды и тяжелой воды в мезосфере, находящейся ниже области «убегания», проводил спектрометр *SPICAV/SOIR*. На высоте около 70 км измеренное соотношение близко к значению, которое характеризует атмосферу в целом, но с высотой оно увеличивается приблизительно в 2,5 раза. Среднее изотопное значение $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ в 240 ± 25 раз выше, чем на Земле. Это в 1,5 раза больше, чем значение, полученное из более ранних измерений с Земли, выполненных в 1978–1985 гг. американской АМС «Пионер Венера-1». Таким образом, с высотой содержание дейтерия увеличивается. Возможное объяснение: водород гораздо легче «убегает» из атмосферы, а более тяжелый дейтерий остается в избытке и рекомбинирует с радикалами гидроксила OH . Если такое объяснение верно, то эти измерения стали первым свидетельством того, что планета теряет водород гораздо быстрее, чем дейтерий. Кроме этого, относительно большая доля

тяжелой воды может означать, что молекулы HDO меньше подвержены диссоциации под воздействием света.

СИЯЮЩАЯ ПЛАНЕТА

Еще одно из достижений «Венеры Экспресс» связано с наблюдениями **нетепловых эмиссий в верхней атмосфере, которые подобны северному сиянию на Земле.** На высоте 90–140 км давление и, следовательно, частота столкновений малы, так что молекулы в возбужденном состоянии успевают испустить фотон, прежде чем вернуться в тепловое равновесие с окружающим газом. Линии нетеплового излучения, прежде всего кислорода (ближний ИК-диапазон), оксида азота (УФ-диапазон), углекислого газа и окиси углерода, были открыты ранее при наземных и спутниковых наблюдениях, но эти данные были ограничены в пространстве и во времени, а также не обладали достаточно хорошим вертикальным разрешением.

С помощью приборов *VIRTIS* и *SPICAV/SOIR* ученым представилась возможность изучить **свечение молекул кислорода** на ночной стороне в надирных и лимбовых исследованиях. Последние особенно важны, так как помогли разделить вклад кислорода от теплового излучения нижней атмосферы. Объясним механизм появления этого свечения. На дневной

стороне под воздействием солнечного ультрафиолетового излучения молекулы CO_2 и CO диссоциируют с образованием атомов кислорода. Атмосферная циркуляция переносит свободные атомы на ночную сторону, где они рекомбинируют. В результате появляются молекулы кислорода в возбужденном состоянии, излучающие на длине волны порядка 1,27 мкм. «Венера Экспресс» проводила наблюдения из апоцентра, что позволило также проследить широтное распределение свечения. Максимум свечения приходится, как правило, на высоту 95 км и находится вблизи антисолнечной точки (полночь на экваторе). Появилась возможность впервые рассчитать максимальную плотность атомов кислорода, которая на высоте 100 км составила $1,3 \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$. Интенсивность излучения, положение пика, его ширина и форма профиля сильно меняются во времени и пространстве, что свидетельствует о сложных атмосферных процессах, поддерживающих свечение.

Самым ярким открытием «Венеры Экспресс» стало окончательное подтверждение ранних противоречивых данных о существовании **молний** на Венере. Магнитометр MAG зафиксировал всплески электромагнитного излучения с частотой около 100 Гц и продолжительностью

0,25–0,5 с, которые по свойствам соответствовали «свистящим атмосферикам» – волнам, возникающим при молниевых разрядах в земных грозах и возбуждающим характерные помехи в радиосвязи. Средняя частота грозовых разрядов близка к той, что наблюдается на Земле. Открытие на Венере молний может существенно повлиять на модели венерианской атмосферы, так как молнии влияют на химические процессы, расщепляя молекулы, затем вступающие в неожиданные реакции. Количество азотной кислоты, образованной таким способом, достаточно для того, чтобы ее можно было обнаружить с Земли.

О ЧЕМ РАССКАЗАЛИ ОБЛАКА ВЕНЕРЫ

Аэрозоли – важнейшая часть венерианской атмосферы. Толстый слой облачности, состоящей в основном из **концентрированной серной кислоты**, на высоте 50–70 км полностью закрывает поверхность планеты, но облака сами по себе вовсе не однородны. Контрастные детали, видимые в ультрафиолете, возникают в результате неравномерного распределения неизвестного поглотителя у верхней границы облаков на высоте около 70 км. Хотя о его наличии известно уже довольно давно, природа этого вещества остается неизвестной.

Мультиспектральные изображения позволили восстановить **глобальную трехмерную морфологию облаков** с разрешением от 50 км в апоцентре до нескольких сотен метров в перицентре. На низких широтах поверхность облаков выглядит нерегулярно, что свидетельствует о сильной конвекции в подсолнечной точке, где в облачном слое поглощается большая доля солнечной энергии. Такие «мозаичные» облака похожи на кучевую облачность на Земле. По мере продвижения к полюсам турбулентные процессы уступают место более спокойному, ламинарному течению, и, как следствие, меняется узор поверхности облаков: они становятся «штрихообразными» и напоминают перистые облака. В средних широтах в УФ-диапазоне облачность оказывается яркой и однородной: видимо, здесь аэрозоль эффективно рассеивает излучение. В полярных областях наблюдаются темные спирали и полосы толщиной в несколько сотен километров.

Крупномасштабная морфология облачного покрова в Южном полушарии говорит о наличии полусферного вихря с центром над полюсом. Наблюдения Северного полушария свидетельствуют о том, что организация облаков в южной и северной «половинах» Венеры симметрична.

Морфология планетарного вихря Венеры поразительно напоминает земные тропические циклоны, с той разницей, что его размер в несколько раз превышает земные аналоги и физические механизмы, поддерживающие вращение, совершенно различны.

Одним из самых впечатляющих результатов «Венеры Экспресс» стало детальное наблюдение «глаза» **южного полусферного вихря** спектрометром *VIRTIS* в тепловом инфракрасном диапазоне. «Глаз» циклона размером около 2500 км расположен выше 70° широты и вращается вокруг полюса с периодом приблизительно 2,5 сут. Его форма меняется от овальной до S-образной. Температура в центральной области, по измерениям яркости, на 30–40 К выше, чем в окружающей атмосфере. Кроме этого, верхняя кромка облаков внутри «глаза» находится приблизительно на 7 км ниже, чем в среднем по планете. В низких и средних широтах она расположена на уровне приблизительно 70 км, затем на широте около 55°, на границе «холодного воротника», начинает снижаться и достигает 65 км внутри «глаза» вихря. Южный полярный вихрь, по-видимому, играет важнейшую роль в динамике атмосферы. Он свидетельствует о сильных нисходящих потоках, образующих спиральную структуру в полярных областях.

Приборы «Венеры Экспресс» предоставили в распоряжение исследователей данные о вертикальном распределении и микрофизических свойствах аэрозольной дымки на высоте 70–90 км. Оказалось, что надоблачная мезосферная **дымка** состоит из мельчайших, размером менее 1 мкм, только что образовавшихся частиц серной кислоты. Ее плотность уменьшается в три раза с каждыми 5 км, так что выше 80 км атмосфера Венеры практически свободна от аэрозоля.

БУРНЫЕ ТЕЧЕНИЯ

Общая циркуляция венерианской атмосферы составляет одну из загадок в динамике планетных атмосфер. Ранние наблюдения и модели предполагали для нее два динамических режима. Первый, режим суперротации, – вращение всей атмосферы в том же направлении, что и сама планета. В него вовлечены тропосфера (от поверхности до 60 км) и нижняя мезосфера (до высот порядка 80 км). Скорость ветра достигает 100 м/с у верхней кромки облаков (70 км) и уменьшается при движении вниз. Второй режим – солнечная-антисолнечная циркуляция в термосфере (100–200 км), вызванная перепадом дневной и ночной температуры. На дневной стороне воздух нагревается, поднимается и перетекает на ночную сторону.

Систематическое фотогографирование планеты в различных спектральных диапазонах позволило восстановить подробную картину глобальной циркуляции на высотах от нижней кромки облаков (50 км) до нижней мезосферы (около 140 км). Скорость ветров определялась по движению характерных облачных образований. На всех высотах внутри облачного слоя скорость зонального ветра остается практически постоянной на широтах ниже 50°, но очень быстро уменьшается по мере продвижения к полюсам. Вертикальный градиент скорости ветра на низких широтах составляет 3–5 м/с/км, но он исчезает на средних и высоких широтах. Меридиональные ветры измерить гораздо сложнее из-за их малой скорости (5–20 м/с). В основном скорость их растет от экватора к средним широтам, где достигает максимума, а затем уменьшается, и направление меняется на противоположное. Любопытно, что перелом в поведении зонального ветра совпадает с экваториальным краем «холодного воротника» и началом зоны яркой облачности. Полученные зависимости скорости ветра от высоты в целом согласуются с измерениями, проводившимися в 1975–1982 гг. на спускаемых аппаратах советских АМС «Венера-10–14»

и американских зондах «Пионер Венера».

Новые подробности о **термосферной циркуляции** дало картирование нетеплового излучения, о котором говорилось выше. Его динамика хорошо согласуется с солнечным-антисолнечным режимом циркуляции. О том же говорит и уже упоминавшийся максимум температуры в области мезопаузы на ночной стороне планеты, возникающий, вероятно, в результате адиабатического нагрева воздуха, пришедшего с дневной стороны. Надирные наблюдения в линиях нетепловых эмиссий позволили напрямую наблюдать передвижения атмосферы на высоте мезопаузы (примерно 100 км). По этим данным определена скорость атмосферного потока – около 60 м/с. Его основные элементы – меридиональное течение от полярных широт к экватору и зональное течение от расветной к полуночной стороне. Неравномерности в распределении свечения могут указывать на вариации самых разных факторов начиная с глобальной эффективности переноса с дневной на ночную сторону и заканчивая вкладом вихревых движений.

УНЕСЕННЫЕ СОЛНЕЧНЫМ ВЕТРОМ

Не менее важные данные об организации атмосферы и ее эволюции

получены при измерении **плазменного окружения** и **магнитосферы** планеты. Хотя у самой Венеры нет магнитного поля, ее взаимодействие с солнечным ветром приводит к образованию «наведенной» магнитосферы. При этом энергия солнечного ветра может переходить в энергию планетарных ионов, ускоряя их и в некоторых случаях «унося» за пределы притяжения Венеры. Приборы «Венеры Экспресс» измерили величину магнитного поля в окрестностях Венеры, плотность электронов, потоки энергичных нейтральных атомов, ионов и электронов. Наблюдения проводились в период спада солнечной активности (2006–2009), а полученные данные дополняют более ранние измерения АМС «Пионер Венера-1», которые проводились вблизи максимума цикла солнечной активности. По измерениям «Венеры Экспресс» положение ударной волны перед планетой оценивается в 2,14 радиуса Венеры, что на 1600 км ближе к Венере, чем было во время солнечного максимума (2,4 радиуса Венеры), но дальше, чем зафиксировали в конце 1975 г. АМС «Венера-9 и -10». Наиболее значимыми стали первые измерения «Венерой Экспресс» состава «убегающей» плазмы. Соотношение «убегающих» ионов – ключевой параметр для понима-

ния эволюции планеты; в частности, он отвечает на вопрос, почему Венера на протяжении своей эволюции потеряла практически всю воду. Как оказалось, плазма состоит в основном из ионов кислорода и водорода с небольшим добавлением гелия, причем соотношение кислорода и водорода практически равно 2 : 1, то есть стехиометрическому отношению в молекуле воды. Венера продолжает терять элементы, составляющие воду, в пропорциях, которые поддерживают неизменным ее состояние окисления.

ВЗГЛЯД СКВОЗЬ ОБЛАКА

Еще двадцать лет назад считалось, что из-за плотного слоя облаков поверхность Венеры можно изучать либо с помощью радара, либо с посадочных аппаратов. Однако открытие эмиссий в инфракрасном спектре планеты, которые просачиваются в космос из подоблачной атмосферы, позволило наблюдать поверхность прямо с орбиты. Дело в том, что горячая поверхность планеты является источником достаточно сильного теплового излучения, яркость которого зависит от температуры и, следовательно, высоты. Таким образом, на длинах волн более 1 мкм глубокие долины будут выглядеть ярче холодных горных вершин. «Венера Экспресс» – первый

космический аппарат у Венеры, который имеет на борту специальные приборы для теплового картирования поверхности. Изображение выглядит размытым из-за рассеяния света в мощной атмосфере, однако основные детали рельефа хорошо различимы. Основная задача теплового картирования состоит в поиске активных вулканов, свежие лавовые потоки от которых выглядели бы яркими пятнами, и аномалий оптических свойств поверхности, которые могли бы пролить свет на особенности ее состава. Такие аномалии

уже обнаружены «Венерой Экспресс», а вот вулканическая активность пока нет.

В результате работы АМС «Венера Экспресс» получен огромный объем данных, охватывающих практически все аспекты физики Венеры: от атмосферной динамики до взаимодействия планеты с солнечным ветром. Но у Венеры осталось еще немало тайн, которые предстоит открыть в ходе дальнейших наблюдений и экспериментов. Космический аппарат имеет достаточно ресурсов для продолжения своей миссии у Венеры

до 2013 г. Ученые с нетерпением ожидают, когда к «Венере Экспресс» присоединится японский аппарат «Planet-C», запуск которого намечен на июнь 2010 г. Их совместные наблюдения создадут уникальные возможности по изучению Венеры. Кроме того, обсуждается возможность уменьшения расстояния в апоцентре посредством аэродинамического торможения в атмосфере, что позволит существенно улучшить пространственное разрешение и повысить эффективность многих экспериментов.

Информация

Необычный остаток Сверхновой

На основе фотографий Космического телескопа им. Э. Хаббла и космической рентгеновской обсерватории «Чандра» синтезировано изображение остатка сверхновой E0102 в Малом Магеллановом Облаке (см. стр. 4 обложки). Для его создания объединены данные 25 наблюдений «Чандры» общей экспозицией 78 ч за

последние 10 лет. На этой фотографии рентгеновское изображение «Чандры» наложено на оптическое, построенное на снимках КТХ. Рентгеновское излучение разных энергий окрашено условными цветами: красно-оранжевый соответствует мягкому рентгеновскому излучению, бирюзово-голубой – среднему, зеленый и синий – самому жесткому. В нижнем углу снимка видна часть огромной газопылевой туманности (зеленоватый цвет), подсвеченной яркой массивной звездой.

Вспышку сверхновой E0102 можно было увидеть на Земле по разным оценкам от 1 до 2 тыс. лет назад.

Однако никаких исторических свидетельств о появлении в те годы яркой звезды до нас не дошли. Астрономам приходится довольствоваться исследованием туманности, оставшейся в результате взрыва звезды. Чтобы туманность приобрела форму, напоминающую цилиндр, взрыв должен был быть несимметричным или приходится допустить, что незадолго до взрыва звезда выдула своим мощным звездным ветром полость в окружающем ее газе.

Пресс-релиз
Гарвард-Смитсоновского
астрофизического центра,
23 июля 2009 г.

Солнце в июне – июле 2009 г.

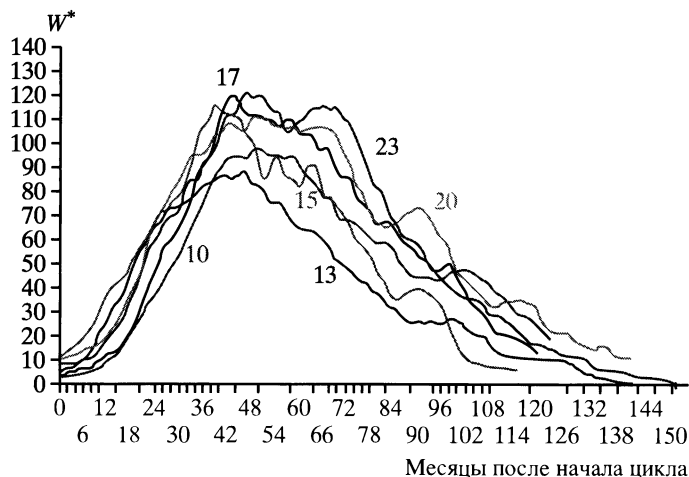
В декабре 2008 г. падение сглаженного относительного числа солнечных пятен произошло. Это означает, что 23-й цикл солнечной активности, возможно, закончился. Дальнейшее развитие событий, связанных с пятнообразовательной деятельностью Солнца, внесет большую ясность в вопросе о месяце формального окончания 23-го цикла солнечной активности. Пятнообразовательная активность Солнца остается на очень низком уровне, однако практически все структуры, включая области с пятнами и без пятен, наблюдаются с магнитной полярностью нового цикла. Среднемесячные значения чисел Вольфа $W_{\text{июня}} = 2,6$ и $W_{\text{июля}} = 3,5$. Сглаженное значение относительного числа солнечных пятен в декабре 2008 г. и январе 2009 г. составило $W^* = 1,7$ и $1,8$ соответственно.

Пятнообразовательная активность Солнца в июне 2009 г. осталась на прежнем, очень низком уровне: пять небольших групп пятен с полярностями 24-го цикла солнечной активности появились в Северном (две группы) и Южном полушариях (три группы). Первая группа пятен Северного полушария появилась 31 мая и просуществовала 6 сут. За это время в ней произошло 5 малых солнечных вспышек рентгеновского балла В (поток рентгеновского излучения 10^7 Вт/см² в диапазоне энергий 1–12,5 кэВ). Вторая группа пятен просуществовала

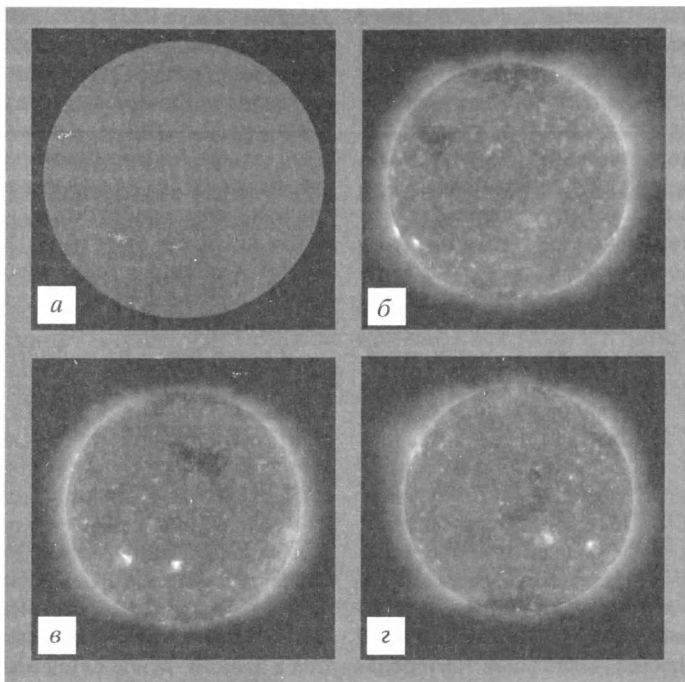
всего двое суток, затем пятна исчезли, но через два дня снова появились на один день. Две последние группы пятен в Южном полушарии, хотя и появились на видимом диске Солнца на два дня, но образовали первый в 24-м солнечном цикле комплекс активных областей – более крупную структуру в иерархии солнечных структур с пятнами. Наибольшее относительное число пятен отмечено 1 и 2 июня ($W = 11$), и 21 сут видимый диск Солнца был без пятен. Вспышечная активность весь месяц оставалась на очень низком уровне, значимых солнечных вспышек не наблюдалось. Коронографы космической обсерватории «SOHO» зарегистрировали 26 выбросов коронального вещества небольшой интенсивности, среди которых геоэффективных не было. 15 июня в юго-восточной части видимого солнечного диска наблюдался выброс большого волокна, возмущение от которого до Земли не дошло. Четыре рекуррентные (повторяющиеся) корональные дыры наблюдались на

видимом диске Солнца, однако прохождения нашей планеты через высокоскоростные потоки солнечного ветра, истекающие из данных корональных дыр, значимых геомагнитных возмущений в околоземном космическом пространстве не вызвали. Всего один день (24 июня) наземными обсерваториями отмечена возмущенная геомагнитная обстановка.

В июле 2009 г. наблюдалась всего одна группа солнечных пятен. Она появилась 3 июля в центральной зоне Южного полушария Солнца и уже на третий день ее площадь превысила 100 миллионных долей полушария (м.д.п.), а перед уходом за западный лимб (край) Солнца 9 июля ее площадь достигла 230 м.д.п. В первые дни развития в данной группе пятен произошли две вспышки рентгеновского балла С (10^6 Вт/см²) и более 20 вспышек рентгеновского балла В. Максимальное относительное число пятен наблюдалось 4–6 июля ($W = 16$), и 24 сут на Солнце пятен не было. Вспышечная активность 5 и 6 июля была низкой, а в



Ход развития (151 месяц) 23-го цикла солнечной активности среди циклов подобной величины. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.



Солнце 22 июня 2009 г.: а) в самой сильной спектральной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); б, в, г) в линиях крайнего ультрафиолета химического элемента FeXII ($\lambda = 195$). Космические солнечные обсерватории «STEREO-A», «SOHO» и «STEREO-B» соответственно (http://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/beacon/beacon_secchi.shtml).

Солнца трех рекуррентных корональных дыр. Малую магнитную бурю зарегистрировали 22 июля. Это была реакция магнитосферы Земли на прохождение высокоскоростного потока солнечного ветра от корональной дыры Северного полушария Солнца. В остальные дни месяца геомагнитная обстановка оставалась спокойной и слабо возмущенной. С этим же потоком солнечного ветра был связан высокий уровень потока электронов с энергией больше 2 МэВ на геостационарных орбитах, зарегистрированный 25–29 июля.

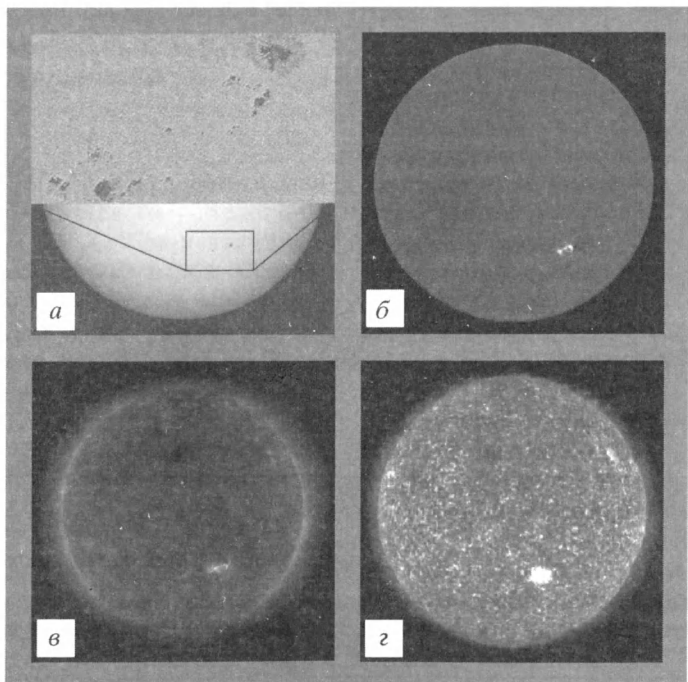
Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf>). Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН

Солнце 6 июля 2009 г.: а) в интегральном (белом) свете (во врезке – большая группа солнечных пятен с порядком полярности 24-го цикла солнечной активности, <http://www.spaceweather.com>); б) в самой сильной спектральной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолета химических элементов FeX ($\lambda = 171 \text{ \AA}$) и HeII ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). «SOHO» (<http://www.solarmonitor.org/index.php>).

остальные дни месяца – очень низкой. Коронаграфы «SOHO» зарегистрировали 16 выбросов коронального вещества не-

большой интенсивности, среди которых геоэффективных не было. В июле отмечено прохождение по видимому диску



Борис Васильевич Кукаркин

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Известный советский астроном Борис Васильевич Кукаркин (1909–1977) – неутомимый исследователь переменных звезд, один из инициаторов работ по составлению их катало-

гов в нашей стране, внесший огромный вклад в исследование строения Галактики, ее звездных населений и шаровых звездных скоплений.



Б.В. Кукаркин. 1977 г. (последняя фотография).

Борис Васильевич Кукаркин родился в Нижнем Новгороде 30 октября 1909 г. в семье учителя русской словесности Василия Васильевича Кукаркина. Его мать Елена Александровна, урожденная Аллендорф, была дочерью статского советника Александра Александровича Аллендорфа, также работавшего на ниве просвещения, и талантливой пианистки Эмилии Александровны Локенберг, оставившей карьеру исполнительницы ради семьи. Музицирование бабушки оказало большое воздействие на музыкальное воспитание детей, их в семье было четверо, третий – Борис. В 1913–1922 гг. семья жила на Украине в г. Нежине, а затем, после смерти матери, Боря и две его сестры вернулись в Нижний Новгород. Там Бориса приняли в 6-й класс Опытно-показательной школы № 1, находившейся в помещении нынешнего Нижегородского университета. Окончив школу, он продолжал самостоятельно углублять свои знания по математике, физике и астрономии. Астрономией Борис основательно ув-



Б.В. Кукаркин у телескопа. Ташкентская обсерватория. 1937 г.

лекся еще в школе, и не только наблюдал небо в купленную подзорную трубу, но и построил свой телескоп. В 18-летнем возрасте Б.В. Кукаркин возглавил обсерваторию Нижегородского общества любителей физики и астрономии и основал бюллетень «Переменные звезды», долгие годы выходивший под его редакцией как академический журнал, а ныне существующий в электронном виде.

В 1931 г. Бориса Васильевича пригласили на работу в Ташкентскую обсерваторию, где его уже знали как активного исследователя переменных звезд. Так началась его биография профессионального астронома. С тех пор фотометрические исследования переменных звезд, систематизация сведений о них стали главным делом жизни Б.В. Кукаркина. И в те годы, и сейчас переменные звезды – излюбленный объект исследований любителей астрономии. Их изучение – одна из немногих областей фундаментальной науки, где вклад любителей имеет под-

линно научное значение и высоко ценится. Но и для профессиональных астрономов нашей страны исследования переменных звезд оказались исключительно важным и перспективным направлением. Они дали возможность работать на мировом уровне даже при ограниченных в те времена в нашей стране инструментальных возможностях и стимулировали развитие плодотворных связей с ведущими учеными других стран. Поскольку звездная переменность глубоко связана с процессами звездной эволюции, результаты изучения переменных звезд остаются на переднем крае астрономической науки. Наряду с Б.В. Кукаркиным исследованием переменных звезд плодотворно занимались такие корифеи советской науки, как П.П. Паренаго, Д.Я. Мартынов, В.П. Цесевич. Уже в 1931 г. Борис Васильевич стал одним из организаторов Первой Всесоюзной конференции исследователей переменных звезд. На конференции был создан Центр по исследованию переменных звезд, и Б.В. Кукаркина избрали ученым секретарем (впоследствии на основе Центра была образована Комиссия по переменным звездам Астрономического совета АН СССР). За год работы в Ташкенте Б.В. Кукаркин опубликовал 20 научных статей.

В 1932 г. его пригласили в ГАИШ МГУ. В архивах ГАИШ хранится связанная с переездом переписка Бориса Васильевича с директором Института А. А. Канчевым и другими руководителями об условиях работы и жизни в столице.

С той поры вся жизнь Б.В. Кукаркина связана с Московским университетом и ГАИШ. В 1951 г. он стал профессором механико-математического факультета МГУ, а после перевода астрономического отделения на физический факультет МГУ, в 1960 г. – заведующим кафедрой звездной астрономии (в 1964 г. переименованной в кафедру звездной

астрономии и астрометрии). В 1952–1956 гг., в годы строительства нового здания ГАИШ на Ленинских горах и переезда обсерватории, он был директором ГАИШ, в последующие годы – заведующим Отделом изучения Галактики и переменных звезд. Борис Васильевич внес немалый вклад и в организацию астрономических исследований в структурах Академии наук в качестве председателя Комиссии по переменным звездам и заведующего сектором переменных звезд Астрономического совета АН СССР (ныне – Институт астрономии РАН).

Когда в советской стране формировалась научная интеллигенция, многие молодые ученые получили ученую степень кандидата или доктора наук без защиты диссертации. Например, в 1935 г. присудили докторскую степень по совокупности работ другу и коллеге Бориса Васильевича, основателю кафедры звездной астрономии Павлу Петровичу Паренаго. Тогда же Б.В. Кукаркину была присвоена степень кандидата физико-математических наук, а в 1947 г. он защитил докторскую диссертацию. На материале диссертации он подготовил и опубликовал знаменитую монографию «Исследование строения и развития звездных систем на основе изучения переменных звезд», а также создал прекрасный спецкурс, который читал студентам-астрономам до 1975 г. Идеи Бориса Васильевича тесно перекликаются с идеями о звездных населенных, развивавшимися американским астрономом немецкого происхождения Вальтером Бааде, с которым Б.В. Кукаркин вел глубокие научные дискуссии, в том числе при личных встречах. Согласно этой концепции, объекты Галактики объединены в подсистемы, различающиеся пространственным распределением, кинематикой, возрастом и происхождением. В Московском университете Борис Васильевич также постоянно читал интересный



и весьма содержательный курс истории астрономии, вел семинарские занятия по звездной астрономии и читал главы этого курса лекций.

В годы войны Б.В. Кукаркин участвовал в подготовке штурманов для авиации дальнего действия. Несмотря на большую занятость, он находит время и для продолжения астрономических исследований. В начале 1945 г. английский журнал «Observatory» публикует письмо Б.В. Кукаркина западным коллегам, где он рассказывает о жизни советских астрономов в военное время и призывает астрономов стран, меньше других пострадавших от гитлеровского нашествия, не прерывать исследования, требующие непрерывных наблюдений. Под письмом указано и воинское звание автора – капитан авиации. Сразу же после окончания войны Б.В. Кукаркин оказывается в группе офицеров, направленных в Германию для отбора научного оборудования, которое могло бы быть вывезено в СССР в счет репарационных платежей. Таким образом ста-



Капитан Б.В. Кукаркин в годы Великой Отечественной войны.

менные звезды различных типов.

В 1946 г. Исполком Международного астрономического союза (МАС) поручил астрономам СССР регулярно составлять каталоги переменных звезд. Эту тяжелую, но крайне необходимую современной астрофизике работу возглавили Б.В. Кукаркин и П.П. Паренаго. В 1948 г. опубликован первый «Общий каталог переменных звезд», а в 1958 г. появилось второе, двухтомное, издание. После смерти в 1960 г. члена-корреспондента АН СССР П.П. Паренаго работой над каталогами руководил Б.В. Кукаркин, ему прекрасно ассистировал П.Н. Холопов. При Борисе Васильевиче вышли в свет трехтомное третье издание «Общего каталога переменных звезд», многочисленные тома дополнений, началась работа над четвертым, пятитомным, изданием. Советские исследователи составили два каталога звезд, «заподозренных в переменности блеска», и в конце жизни Б.В. Кукаркина начали составление «Нового каталога звезд, заподозренных в переменности блеска». К 2009 г. число классифицированных и обозначенных переменных звезд практически утроилось и достигло 41 500, а с учетом заподозренных переменных – 64 300. Эта работа неизменно пользовалась большим международным признанием и до сих пор поддерживается комиссиями МАС. Вышедшие издания Каталога (в том числе электронные) входят в число наиболее цитируемых публикаций советских и российских астрономов.

Исследователь звездной переменности, Б.В. Кукаркин внес большой вклад в изучение пульсирующих звезд типа RR Лир. Он установил, что в большинстве случаев изменение их периода не носит систематического характера, вызванного звездной эволюцией, а происходит скачкообразно, из-за не вполне пока понятных процессов.

рались хотя бы частично компенсировать огромные потери научных учреждений на оккупированных территориях. Среди привезенных им инструментов – 40-см астрограф Зоннебергской обсерватории, по сей день работоспособный инструмент Крымской лаборатории ГАИШ (поселок Научный). На сайте Зоннебергской обсерватории и сегодня с благодарностью отмечают, что, добросовестно выполняя приказ в интересах советской науки, Борис Васильевич стремился не нанести непоправимого урона немецкой обсерватории, уже тогда ставшей важным центром изучения звездной переменности под руководством Куно Гофмейстера. Свыше 22 тыс. уникальных фотографий звездного неба, полученных в нашей стране с помощью 40-см астрографа – это наиболее ценная часть астрономической фототеки ГАИШ. В настоящее время в ГАИШ ведутся работы по ее переводу в цифровую форму с помощью высококачественных сканеров. На сканах этих фотопластинок открываются и исследуются новые пере-



П.П. Паренаго и Б.В. Кукаркин в президиуме конференции по переменным звездам. Ленинград, 1954 г.

Б.В. Кукаркин вместе с П.П. Паренаго вывел замечательную зависимость для карликовых новых (переменных звезд типа U Близнецов), связывающую амплитуду вспышек и интервал времени между вспышками. На основе этой зависимости им удалось в 1930-е гг. предсказать повторную вспышку новой звезды Т Северной Короны, которая и произошла, в блестящем соответствии с прогнозом, в 1946 г. Б.В. Кукаркин и П.П. Паренаго первыми обратили внимание на неоднородность ансамбля цефеид Галактики. Оказалось, что наряду с молодыми звездами в него входят старые объекты, встречающиеся далеко от галактической плоскости и похожие на «цефеиды» шаровых звездных скоплений. Такие звезды мы сейчас называем цефеидами сферической составляющей (население нашей Галактики), их природа совершенно иная, чем у клас-

сических цефеид – молодых ярких переменных звезд, а светимость ниже, что необходимо учитывать при использовании цефеид для определения расстояний по зависимости период–светимость.

В 1960-е гг. Борис Васильевич надолго заинтересовался шаровыми звездными скоплениями. Как известно, шаровые скопления – очень большие группировки звезд одного возраста и совместного происхождения – являются естественной природной лабораторией звездной и динамической эволюции. Б.В. Кукаркина в первую очередь интересовали возможности определения расстояний до шаровых скоплений с использованием различных «стандартных свечей», то есть индикаторов расстояния, таких как переменные звезды типа RR Лиры и красные гиганты. Он одним из первых на основе наблюдательных данных подтвердил существование сильной зависимости светимости переменных звезд типа RR Лиры от «металличности» (содержания тяжелых химических элементов) и предложил свою шкалу расстояний

до шаровых скоплений. Кроме того, Б.В. Кукаркин методом звездных подсчетов выполнил по глубоким фотографиям определение видимых размеров десятков шаровых скоплений. Как известно, они отражают характер орбит скоплений в нашей Галактике. Его важнейшим достижением в этой области исследований стала монография «Шаровые звездные скопления» (1974), в которой большой интерес представляет выведенный Б.В. Кукаркиным в однородной системе каталог их важнейших характеристик. Другого столь детального и методически тщательно составленного каталога характеристик шаровых скоплений Галактики не существует до сих пор. Благодаря Борису Васильевичу исследование



шаровых скоплений на долгие годы стало важным направлением работы Отдела изучения Галактики и переменных звезд ГАИШ.

На протяжении 50 лет (1927–1977) Б.В. Кукаркин возглавлял редколлегию созданного им журнала «Переменные звезды» и был также главным редактором «Астрономического циркуляра» и членом редколлегии «Астрономического журнала».

Б.В. Кукаркин шесть лет был президентом Комиссии 27 «Переменные звезды» Международного астрономи-

Нильс Бор на празднике "День Архимеда" физического факультета МГУ. В первом ряду (слева направо): Б.В. Кукаркин, Е.М. Лифшиц, Н. Бор с супругой. Л.Д. Ландау. 1961 г.



ческого союза, а в 1955–1961 гг. занимал высокий пост вице-президента МАС. Борис Васильевич был среди организаторов единственного проведенного в СССР съезда МАС в 1958 г., организовал в 1974 г. симпозиум МАС по тематике переменных звезд в Москве, а также много других международных и всесоюзных конференций.

Большое внимание Б.В. Кукаркин уделял вопросам распространения научных знаний и популяризации науки. В 1949–1961 гг. он был заведующим редакцией астрономии и геофизики второго издания Большой Советской Энциклопедии. В течение 26 лет (1952–1977) он входил в состав редколлегии журнала «Природа».

Борис Васильевич подготовил много учеников, продолжающих его дело. Нам повезло принадлежать к их числу. Мы никогда не забудем его научные семинары, на которых студенты делали доклады наравне с профессорами; беседы о науке, искусстве, политике; обеды, которые он регулярно устраивал в Крыму по выходным для студентов-практикантов. Мы знаем, что Б.В. Кукаркин писал рассказы, был великолепным рассказчиком и заядлым театралом, сам снимал кино и вообще проявлял незаурядный артистизм во всем. Он был

очень эмоциональным человеком, все принимал близко к сердцу.

Борис Васильевич награжден орденом Красной Звезды, двумя орденами Трудового Красного Знамени, медалями, удостоен других правительственных наград. В 1950 г. он стал лауреатом премии АН СССР им. Ф.А. Бредихина. Его именем названа малая планета № 1954.

15 сентября 1977 г., направляясь на заседание Ученого совета ГАИШ, где он должен был выступить, Борис Васильевич умер.

Созданные при активнейшем участии Б.В. Кукаркина научные коллективы продолжают исследования переменных звезд, структуры Галактики, звездных скоплений, работы по составлению каталогов переменных звезд. Научная школа, основанная Б.В. Кукаркиным и П.П. Паренаго, с 1993 г. получает грант Президента РФ в рамках Программы поддержки ведущих научных школ России.

Н.П. КУКАРКИНА,

А.С. РАСТОРГУЕВ,

доктор физико-математических наук

Н.Н. САМУСЬ,

доктор физико-математических наук

*ГАИШ МГУ, физический факультет МГУ,
ИНАСАН*

Информация

Измерены радиус и элементы орбиты экзопланеты

Астрономам впервые удалось непосредственно достаточно точно измерить диаметр экзопланеты (а так-

же длину экватора), принадлежащей к классу Суперземель, масса которых меньше Нептуна и Урана. Ею стала экзопланета Corot-7b (Corot-Echo-7b), открытая транзитным методом в феврале 2009 г. французской космической обсерваторией «Коро» («Corot»). Corot-7b оказалась самой маленькой из известных экзопланет, ее радиус составляет пример-

но 1,68 R_{\oplus} , большая полуось орбиты – 0,0172 а.е. и период обращения вокруг своей звезды – 20 ч (0,85359 земных суток). Эта экзопланета находится в созвездии Единорога на расстоянии примерно 500 св. лет от Земли.

Пресс-релиз Аризонского университета,
5 августа 2009 г.

Юрий Наумович Липский

(К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Выдающийся советский астроном-планетолог Юрий Наумович Липский внес огромный вклад в исследование Луны и планет с помощью АМС.



Ю.Н. Липский (1909–1978).

НАЧАЛО

Юрий Наумович родился 22 ноября 1909 г. в деревне Дубровно в Белоруссии в большой семье. Он был последним, восьмым ребенком. Мать умерла, когда ему исполнилось 14 лет. Отец работал конюхом. Заботу о семье взяла на себя старшая сестра Софья. В это время семья оказалась на охваченной Гражданской войной Украине, где во время перестрелок Юрий случайно был ранен осколком в плечо. Это было первое ранение будущего боевого офицера, прошедшего впоследствии долгий путь Великой Отечественной войны.

Рядом с Липскими жила семья инженера, куда часто приглашали Юру и где он пристрастился к чтению, поскольку мог пользоваться большой библиотекой. В будущем это сыграло решающую роль в стремлении Юрия к образованию. А пока в 1925 г. он поступил на вагоноремонтный завод, сначала учеником, затем освоил профессию электромонтера и получил самый высокий, седьмой, разряд. С теплотой и любовью даже в преклонные годы Юрий Наумович отзывался о своем первом жизненном наставнике – “дядьке Михайло”, который сыграл важную роль в его становлении и самообразовании. Ю.Н. Липский вспоминал, с какой отеческой заботой наставник выговаривал ему: “Что же ты, Юрку, пришел боком на завод, ты мог поранить ноги”. Купить обувь для многодетной семьи – серьезная проблема.

В 1932 г. при заводе была создана школа рабочей молодежи, в которой Юрий готовился в вуз. В 1933 г. он приехал в Москву и поступил на физический факультет МГУ, находившийся тогда в здании на Моховой. Здесь же был и биологический факультет, на котором училась Екатерина Ивановна Козлова, ставшая женой Юрия Наумовича в 1936 г. Годы самообразования и тяга к знаниям не прошли даром, и после окончания Университета в 1938 г. Ю.Н. Липского рекомендовали в аспирантуру, где он проходил подготовку под руководством академика В.Г. Фесенкова. После окончания аспирантуры в 1941 г. его назначили заведующим Кучинской астрофизической обсерваторией ГАИШ. Семья Юрия Наумовича, в которой было уже двое маленьких детей – Таня и Галя, – жила в одной комнате в Кучино, в бывших конюшнях имения Рябушинского, перестроенных в советское время под жилье.

ВОЙНА

Когда началась война, Ю.Н. Липский пошел, как многие сотрудники МГУ, в ополчение, из которого его отозвали для наблюдения солнечного затмения в сентябре 1941 г. В этом же году была опубликована первая работа Ю.Н. Липского – “О дифракционном методе исследования щели спектрографа”, написанная еще в мирное время.

Семью Липских эвакуировали в Ташкент. В феврале 1942 г. Юрия Наумовича вновь призвали в армию. Первые несколько месяцев службы он учился в филиале Военно-политической академии. Затем, уже в действующей армии, он занимал должности инструктора политотдела 309-й стрелковой дивизии и начальника 7-го отделения политотдела 1-й Гвардейской армии. В период битвы под Курском Ю.Н. Липский был инструктором политотдела стрелковой дивизии. Потом воевал на Днепре, освобождал Западную Украину, участвовал в сражениях на Воронежском и Украинском фронтах, а также в Польше, Чехословакии, Германии. Войну Юрий



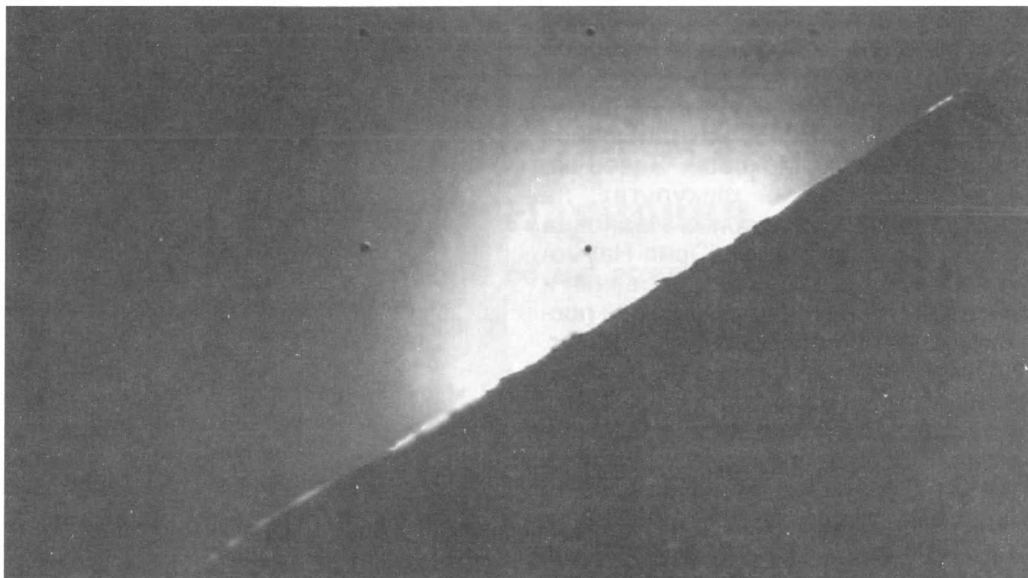
Гвардии майор Ю.Н. Липский перед демобилизацией из армии. 1945 г.

Наумович закончил в звании гвардии майора, на должности начальника 7-го отделения политотдела 1-й Гвардейской армии, был три раза ранен и контужен. Ю.Н. Липский награжден боевыми орденами: Красного Знамени, Отечественной войны I и II степени, Красной Звезды и медалями СССР. Демобилизовали его в сентябре 1945 г. по просьбе дирекции ГАИШ МГУ.

ЕСТЬ ЛИ У ЛУНЫ АТМОСФЕРА?

Первое время Юрий Наумович работал в ГАИШ МГУ ассистентом на кафедре. Одна из заслуженных сотрудниц ГАИШ и неизменная любимица студенческой молодежи на протяжении многих лет Н.Б. Григорьева вспоминала, как в коридорах обсерватории на Красной Пресне раздавался мелодичный звон шпор и входил бравый военный с великолепными усами. Так, оставаясь еще полувоенным человеком, Ю.Н. Липский возвращался к мирной жизни, научной работе.

Вскоре определились новые профессиональные интересы Юрия Наумовича, его глубоко заинтересовало



Свечение над лунным горизонтом после захода Солнца. Снимок сделан в 1966 г. АМС "Сервейер-1". Фото NASA.

явление поляризации света. Возможно, сказались традиционные направления научных исследований на Физическом факультете. Ю.Н. Липский усовершенствовал методику поляриметрических наблюдений, которую затем использовал при изучении Луны, планет, солнечной короны, дневного и сумеречного неба. Вскоре объектом его исследований стала Луна. В 1948 г. под руководством В.Г. Фесенкова он подготовил и защитил кандидатскую диссертацию на тему "Оценка массы лунной атмосферы по поляризационным исследованиям ее поверхности". Мнения специалистов о результатах этой работы долгое время оставались неоднозначными. Наблюдения, выполненные Ю.Н. Липским, приводили к выводу о существовании у Луны заметной газовой оболочки, что противоречило тогдашним (да и современным) представлениям о природе земного спутника. Противоречия окончательно разрешились лишь много лет спустя.

Результаты наблюдений Ю.Н. Липского оказались верными, но неточной была их интерпретация. Только через два десятилетия исследования, выполненные с поверхности Луны американскими АМС "Сервейер", позволили обнаружить свечение над лунным горизонтом во время местного восхода или захода Солнца. Причина этого явления – аэрозольная составляющая (мелкие частицы пыли, взвешенные над лунной поверхностью благодаря статическим электрическим зарядам). Но ведь тонкая фракция аэрозолей может давать такой же поляризационный эффект, как и газовая оболочка определенной плотности. Так подтвердилась реальность обнаруженного Ю.Н. Липским эффекта, хотя атмосферы с такой плотностью, как можно было предполагать по поляризационным наблюдениям, у Луны не оказалось.

После защиты диссертации Юрий Наумович был переведен на должность старшего научного сотрудника, а в 1953 г. стал заведующим лабораторией фотометрии и спектроскопии ГАИШ. Во время строительства нового здания ГАИШ на Ленинских горах он фактически возглавлял комиссию по оборудованию Инс-



Ю.Н. Липский демонстрирует первый в мире глобус Луны сотрудникам ГАИШ М.У. Сагитову, Ю.П. Псковскому и Н.Б. Григорьевой. 1960 г.

титута, представлял его в научно-техническом совете МГУ.

Большинство научных работ Ю.Н. Липского этого периода посвящены разработке поляриметрической методики исследования. В течение ряда лет он вел преподавательскую работу в МГУ, читал часть курса теоретической физики для астрономов. В 1958 г. Юрий Наумович с сотрудниками исследовал спектральные поляризационные особенности дневного и сумеречного неба по программе Международного геофизического года. Ю.Н. Липский – автор новых спектрофотометрических и поляризационных методов, позволивших выявить многочисленные эффекты, связанные с поляризацией света лунной поверхности и солнечной короны. Он разработал новые методы спектрофотометрических исследований, в том числе метод, основанный на поляризационно-спект-

рофотометрических измерениях. Позднее это направление получило развитие в работах одной из первых учениц Ю.Н. Липского – Л.Н. Бондаренко. В начале 1960-х гг. под его руководством аспирант М.М. Поспергелис сконструировал электронный поляриметр для измерения вектора Стокса, изучения эллиптической поляризации лунных деталей, облачного покрова Юпитера и Сатурна. Долгое время эти уникальные работы не имели мировых аналогов.

ТАЙНА ОБРАТНОЙ СТОРОНЫ ЛУНЫ

Звездный час в судьбе Ю.Н. Липского наступил накануне его пятидесятилетия: 7 октября 1959 г. советская АМС «Луна-3» сфотографировала восточную часть невидимого с Земли полушария Луны. По предложению академика С.П. Королёва Юрий Наумович стал одним из руководителей работ по изучению фотографий обратной стороны Луны. Он разработал и применил новую методику изучения снимков, в оригинале имевших множество помех. В то время не было необходимой ком-

пьютерной техники, которая теперь с легкостью позволяет решать подобные задачи. Ю.Н. Липский использовал собственную методику многократного фотографического маскирования. Применение такой методики позволило значительно повысить дешифровочные возможности изображений и выявить около 500 образований на неизвестной ранее части лунной поверхности.

В 1960 г. совместно с ЦНИИГАиК была составлена первая в мире карта обратной стороны Луны, а затем и ее первый глобус. Появились новые названия лунных образований: *Море Москвы* и *Море Мечты*, *Залив Астронавтов*, *кратеры Циолковский, Курчатов, Менделеев, Лобачевский, Джордано Бруно, Жюль Верн, Пастер*. По материалам этих исследований издана первая часть “Атласа обратной стороны Луны” под редакцией Н.П. Барабашова, А.А. Михайлова и Ю.Н. Липского. Эти работы получили международное признание.

В 1963 г. Юрию Наумовичу присвоена ученая степень доктора физико-математических наук. В 1964 г. по представлению С.П. Королёва в ГАИШ МГУ создали Отдел физики Луны и планет, возглавленный Ю.Н. Липским. Научные интересы нового подразделения отличались разнообразием: от астрофизических исследований планет и солнечной короны до разработки новых методов изучения тел Солнечной системы с помощью космической техники.

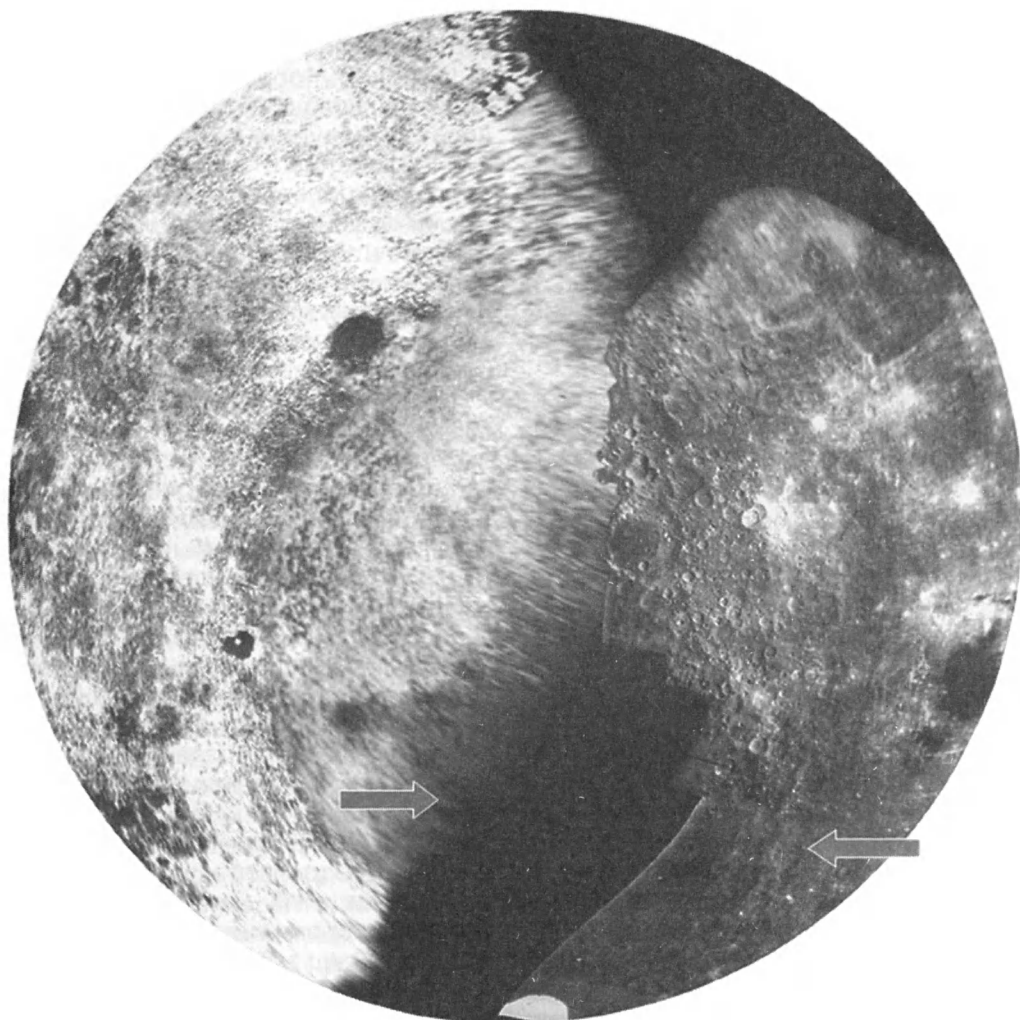
КТО ОТКРЫЛ КРУПНЕЙШИЙ В СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЕ КРАТЕР?

Западная часть обратной стороны Луны оставалась неизвестной до июля 1965 г., когда советская АМС “Зонд-3” сфотографировала эту область и передала фототелевизионные изображения на Землю. Ю.Н. Липский, теперь уже правительственным решением, был уполномочен руководить работами по изучению новых снимков, созданию первой в мире “Полной карты Луны”, нового глобуса и второй части

“Атласа обратной стороны Луны”. Руководимая им межведомственная группа создала единую координатную основу всего лунного шара. Сотрудники Отдела физики Луны и планет составили фотокарту обратного полушария Луны и каталог более 3 тыс. новых образований.

В результате анализа съемок АМС “Луна-3” и “Зонд-3” стало ясно, что Луна асимметрична по распределению площадей, занятых базальтовыми излияниями – морями, расположенными преимущественно на видимой стороне. На обратной стороне были выявлены крупные кольцевые депрессии, не заполненные базальтовыми лавами, диаметром 400 – 600 км. Экспресс-обработку изображений, поступавших с борта станций, проводила группа сотрудников ГАИШ МГУ в помещении, соседнем с кабинетом С.П. Королёва в ОКБ-1. Периодически он приглашал “команду Липского” к себе и выслушивал доклады о текущем положении дел. В таких “оперативках” активно участвовали ближайшие сподвижники С.П. Королёва – К.Д. Бушуев, В.П. Цыбин, Б.В. Раушенбах и др. После приема всех материалов с борта станции “Зонд-3” начался этап их обработки и оформления в виде изданий, получивших всемирную известность. На этом этапе тоже часто требовались вмешательство и помощь Главного конструктора. Позвонив однажды Ю.Н. Липскому, Сергей Павлович предупредил, что на несколько дней ложится в больницу, а как только вернется, очередной сложный организационно-финансовый вопрос будет “сдвинут”. Но через несколько дней, 14 января 1966 г., Сергей Павлович скончался...

Впоследствии одному из кратеров диаметром 460 км на обратной стороне Луны, обнаруженному по изображениям, переданным с борта АМС “Зонд-3”, присвоили название *Королёв* в честь Главного конструктора ракетно-космической техники. Полет “Зонда-3” стал последним экспериментом по исследованию далекого космоса, осуществленным при жизни Сергея Павловича.



Мозаика фотографий Луны, выполненная канадским ученым Ф. Стуком. Слева – перепроецированное на сферу изображение, переданное с АМС “Луна-3”, справа – перепроецированное изображение с АМС “Зонд-3”. Стрелками указаны внешние границы бассейна Южный полюс – Зйткен.

С.П. Королёв неожиданно ушел из жизни в самый разгар работ над материалами съемок “Зонда-3”. Он постоянно и активно интересовался научными исследованиями Луны. Многие организационные вопросы и проблемы, связанные с материальной и финан-

совой поддержкой работ, проводимых Ю.Н. Липским и его коллегами, решались при действенном вмешательстве С.П. Королёва. После смерти С.П. Королёва создавалась сложная ситуация с выполнением комплекса работ, руководимых Юрием Наумовичем. Новое начальство ОКБ-1 в отличие от С.П. Королёва не интересовалось научной стороной проблемы. Тесное сотрудничество разработчиков лунной космической программы с исследователями Луны прервалось.

В этот трудный период кооперацию ученых из Москвы, Киева, Харькова и Ленинграда, созданную под руковод-

ством Ю.Н. Липского, стал поддерживать другой пионер и корифей космических исследований в нашей стране, Главный конструктор ракетных двигателей академик В.П. Глушко. Будучи не только выдающимся создателем самых мощных в мире ракетных двигателей, но и не менее выдающимся ученым со стратегическим складом мышления, В.П. Глушко прекрасно понимал всю важность фундаментальных научных исследований для определения целей и задач космических проектов. Благодаря поддержке В.П. Глушко в 1967 г. была успешно завершена подготовка второй части “Атласа обратной стороны Луны”, первой в мире “Полной карты Луны” и полного глобуса Луны. Все последующие годы, вплоть до смерти Ю.Н. Липского, Валентина Петровича и Юрия Наумовича связывали тесные, плодотворные отношения.

Как это ни странно, при совместном анализе результатов съемок АМС “Луна-3” и “Зонд-3” повторилась история с исследованием лунной атмосферы. Ю.Н. Липский и его сотрудники находились в шаге от нового открытия. Еще в 1960 г. обширная темная область в юго-восточной части на изображении обратной стороны Луны приняли за фрагмент значительного по размерам образования, получившего название Море Мечты. Восточный край этой структуры уходил за край видимого диска. На снимках, полученных в 1965 г. в зоне терминатора на западной окраине сфотографированной области просматривались очертания крупного кольцевого образования. Только годы спустя канадский исследователь Филипп Стук, пользуясь современной техникой, совместил в одной проекции оба изображения и обнаружил четкие очертания самой крупной кольцевой структуры в Солнечной системе, известной теперь как *бассейн Южный полюс – Эйткен*.

Сегодня этому образованию, его структуре и природе посвящены многие научные исследования. Пользуясь новейшими материалами, ученики Ю.Н. Липского В.В. Шевченко, В.И. Чикма-

чѐв и С.Г. Пугачѐва установили, что диаметр бассейна превышает 3 тыс. км (!), а “ударник”, образовавший эту уникальную впадину, принципиально относится к другому семейству тел Солнечной системы, нежели “ударники”, благодаря падению которых возникли другие крупные бассейны на Луне. Ну а тогда, в 1965 г., присущая Ю.Н. Липскому щепетильность в научных вопросах не позволила ему и его ближайшим сотрудникам объявить о сенсационном открытии.

В 1975 г. под научным руководством Ю.Н. Липского вышла в свет третья, заключительная, часть “Атласа обратной стороны Луны”. В коллективной монографии подведены итоги глобального обзора Луны, основанного на фотографиях АМС “Зонд-6, -7, -8” и американских космических аппаратов. В книге приведены фотосхемы и яркостные карты, выполнено сравнение каталогов опорных пунктов на обратной стороне Луны, составленных в ГАИШ МГУ, МИИГАиК, ИКИ АН СССР и Топогеодезической службе СССР. Один из разделов Атласа был посвящен созданию “Единой системы селенодезических координат 2900 точек на видимом полушарии, отнесенной к центру масс и главным осям инерции”, которую разработал В.А. Никонов. Значительное место в Атласе отведено результатам фотометрического анализа космических снимков обратной стороны Луны с использованием усовершенствованного в ГАИШ метода получения фотометрических разрезов.

При выполнении данной работы Юрий Наумович уделял особое внимание созданию нового оборудования. По его инициативе в КБ, руководимом В.П. Глушко, изготовили специальные сферические экраны с высокоточной сетью меридианов и параллелей, снабженные уникальным проекционным оборудованием. Эти установки использовались в Отделе физики Луны и планет для привязки космических снимков в одной системе координат и выправления перспективных искажений на них. Уже после смерти Юрия Наумовича с

Н. Армстронг, первый человек, побывавший на Луне, оставляет автограф на глобусе, изданном ГАИШ МГУ. 1970 г.

помощью такого сферического экрана изображения поверхности Марса были преобразованы в глобусную проекцию, и нам удалось подготовить и выпустить (1990) первый в нашей стране глобус Марса.

НОВЫЕ ШАГИ В ЛУННОЙ КАРТОГРАФИИ

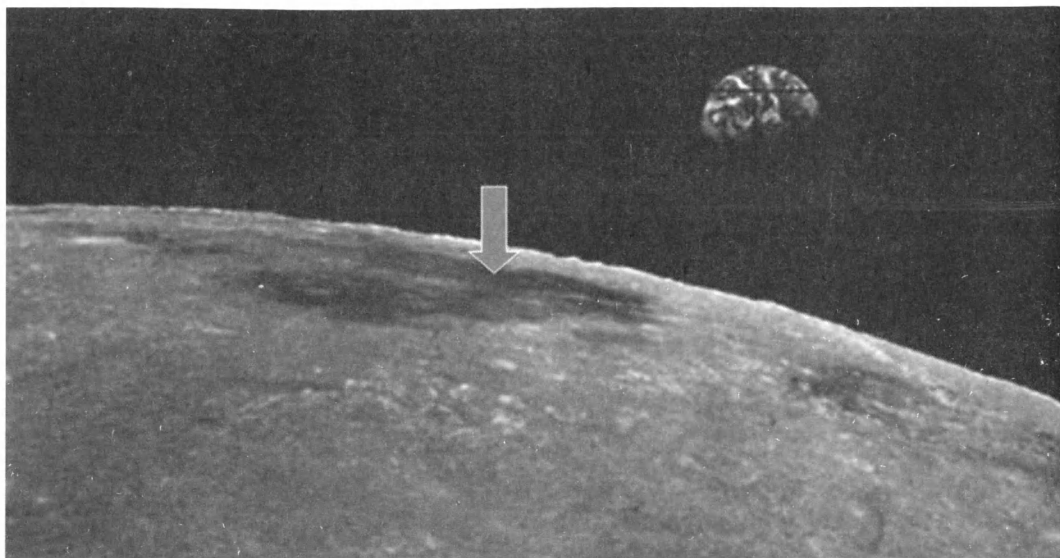
Работами по картографированию Луны Ю.Н. Липский руководил до последних дней своей жизни. ГАИШ МГУ и Топогеодезическая служба СССР подготовили и издали Фотокарту видимого полушария Луны масштаба 1 : 5 млн, были выпущены три издания “Полной карты Луны” на девяти листах масштаба 1 : 5 млн, четыре издания глобуса Луны масштаба 1 : 10 млн, совместно с ЦНИИГАиК создана карта экваториальной части видимого полушария в масштабе 1 : 1 млн на семи листах, неоднократно переиздавалась настольная карта Луны на одном листе в масштабе 1 : 10 млн. До этого лунные карты в нашей стране профессионально не составлялись. Под руководством Ю.Н. Липского сформировалась отечественная школа лунно-планетной картографии. Ведущим специалистом в этой области стала Ж.Ф. Родионова, ученица Ю.Н. Липского. В ее работах заложены основы составления карт Луны различного масштаба и назначения. Благодаря ежегодным курсам лекций по планетной картографии, которые Ж.Ф. Родионова читала студентам Географического факультета МГУ, появилось новое поколение лунных картографов, успешно работающих в разных областях науки и техники.

Лунные карты и глобусы, созданные в ГАИШ МГУ, получили международную известность и признание. Во время зарубежных визитов космонавты первого, гагаринского, набора часто дарили руководителям стран, которые



посещали, наши картографические произведения, ведь тогда был самый разгар лунной гонки. Немногим известен такой факт. В период подготовки полетов на Луну по программе “Аполлон” руководитель этого проекта Вернер фон Браун через АН СССР обратился в ГАИШ МГУ с просьбой выслать ему полный набор лунных карт. Получив их, В. фон Браун не только поблагодарил создателей этих материалов, но и высоко оценил качество наших лунных карт. Трудно сказать, в какой степени карты, созданные в ГАИШ, использовались при осуществлении программы “Аполлон”, но Н. Армстронг при посещении МГУ год спустя после своего лунного полета оставил автограф именно на нашем лунном глобусе.

Последнюю работу Ю.Н. Липского, вышедшую при его жизни, “Картографирование Луны” (в соавторстве с Ж.Ф. Родионовой), опубликовали в сборнике “Успехи Советского Союза в исследовании космического пространства (1967–1977 гг.)”. Это был подробный



Район размещения обитаемой лунной базы внутри Моря Восточного (отмечен стрелкой). Он выбран в 1980 г. сотрудниками ГАИШ МГУ и утвержден Генеральным конструктором В.П. Глушко.

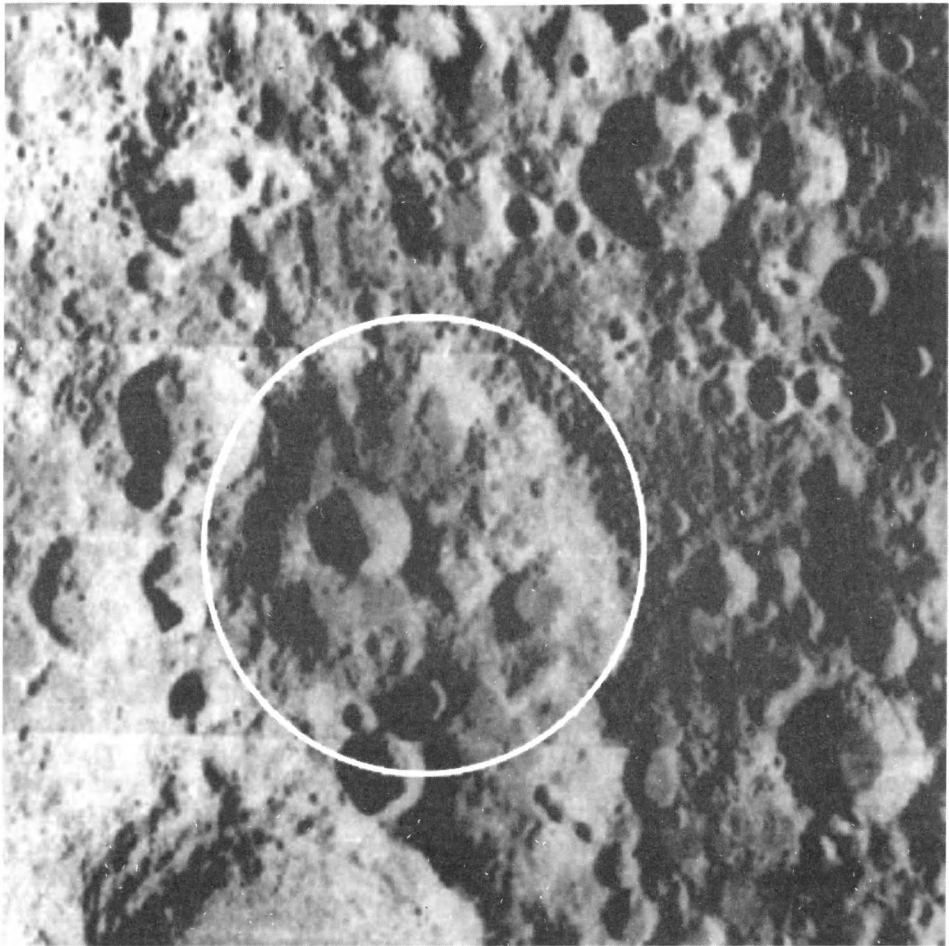
обзор всех лунных картографических работ, выполненных в период наиболее интенсивных исследований Луны с помощью космических средств.

ОТ ЛУНОХОДОВ К ПРОЕКТУ ЛУННОЙ БАЗЫ

Начало 1970-х гг. отмечено еще одной вехой в жизни и научной деятельности Ю.Н. Липского – это время сотрудничества с выдающимся конструктором автоматических межпланетных станций Г.Н. Бабакиным. Наши сотрудники М.М. Поспергелис, В.В. Новиков и другие участвовали в испытаниях моделей “Лунохода” на лавовых полях Камчатских вулканов. Под руководством Ю.Н. Липского поставлен и проведен фотометрический эксперимент на самоходном аппарате “Луноход-2”, технический руководитель этого проекта – О.Г. Ивановский. С помощью простого приспособления (внешнего эталона отражательных свойств) удалось фотометрическим методом определить распространение пород, обогащенных железом, в местах съемок круговых панорам. Юрий Наумович

давно знал и неоднократно сотрудничал с этим выдающимся инженером-конструктором в области космической техники. О.Г. Ивановский успешно работал в Военно-промышленной комиссии Совета Министров, часто помогал Ю.Н. Липскому решать организационные вопросы в процессе выполнения постановления правительства о создании серии лунных картографических материалов. При содействии О.Г. Иванова подготовлен расширенный и усовершенствованный фотометрический эксперимент на следующем самоходном аппарате. Но программу остановили, “Луноход-3” не запустили, так что новые идеи Ю.Н. Липского и его сотрудников не были реализованы.

Когда В.П. Глушко в должности Генерального конструктора возглавил НПО “Энергия”, возобновилась тесная кооперация предприятия с учеными. В комплексном проекте создания обитаемой лунной базы В.П. Глушко поручил Ю.Н. Липскому и его сотрудникам астрономическое обеспечение всех работ, в частности выбор места будущего базирования. На космических стапелях



Кратер Липский (отмечен кружком) в центре обратного полушария Луны.

уже стояла самая совершенная ракета нашего времени – “Энергия”. По замыслу В.П. Глушко, именно этот носитель должен был стать основой транспортной системы при создании обитаемого аванпоста на Луне.

Группа Ю.Н. Липского предложила несколько вариантов размещения исследовательской базы на лунной поверхности. В.П. Глушко утвердил вариант восточной окраины Моря Восточного. Благодаря тому что этот район находится в либрационной зоне, возникает

ряд преимуществ. При наименьшей величине западной либрации Земля для лунного наблюдателя заходит за местный горизонт, и наступает благоприятный период для радиоастрономических наблюдений, не искажаемых помехами со стороны такого мощного источника излучений, как наша планета. В случае наибольшей величины либрации Земля высоко поднимается над горизонтом и наступает период прямой видимости, наиболее благоприятный для связи с наземными станциями слежения, передачи научно-технической информации.

К сожалению, самая мощная в мире и самая совершенная РН “Энергия”, уже первый испытательный запуск которой в 1987 г. оказался успешным, не применялась для осуществления задуманной

В.П. Глушко программы. К этому времени Юрия Наумовича уже не было в живых. Он скончался 24 января 1978 г. В 1989 г. скончался и В.П. Глушко. Эпоха титанов уходила.

эпилог

Ю.Н. Липский сумел создать коллектив, в котором каждому сотруднику выделялось свое поле деятельности. Его неподдельный интерес к результатам работ своих подчиненных стимулировал получение новых результатов, а направления исследований, заложенные им, продолжают оставаться актуальными и в настоящее время. Старшее поколение сотрудников ГАИШ неоднократно с благодарностью вспоминало общественную деятельность Юрия Наумовича в разные годы.

В ярких автобиографических очерках, объединенных в сборнике “Эшелон”, член-корреспондент АН СССР И.С. Шкловский, один из самых известных наших астрофизиков, красочно описал один из эпизодов “лихих” предвоенных лет. Будучи членом парткома Физического факультета, Ю.Н. Липский не дал хода ложному доносу на И.С. Шкловского и тем самым спас его от возможной гибели. В другом слу-

чае, занимая вместе с Г.Ф. Ситником и К.А. Куликовым руководящее положение в партийной организации Института, Ю.Н. Липский решительно выступил против развертывания кампании политических репрессий по отношению к астрономам ГАИШ. В Пулковской обсерватории весь цвет астрономической науки был или уничтожен или отправлен в сталинские лагеря, но никто из астрономов ГАИШ в эти мрачные годы не был репрессирован. По-видимому, только те, кто жил тогда, в полной мере осознают, что подобную гражданскую позицию можно было занимать лишь рискуя собственной жизнью.

Несмотря на всю широту своих научных интересов и на многие значительные результаты, полученные в различных областях практической астрофизики, имя Ю.Н. Липского в истории мировой науки прежде всего связывается с одним из величайших событий XX в. – исследованием загадочной обратной стороны Луны. Международный астрономический союз назвал именем Ю.Н. Липского кратер, расположенный в самом центре невидимого полушария Луны.

В.В. ШЕВЧЕНКО,
доктор физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Информация

«Гибрид астероида и кометы»?

Британские астрономы Европейской Южной Обсерватории (ESO) считают, что они нашли в Солнечной системе новый класс малых небесных тел, который по-видимому, представляет со-

бой «гибрид астероида и кометы». В 1996 г. в Главном поясе астероидов было обнаружено необычное небесное тело 133P, весьма похожее на комету с небольшим хвостом. Ученые предположили, что это случайно попавшая в гравитационную «западню» комета. За прошедшие годы в Главном поясе астероидов астрономы выполнили 657 наблюдений 599 астероидов. Использовались крупные наземные телескопы, включая Кекк

II (Мауна Кеа на Гавайях). При этом нашли новый объект 176P/LINEAR, очень похожий на 133P. Объект 176P/LINEAR причислили к новому классу малых тел Солнечной системы. Основываясь на ранее проведенных исследованиях, ученые заключили, что между орбитами Марса и Юпитера должно быть не менее 100 таких небесных тел.

Пресс-релиз ESO, 6 августа 2009 г.



Международный полярный год 2007–2008: вклад России

В.М. КОТЛЯКОВ,

академик

Институт географии РАН

Е.И. ФРОЛОВ,

доктор географических наук

Арктический и Антарктический Институт Росгидромета

1 марта 2009 г. официально завершился Международный полярный год, фактически продолжавшийся на протяжении двух лет, с марта 2007 г. Это было грандиозное научное предприятие, хорошо организованное, привлекшее внимание многих стран и множество ученых. В нашей стране главные исследования по этой программе вели два ведомства – Российская академия наук и Росгидромет, и прежде всего Арктический и Антарктический научно-исследователь-

ский институт. Эти работы в России возглавлял Национальный комитет по проведению Международного полярного года, а в международном масштабе исследования координировались Объединенным комитетом по Международному полярному году 2007–2008, созданным совместно Международным советом по науке (ICSU) и Всемирной метеорологической организацией (WMO).

Еще до официально-го начала Международного полярного года

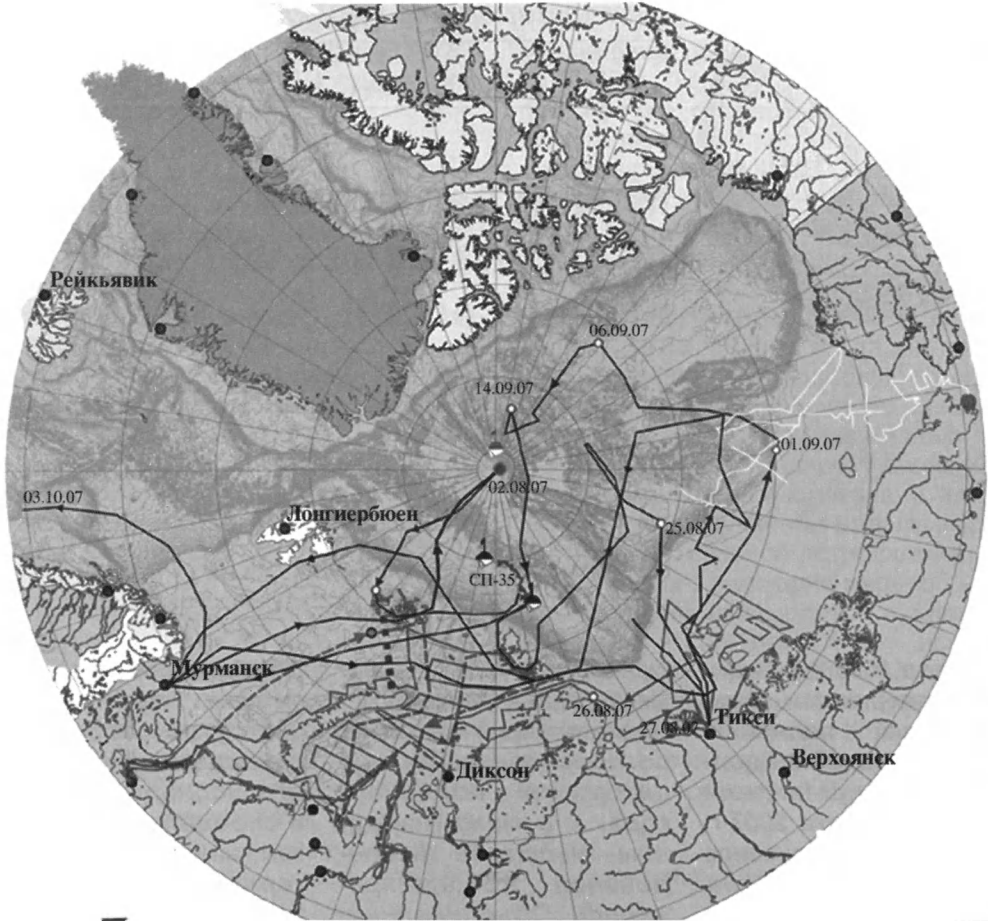
Объединенный комитет провел кропотливую работу по отбору международных проектов для исследований МПГ и определил около 200 так называемых кластерных проектов, покрывающих все утвержденные направления исследований, а также проблемы обучения и пропаганды полярных знаний. Большинство этих проектов получили национальное, а в некоторых случаях международное финансирование и успешно выполнялись.

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОССИИ

В течение двух с лишним лет проводились скоординированные наблюдения в Арктике и

Антарктике с использованием современных систем мониторинга, а также специальные эксперименты на морских судах, станциях и базах, применялись автоном-

ные средства наблюдений и средства космического зондирования. Была усовершенствована существующая система сбора ледовой, гидрометеорологической и



- ← — Маршруты НИС: "Ак. Федоров"
- ← — "М. Сомов"
- ← — "И. Петрова"
- ← — г/с "Север"
- ← — "Ф. Нансен"
- ← — "Ак. Буйницкий"
- ☞ — СП-35
- ☞ — Российский лагерь Барнео
- — место встречи НИС "Ак. Федоров" и "М. Келдыш" (05.08.07)
- — район работ глубоководного аппарата "Мир"

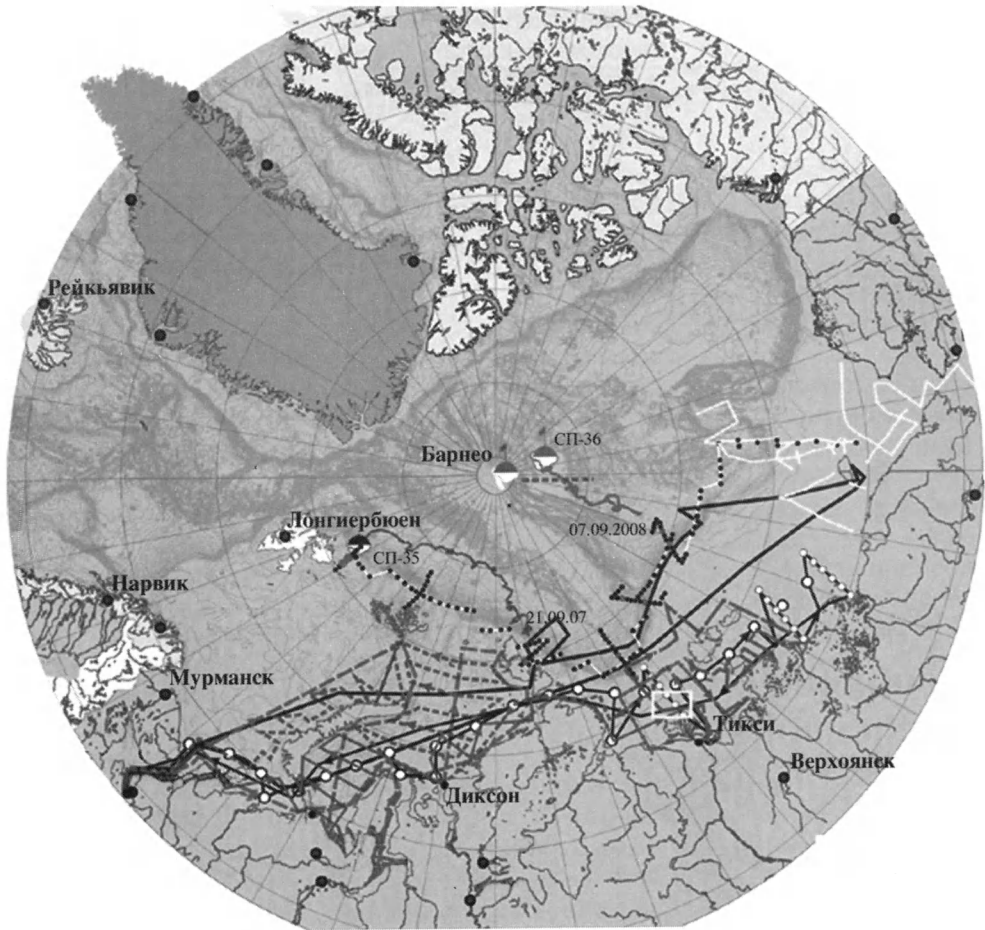
Маршруты российских морских экспедиций в Арктике в 2007 г. (а) и 2008 г. (б).

геофизической информации с использованием космических, специализированных автоматизированных технических

средств и наземных наблюдений в Арктике и Антарктике, проведены комплексные высокоширотные арктические экспедиции, усилена деятельность Российской антарктической экспедиции.

В 2007–2008 гг. выполнен комплекс природных

исследований. Тематика работ включала изучение состояния природной среды, исследование климата и палеоклимата полярных областей, атмосферы, морской среды, криосферы, литосферы, околоземного космического пространства, а также экосистем полярных областей.



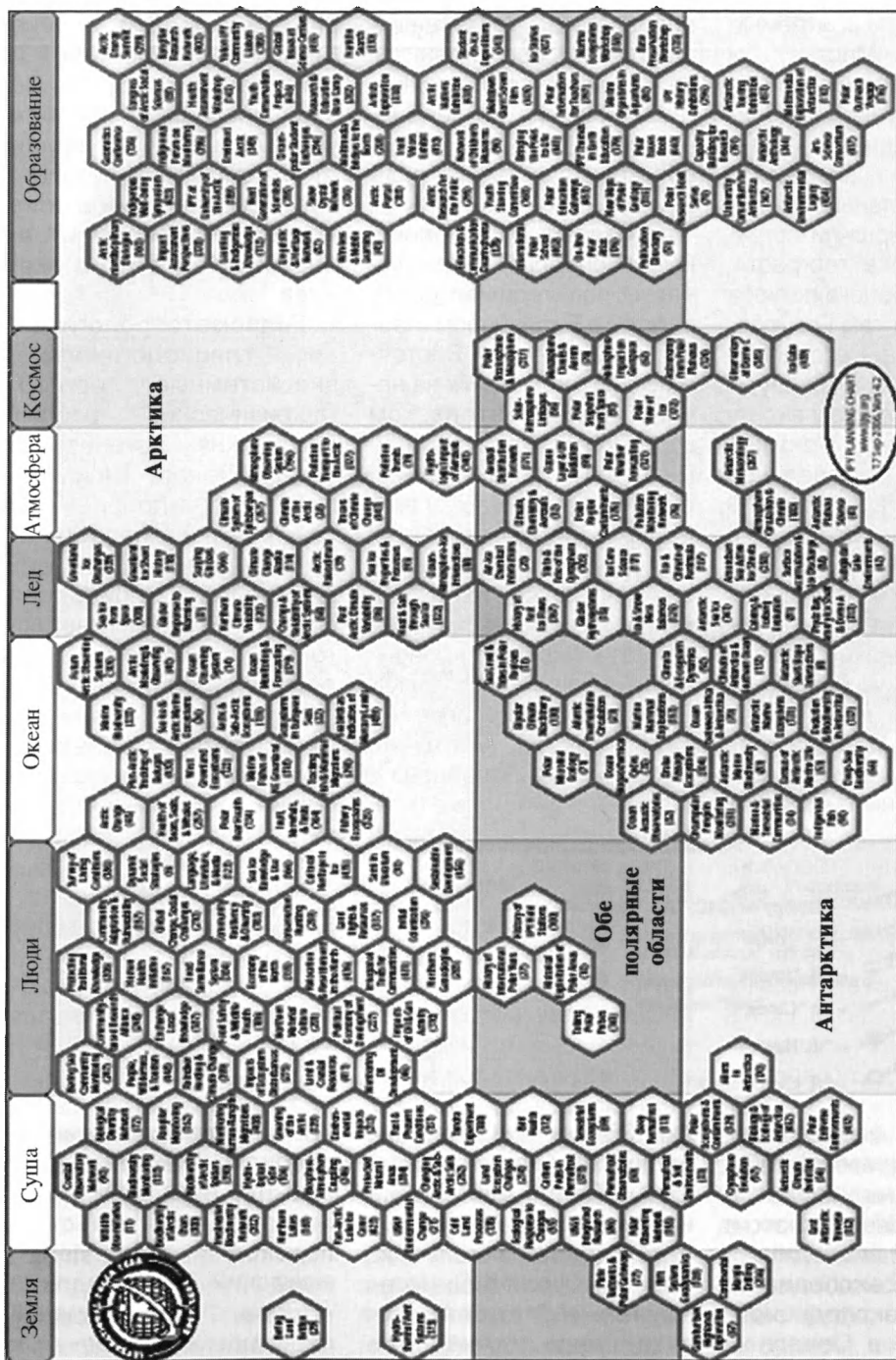
- Маршруты НИС: «Ак. Федоров»
- «М. Сомов»
- «И. Петров»
- г/с «Север»
- «Ф. Нансен»
- «Я. Смирницкий»

- дрейф СП-35
- дрейф СП-36
- Российский лагерь Барнео
- ПОЛЭКС
- район работ экспедиции «Польня-2008»

В 2007 г. в соответствии с программой МПГ в России организовано и проведено 87 морских и сухопутных экспедиций, в 2008 г. – 72 экспедиции. Основные экспедиционные работы в Северном Ледовитом океане, где работали дрейфующие станции «Северный по-

люс-35» и «Северный полюс-36», французская яхта «Тара», российские научно-экспедиционные суда «Академик Фёдоров» и «Михаил Сомов», научно-исследовательские суда «Академик Буйницкий», «Академик Мстислав Келдыш», «Фритьоф Нансен»,

«Иван Петров», «Север», ледокол «Капитан Драницын»; немецкий научно-исследовательский ледокол «Polarstern», шведский ледокол «Oden», американские ледоколы «Healy» и «Amundsen», польское научно-исследовательское судно «Oceania»,



Ячейчатая схема. Демонстрирующая перечень всех проектов Международного полярного года 2007–2008 и их соотношение с полярными регионами и областями знаний.

норвежское «Yan Maeyn» и др.

2 августа 2007 г. глубоководные обитаемые аппараты «Мир-1» и «Мир-2», базировавшиеся на борту научно-экспедиционного судна «Академик Фёдоров», впервые в истории полярных исследований совершили погружение в точке географического Северного полюса и установили там Государственный флаг Российской Федерации. Маршруты российских морских экспедиций прошли в Арктике. Некоторые экспедиции были международными. В их составе работали российские, американские, канадские, норвежские, шведские, немецкие, французские, польские, китайские и японские ученые.

Получила дальнейшее развитие наблюдательская сеть в Арктике: модернизированы 23 российские полярные станции, восстановлены регулярные аэрологические и геофизические наблюдения, проведены пуски метеорологических ракет. Росгидромет совместно с НОАА (США) создал гидрометеорологическую обсерваторию со спутниковой антенной «Митра» в пос. Тикси, а в Санкт-Петербурге оборудован пункт приема и передачи данных с этого спутника.

В рамках эксперимента ПАЛЭКС (Институт океанологии РАН и ААНИИ) на временной дрейфующей ледовой базе, работавшей в приполюсном районе Ар-

ктического бассейна, выполнен комплекс наблюдений, который включал водолазные подледные работы по сбору планктона, а также комплексные геохимические исследования морского льда и воды, потоков вещества из льда в воду.

Проведены комплексные исследования, включая геолого-геофизические работы в Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях на научно-исследовательском судне Росгидромета «Иван Петров» в летний период по программе «Баркалав». С борта ледокола «Капитан Драницын» исследованы процессы трансформации атлантических вод на материковом склоне и примыкающей части океанского ложа в районе морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Баренцева и определена их роль в формировании современных климатических изменений в Арктике.

Изучены системы полыней и фронтальных разделов в море Лаптевых как индикаторов состояния и климатической изменчивости природной среды морей сибирского шельфа. Впервые в этом районе зафиксировано отепляющее влияние в придонном слое атлантических вод, проникающих из северных районов моря Лаптевых (экспедиция «Полынья-2008/Транс-дрифт-ХIII»).

Данные, полученные российскими и американ-

скими учеными в экспедиции «Русалка-2008», продолжили многолетний ряд наблюдений в зоне Берингова пролива и прилегающих морей. По этой программе получен уникальный материал для понимания процессов, протекающих в зоне водообмена Тихого и Северного Ледовитого океанов.

Гидрометеорологические, гляциологические, экосистемные, геолого-геофизические работы российских организаций на архипелаге Шпицберген и в его прибрежных водах были направлены на определение текущих изменений природной среды приатлантического сектора Арктики. Проведена оценка антропогенных воздействий на экосистемы архипелага. Установлено, что содержание основных групп загрязняющих веществ в компонентах природных сред в районе пос. Баренцбург характерно для районов развития угледобывающей промышленности и не является критическим.

Исследования уровней загрязнения снежного покрова на территории Республики Саха (Якутия) и Чукотского автономного округа, выполненные весной 2008 г., показали, что в восточной части Российской Арктики концентрации сажевого аэрозоля в снеге низки и не превосходят средних величин,

измеренных четверть века назад за пределами этой территории. Начаты работы по бурению мерзлотной скважины глубиной 200 м на берегу оз. Эльгыгытгын для выявления уникальных палеоклиматических характеристик Чукотки. Получены новые данные о происхождении и развитии дельты р. Лены и береговой зоны моря Лаптевых (экспедиция «Лена-2008»). Выявлено отсутствие значимых изменений в температурах и глубинах сезонного протаивания верхнего слоя многолетнемерзлых пород в дельте р. Лены за последние семь лет наблюдений.

Налажен мониторинг космических лучей в арктической атмосфере и на уровне моря. Наблюдаемые потоки заряженных частиц в земной атмосфере от уровня Земли до высот 30–35 км свидетельствуют о необычно глубоком и продолжительном текущем минимуме солнечной активности. Специалисты НПО «Тайфун» выполнили мониторинг стойких органических загрязнителей в атмосферном воздухе Российской Арктики.

Отдельный блок – оценка социально-экономических последствий изменений состояния окружающей среды полярных регионов, влияющих на жизнедеятельность коренного и пришлого населения Арктики, а так-

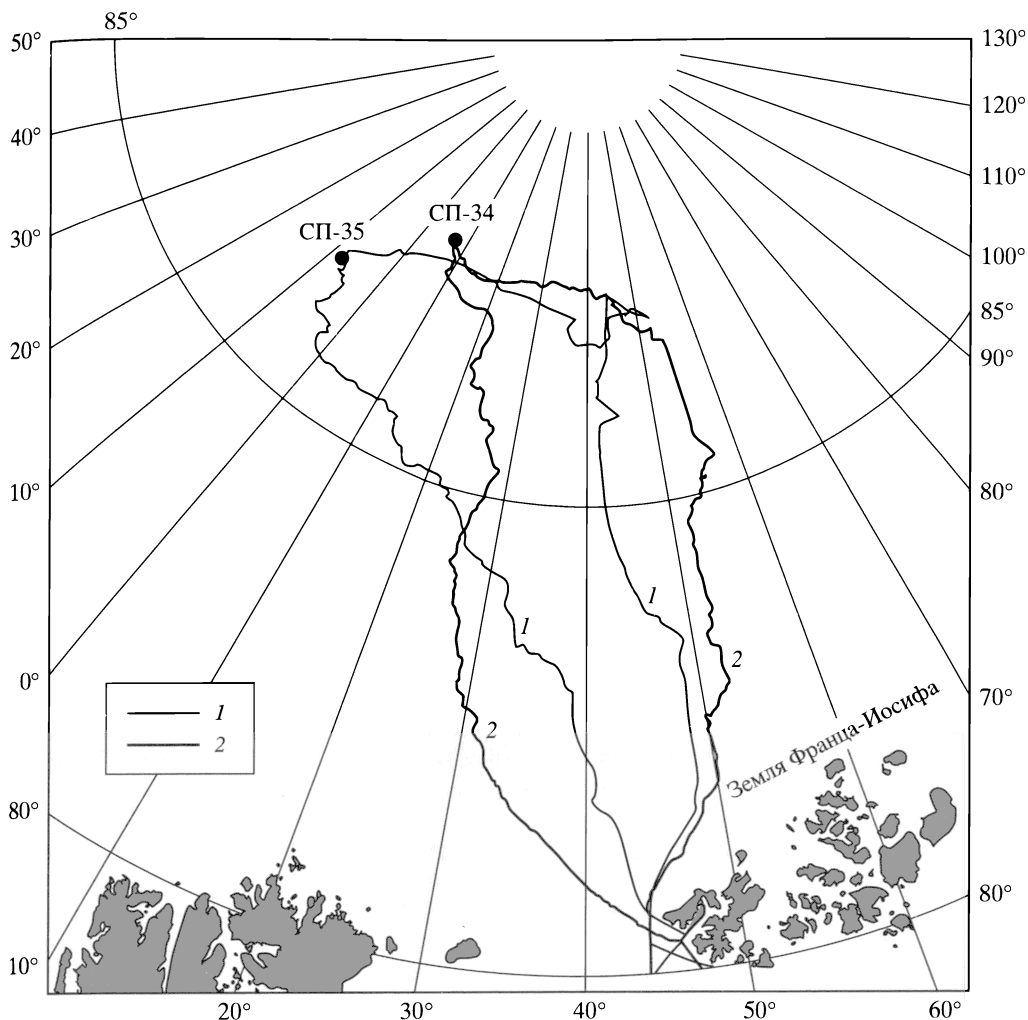
же выработка рекомендаций по учету условий меняющегося климата и состояния окружающей среды в интересах устойчивого социально-экономического развития в Арктике и обеспечения присутствия России в Антарктике.

В Антарктике выполнены экспедиционные работы по 24 полевым проектам. Они включали метеорологические измерения, исследования льда, атмосферной циркуляции, озонового слоя и ультрафиолетовой радиации, аэрозольной оптической толщины, изменчивости и трендов климатически значимых аэрозольных параметров в полярных районах, климата Антарктики и Южного океана. Исследованы взаимодействие вод антарктического склона и шельфа, линии тока льда, проходящие через подледниковое оз. Восток, изучены природа подледниковых озер Антарктиды, поверхностная аккумуляция и сток льда, влияние солнечной активности на изменения в атмосфере. Обнаружены импульсные сигналы неэлектромагнитной природы, воздействующие на «космическую погоду» в Антарктике. Изучалась эволюция и динамика экосистем в Антарктике и Южном океане в современных климатических условиях. Геологический аспект касался тектоники плит и полярных

океанических связей в истории Земли, происхождения, эволюции и положения подледных гор Гамбургцева. Изучались неизведанные антарктические территории. Особое внимание уделено проблемам обеспечения экологически чистого проникновения в подледниковое озеро Восток для его комплексного исследования.

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТОЯНИИ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

С началом потепления в Арктике в 1990-х гг. возрос интерес к изменениям в состоянии Северного Ледовитого океана. Организован ряд международных и национальных программ арктических исследований. В период МПГ 2007–2008 впервые после обширных советских исследований 1970-х гг. удалось охватить наблюдениями большую часть океана. Климат того времени характеризовался относительным похолоданием после потепления Арктики в 1930–1950-е гг. Океанографические наблюдения в период МПГ позволили оценить характеристики состояния водных масс на акватории почти всего Арктического бассейна в сравнении с климатическими значениями для 1970-х гг. Верхние слои океана заметно потеплели, нулевая изотерма поднялась на 20–80 м



Маршруты плавания атомных ледоколов «Сибирь» в мае 1987г. (1) и «Ямал» в мае 2006г. (2) с посещением дрейфующих станций СП-34 и СП-35.

относительно ее глубины в 1970-е гг. Вследствие этих изменений опресненный верхний слой уменьшился, и часть воды из этого слоя сместилась в сторону Гренландии и Канадского Арктичес-

кого архипелага, в результате усилился сток опресненной воды из Арктического бассейна через Канадские проливы. В условиях неопределенности последствий глобального потепления для океанического влияния на климат мониторинг поступления атлантической воды в Арктический бассейн – конечного звена североатлантической части глобального океанического «конвейера» –

приобретает особое значение.

Плавания во льдах позволили оценивать толщину ровных однолетних и старых льдов, среди которых обычно движется судно, обходя участки встарошенного льда. Изменение за период потепления максимальной толщины ровного льда, достигаемой в Арктическом бассейне в мае, можно получить из сравнения данных 1987 г.

и 2006 г. В мае 1987 г. наблюдения проводились с борта атомного ледокола «Сибирь» при эвакуации дрейфующих станций «Северный полюс», а в мае 2006 г. – с борта атомного ледокола «Ямал».

В мае 1987 г. старые (многолетние) льды наблюдались по меридиану 43° в.д. к северу от 83° с.ш., а в мае 2006 г. намного севернее – на 87° с.ш. Старые льды на пути плавания ледокола в мае 2006 г. составили 13%, в то время как в мае 1987 г. их количество достигало 36%. Средняя толщина однолетних льдов в 1987 г. – 183 см, в 2006 г. – 123 см, а многолетних – соответственно 256 и 240 см.

В период наблюдений на дрейфующих станциях «Северный Полюс-34» и «Северный Полюс-35» в 2006–2008 гг. получило подтверждение представление об активном воздействии сезонной трансформации морского льда в Арктике на увеличение амплитуды годовых колебаний концентрации CO₂ в атмосфере. Сокращение площади льда способствует большему поглощению углекислого газа водой океана.

ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ

В Институте физики атмосферы РАН сделаны модельные оценки изменений эмиссий метана в

атмосферу наземными экосистемами Северной Евразии. Для этого использовался модельный блок метанового цикла и результаты детальных расчетов климатических режимов с региональной моделью для современного периода и для середины и конца XXI в. при заданном сценарии антропогенных эмиссий. Общие тенденции увеличения эмиссий метана наземными экосистемами для европейской и азиатской частей России связаны с увеличением длительности теплого периода и с зависимостью интегрального выброса метана от температуры. Уточнены научные представления о балансе малых газовых и аэрозольных компонент атмосферы в высоких широтах над территорией Российской Федерации и основных определяющих его механизмах.

Аэрозольная составляющая атмосферы – один из основных климатообразующих факторов, непосредственно влияющих на приход к поверхности Земли солнечного излучения и, в некоторых случаях, на перераспределение теплового излучения в толще атмосферы. Поэтому был продолжен цикл многолетних спектральных фотометрических измерений солнечной радиации в Антарктике, и такие же наблюдения выполнены над акваторией Атлантического океана с борта

судна при его движении из Санкт-Петербурга к Антарктиде и обратно.

Измерения в Антарктиде интересны прежде всего тем, что эта область Земли, благодаря особенностям своего расположения, мало подвержена антропогенному загрязнению. Результаты исследования радиационных характеристик антарктической атмосферы и их изменений уникальны для анализа роли естественных и антропогенных факторов изменений климата. Судовые измерения дают пространственную картину распределения аэрозольной составляющей атмосферы над Атлантикой между 60° с.ш. и побережьем Антарктиды. Она формируется под воздействием как естественных, так и антропогенных нагрузок. В качестве характеристики ослабления солнечной радиации аэрозольными частицами во всем столбе атмосферы на разных длинах волн λ используется величина, называемая спектральной аэрозольной оптической толщиной (АОТ) атмосферы.

Пики на кривых АОТ, приходящиеся на летние антарктические сезоны 1982/1983 и 1991/1992 гг., связаны с последствиями извержений вулканов Эль Чичон в апреле 1982 г., а затем Пинатубо в июне и Хадсон в августе 1991 г. В этих случаях



Главное здание будущей Международной гидрометеорологической обсерватории в Тикси (а) и планируемая международная сеть гидрометеорологических обсерваторий в Арктике (б).

продолжалось уменьшение прозрачности атмосферы в Антарктиде на протяжении 1,5–2 лет. В межвулканические периоды измеряемые в Антарктиде величины аэрозольного ослабления солнечной радиации были одними из самых низких на Земле в целом и оставались стабильными в пределах их естественной изменчивости. Это свидетельствует о том, что атмосфера Антарктиды и по сей день практически не подвержена загрязнению аэрозолями антропогенного происхождения.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ В ТИКСИ

Вплоть до 1990 г. Советский Союз обладал самой большой сетью полярных метеорологических станций в Арктике. В эту сеть входило четыре арктические обсерватории, в которых проводились научные исследования атмосферы, ледяного покрова и гидросферы, а в обсерваториях на Земле Франца-Иосифа и в Тикси выполнялись ракетные исследования верхней атмосферы. С распадом СССР произошло резкое, более чем вдвое, сокращение сети полярных станций, а научная работа в обсерваториях практически прекратилась.

Новый импульс развития наблюдений на

арктическом побережье России пришлось на период последнего МПГ. В 2005–2006 гг. было принято решение о создании Гидрометеорологической обсерватории Росгидромета в Тикси при участии научных организаций США. Создание этой обсерватории – важный этап организации международной сети полярных станций для мониторинга долгосрочных изменений климата Арктики – включает в себя также полярные обсерватории на Аляске (мыс Барроу), Канадском Арктическом архипелаге (Алерт, Эврика), Шпицбергене (Нью-Олесун), Гренландии (Саммит) и в Скандинавии (Паллас и Абиско).

Выбор поселка Тикси в качестве местонахождения будущей обсерватории обусловлен рядом обстоятельств. У этой метеорологической станции одна из самых долгих история наблюдений среди арктических станций, она была открыта 12 августа 1932 г. С этого момента на станции выполнялись четырехразовые измерения атмосферного давления, температуры и влажности воздуха, осадков, толщины снежного покрова, продолжительности солнечного сияния, направления и скорости ветра, температуры поверхности почвы. Кроме этого визуально, а с 1967 г. инструментально

определялись дальность видимости, количество и формы облачности. В январе 1966 г. начаты 8-срочные метеорологические наблюдения. С января 1993 г. на станции проводятся измерения общего содержания озона в атмосфере. Геомагнитные наблюдения, организованные ААНИИ, выполняются на станции с 1956 г. В 1932 г. были начаты морские гидрологические наблюдения (регулярные измерения температуры и солености воды, а также наблюдения за уровнем моря), которые продолжают до настоящего времени. Начатые в 1932 г. регулярные исследования морфометрических характеристик припайных льдов и снежного покрова позволяют отслеживать таяние и нарастание ледяного покрова в течение всего года.

В рамках подготовки к открытию обсерватории в ААНИИ был выполнен анализ климатических изменений, происходивших в Северной Якутии в прошлом. Для этого были проанализированы ряды метеорологических наблюдений на метеостанциях Тикси, Юбилейное (Казачье) и Кюсюр. Для двух последних станций, расположенных к востоку и югу от Тикси, имеются практически непрерывные ряды данных с 1909 г., а для станции Кюсюр существуют отрывочные данные с 1820 г.

Пространственная сопряженность метеорологических процессов на полярных станциях Тикси, Кюсюр и Юбилейное была исследована по данным о температуре воздуха, атмосферном давлении и общей облачности за 1936–2007 гг. Оказалось, что уровень синхронных среднемесячных значений корреляции между этими станциями весьма высок (в основном выше 0,8), что позволяет ограничиться для последующих расчетов линейными уравнениями регрессии между ними. Анализ восстановленных рядов данных для Тикси не выявил значимого положительного тренда температуры воздуха за 1909–2007 гг. Его максимальное значение (в апреле) составило менее 0,09 °С за 10 лет. Напротив, отрицательные линейные тренды температуры достигали в ряде месяцев 0,18 °С/10 лет.

ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Российские и норвежские ученые выполнили совместно ряд проектов МПГ, направленных на изучение климатической системы Шпицбергена, припайных льдов во фьордах о. Западный Шпицберген, долгопериодных изменений уровня в скандинавских морях, уязвимости районов пастбищного оленеводства в условиях изменений кли-

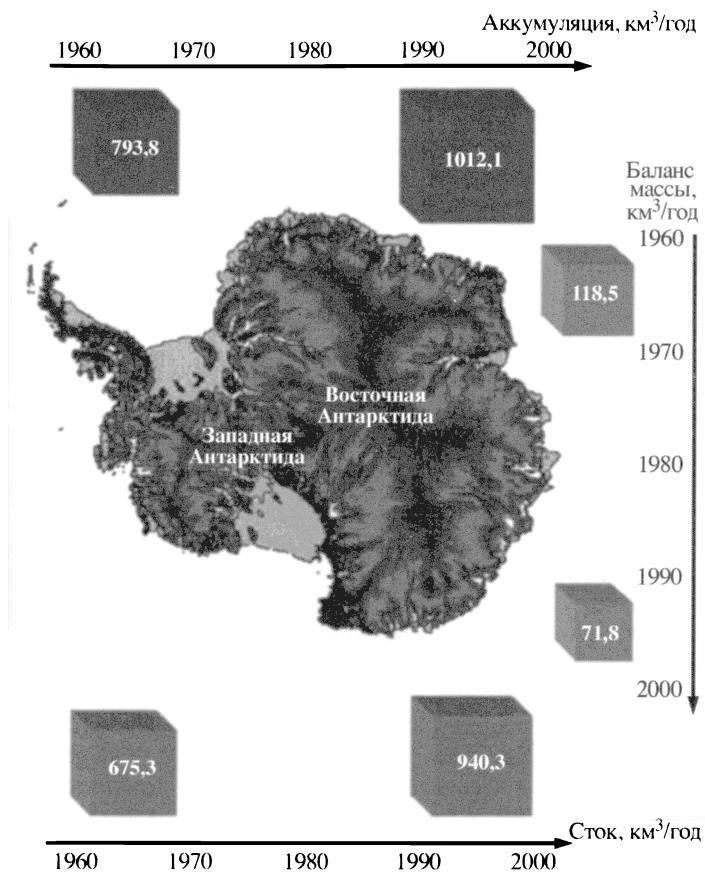
мата. Проведены большие экспедиционные работы по океанографии, гидрологии, гляциологии, метеорологии, палеогеографии, полярной медицине. Изучался водный баланс водосборного бассейна залива Грэнфьорд, выполнены интеркалибрационные исследования отечественных и зарубежных актинометрических датчиков.

Детально изучалось гидротермическое состояние и режим субполярных и теплых ледников. Установлены заметные изменения в геометрии и гидротермической структуре политермического ледника Фритьоф, произошедшие за период с 1977 по 2006 г. – до и после его последней подвижки в начале 1990-х гг. На политермическом леднике Ханс установлены заметные межгодовые и сезонные изменения в гидротермической структуре и содержании воды в нижнем слое теплого льда за 1988–2006 гг., а также тесная связь поверхностной скорости ледника с его гидротермической структурой и температурой воздуха в период таяния.

Получены данные о высоте поверхности, толщине льда, подледном ложе и гидротермической структуре ледникового плато Амундсена и в верховьях его выводных ледников. Установлено, что это плато заполняет межгорную долину пло-

щадью около 80 км², его толщина более 630 м и он состоит в основном из теплого льда, который на отдельных участках перекрыт слоем холодного льда толщиной до 250 м. При этом на ложе обнаружено пять участков с «плоским» ложем протяженностью до 1420 м, отражающие свойства которых заметно отличаются по амплитуде и характеру флуктуаций от прилегающих более крутых участков, а их положение совпадает с расчетными участками низкого гидравлического потенциала и может указывать на наличие слоя воды на ложе или даже скопления воды в углублениях ложа в виде неглубоких подледных озер. Более крупные подледные озера были обнаружены ранее только в Антарктиде на больших глубинах (ниже 3000 м).

В Институте географии РАН проанализированы состояние ледников Российской Арктики и их тенденции в последние десятилетия. Анализ данных по балансу массы ледников Российской и Канадской Арктики, Северной Америки, Шпицбергена, Скандинавии и ледникового покрова Гренландии показывает, что наблюдаемая сейчас убыль льда существенно зависит не только от поверхностного баланса массы ледников (климатическая составляющая), но и от интенсивности стока



Изменения аккумуляции, стока льда и баланса массы Антарктического ледникового покрова в 1960–2000 гг.

льда в море (динамическая составляющая). С 1961 г. по 2005 г. объем льда в ледниках Арктики уменьшился на 66,1 км³, что эквивалентно повышению уровня Мирового океана на 0,18 мм/год. Чистые потери льда в Арктике (без учета Гренландского ледникового покрова) на 70% связаны с поверхностной убылью

массы (климатические потери), а на 30% – со стоком льда в морские бассейны (динамические потери); на Земле Франца-Иосифа айсберговый сток превышает 50%.

Выявлены эмпирические связи объема ледников с их площадью, и на этой основе вычислены изменения оледенения для трех архипелагов Российской Арктики в 1952–2001 гг. За это время ледники потеряли около 250 км³ – 1,6% исходной массы. Для сравнения скажем, что, по данным космических изображений и прошлых

карт, ледники архипелага Королевы Елизаветы в Канадской Арктике (занимающие почти 110 тыс. км², что образует крупнейшую область оледенения Земли после Антарктиды и Гренландии) за 1959–1999 гг. сократились на 1844 км², то есть на 1,77% от площади 1959 г., что соответствует убыли объема льда в 635,8 км³, или на 2,17%.

С использованием традиционных и космических данных удалось оценить аккумуляцию и сток материкового льда для большей части Антарктического ледникового

покрова и их изменения в прошлом столетии. В 1960–1970-х гг. суммарная годовая аккумуляция во всех изученных ледосборных бассейнах, а это около половины Восточной Антарктиды, была равна 823,3 км³/год, а в 1990-х гг. – 997,1 км³/год, то есть возросла на 173,8 км³/год. Соответственно среднегодовой сток составлял в первый период 571,5 км³/год, а во второй – 803,8 км³/год, то есть он увеличился на 232,3 км³/год. Таким образом, за прошедшие 25 лет в Антарктиде заметно возросла интенсивность процессов аккумуляции–абляции. На фоне роста прихода массы наблюдалось и увеличение расходной составляющей. Вместе с тем положительный баланс массы исследованной территории в 1960–1970-х гг. был равен 251,8 км³/год, а в 1990-х гг. – 193,3 км³/год, то есть, учитывая погрешности измерений, практически не изменился и демонстрирует стабильность на фоне меняющегося климата.

Установлено, что ледниковый покров Восточной Антарктиды, как и основные ледосборные бассейны, имеет превышение снегонакопления над стоком льда и положительный баланс массы во второй половине XX в. Его положительная составляющая даже несколько увеличилась к концу столетия. В преде-

лах Западной Антарктиды ситуация несколько иная. По нашим оценкам, в 1960-е гг. баланс массы здесь, с учетом погрешностей измерений, был положительным и стал близким к нулевому к концу столетия.

РАБОТЫ НА ЭЛЬБРУСЕ

Важное значение имело радиолокационное зондирование Западного ледникового плато Эльбруса с целью определения формы рельефа ледникового ложа и толщины льда. Одновременно с измерениями толщины производилась запись высоты ледниковой поверхности с помощью GPS-приемника Garmin II+, установленного вместе с радиолокационным оборудованием и производящего запись географических координат и значений абсолютной высоты синхронно с регистрацией отраженных от ложа сигналов радиолокатора. За время работ было пройдено 4 км профилей на всей доступной поверхности плато.

Максимальные значения толщины льда достигают 255 м, а минимальные – 46 м. Форма и рельеф ложа плато представляют собой воронку, ограниченную двумя лавовыми потоками. А в целом такая толщина льда – вероятно, максимальная во внеполярных ледниках Европы.

Исследования близ вершины Эльбруса особенно интересны, так как вершинная часть высшей точки Европы находится в условиях свободной атмосферы и мы можем изучать здесь крупномасштабные циркуляционные процессы, охватывающие значительную часть умеренных широт Восточного полушария. Важная задача будущих исследований в этой точке – глубокое (до коренного ложа) бурение ледника.

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ И ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

В Институте географии РАН проведены серии экспериментов на численной модели общей циркуляции атмосферы, позволивших вычислить аномалии количества снега при гипотетических условиях (отсутствии морских льдов южнее определенных широт, региональных аномалиях облачности над континентом и т.п.). При отсутствии постоянных льдов в Арктике южнее конкретных широт (76° с.ш., 80° с.ш. и т.д.) отрицательные аномалии массы снега возникают в течение всей зимы благодаря повышенному фону температуры в Европе, на Дальнем Востоке и в Северной Америке, достигая к марту 50–70%. В то же время на севере Восточной Сибири и в Забайкалье отмечаются положительные аномалии массы снега, что связано с увеличением

осадков при существовании более теплого Северного Ледовитого океана.

На основе статистического анализа сделаны выводы об основных циркуляционных механизмах формирования аномалий температуры воздуха и толщины снежного покрова в Северном полушарии во второй половине XX в. – начале XXI в. В этот период наибольшая доля вариаций средней зимней температуры и толщины снежного покрова объясняется изменениями механизма блокировки зонального переноса. В то же время индекс Северо-Атлантического колебания занимает второе место в вариации температуры. Современное потепление и возрастание количества снега с середины 1970-х гг. в Северной Евразии связаны прежде всего с усилением зонального переноса при положительной фазе индекса Северо-Атлантического колебания; он в этот период играет основную роль в колебаниях температуры.

Проведено районирование территории Северной Евразии в отношении многолетних изменений толщины снежного покрова. Районы с однородным характером колебаний толщины снега нигде не совпадают с крупными речными бассейнами субконтинента, что существенно затрудняет исследование зависимости вариаций стока от изменений снегонакопления. Сравнение измене-

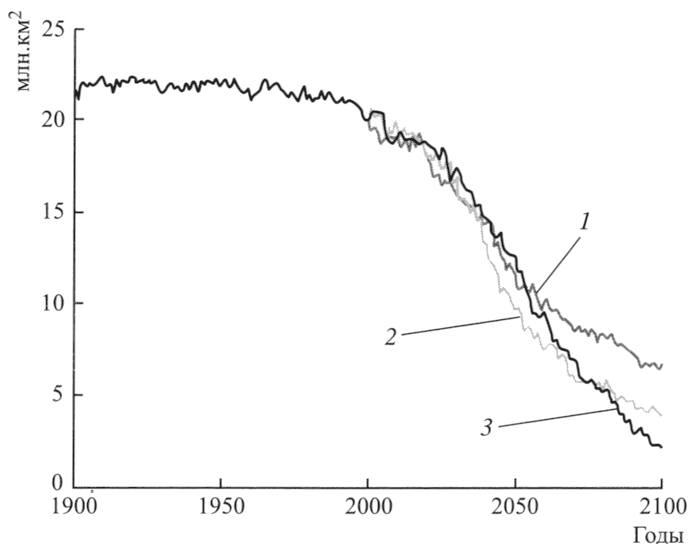
ний снегозапасов в апреле для двух семилетних периодов – предшествующего потеплению (1966–1972) и самого теплого в XX столетии (1989–1995) – показывает, что эти изменения наиболее существенны для рек на северо-востоке и в центре Восточно-Европейской равнины, в бассейнах Печоры, Северной Двины и Волги, где темпы схода снежного покрова возросли по сравнению с 1966–1972 гг. в среднем на 40–50%. На сибирских реках эти изменения менее значительны, но они могут играть большую роль в формировании экстремальных объемов половодья из-за опережения снеготаяния в верховьях. Очаги уменьшения суммы годовых осадков обусловлены прежде всего сокращением доли жидких осадков, в то время как в большинстве регионов Северной Евразии рост годовых сумм осадков связан с усилением снегопадов. Межгодовые вариации соотношения между жидкими и твердыми осадками слабо отражаются на стоке Волги.

РЕЧНОЙ СТОК
В УСЛОВИЯХ МНОГОЛЕТНЕЙ
МЕРЗЛОТЫ

В период МПГ 2007–2008 исследовалось воздействие потепления климата и таяния криолитозоны на структуру почвогрунтов и ландшафтные характеристики при прошлых потеплениях клима-

та и его прогнозируемом потеплении в XXI в. Изменения структуры почв и рельефа неизбежно влияют на режим поверхностного и подповерхностного стока, вертикальный влаго- и газообмен в почве. По расчетам, выполненным в Институте физики атмосферы РАН, к концу XXI в. при наиболее агрессивном сценарии (SRES A2) многолетнемерзлые грунты практически полностью исчезнут в Северной Америке и Центральной Сибири. В Восточной Сибири, где мерзлота останется, глубина сезонного протаивания заметно увеличится и в большинстве регионов превысит 2 м. Полная площадь распространения многолетнемерзлых грунтов для 2071–2100 гг. при этом сценарии составляет 4–5 млн. км²; в последние годы XXI столетия она сократится примерно до 2 млн. км².

К середине XXI в. в холодных регионах суши, согласно модели Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, увеличится почвенный сток в средних широтах Евразии, на Аляске и на Лабрадорском полуострове вследствие увеличения там зимних снегозапасов. Судя по модельным расчетам, отмечается увеличение стока на юго-востоке Азии, подверженном воздействию муссона. Наоборот, сток уменьшится на юге Европы и Сибири, на Чукотке,



Площадь распространения многолетней мерзлоты для трех сценариев внешнего воздействия: SRES B1 (1), SRES A1B(2) и SRES A2 (3). Данные И.И. Мохова.

а также в центре Североамериканского континента. Такая структура изменения стока характерна для всех трех упомянутых сценариев. К концу XXI в. общая структура стока не меняется, но размер региона с уменьшением стока на юге Европы увеличивается.

БИОГЕОГРАФИЯ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В ДИНАМИКЕ

На примере Белого моря экспедиция Института географии РАН исследовала динамику, численность и разнообразие морских птиц. Были существенно до-

полнены материалы по 50-летней природной и антропогенной изменчивости биоразнообразия, пространственного размещения и численности птиц. С 2000 по 2007 г. усилилось влияние природных (например, изменения климата, ледовой обстановки, условий зимовок) и антропогенных (последствия нефтяного загрязнения, снижение вылова рыбы) факторов, которые негативно влияют на состояние популяции морских птиц в Арктическом регионе. Дана оценка динамики численности и разнообразия водоплавающих птиц в изменяющемся климате, выявлена тесная связь циклических колебаний климата и численности уток, гусей, казарок, лебедей и куликов. Синтез результатов зоогеографических исследований позволил проследить ре-

акции гусеобразных птиц на перемены в климате Арктики.

Проведены реконструкции развития растительности и арктического фаунистического комплекса ключевых хроносрезов позднего плейстоцена и голоцена – аналогов современной и прогнозируемой климатической обстановки в европейском секторе Арктики. В голоцене (последние 10 тыс. лет) шло активное торфообразование со скоростью до 5 мм/год, смена растительности от безлесных южных тундр к северотаежным комплексам и обратно происходила в короткий временной интервал – около 1000 лет. Установлены основные тренды и темпы климатогенных перестроек в период стадияльного похолодания – поздний дриас (10,9–10,2 тыс. лет

назад) и ранний голоцен (10,2–8,0 тыс. лет назад).

Все эти работы выполнялись на основе Плана действий по участию Российской Федерации в подготовке и проведении мероприятий в рамках МПГ 2007–2008 и Научной программы участия Российской Федерации в проведении МПГ, раз-

работанной совместными усилиями Росгидромета и РАН. В Российской академии наук начиная с 2005 г. (еще в период подготовки к Международному полярному году) несколько институтов работали по двум академическим программам фундаментальных исследований: «Природные процессы в

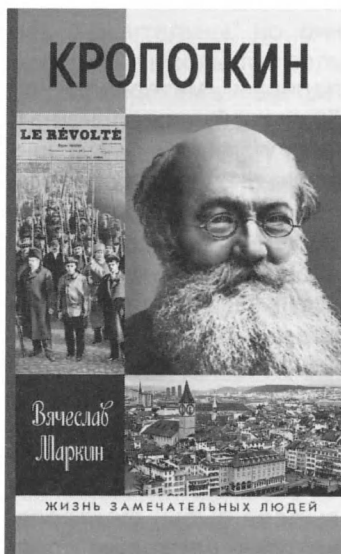
полярных областях Земли и их вероятное развитие в ближайшие десятилетия» (Программа Президиума РАН) и «История формирования бассейна Северного Ледовитого океана и режим современных природных процессов Арктики» (Программа Отделения наук о Земле РАН).

НОВЫЕ КНИГИ

Книга о П.А. Кропоткине

В серии «Жизнь замечательных людей» вышла книга кандидата географических наук *В.А. Маркина «Кропоткин»* (М.: Молодая гвардия, 2009). Это его четвертая книга об известном географе, путешественнике – исследователе Сибири, ученом-естествоиспытателе, историке, писателе, философе и революционере Петре Алексеевиче Кропоткине (1842–1921).

В книге четыре части, включающие десять глав. В первую часть, «**Уроки природы**», вошли две главы – «*Сибирь – первый выбор*» и «*Из последних землепроходцев*», – повествующие о путешествии Кропоткина по Сибири и географических изысканиях. Во вторую, «**Уроки культуры**», включены главы «*Первое*



двадцатилетие» и «*Естествоиспытатель*» о годах детства и юности Кропоткина, его службе в Пажеском корпусе, публикации научно-популярных статей, создании проекта экспедиции «Вопросы земного магнетизма», исследовании следов древнего оледенения, работе в Русском географическом обществе. Третья часть, «**Уроки жиз-**

ни», содержит главы «*Не по Нечаеву*», «*Эмиграция*», «*Британская "ссылка"*» и «*Встреча век двадцатый*», рассказывающие об участии Кропоткина в политическом кружке, заключении в Петропавловской крепости, побеге, эмиграции, работе за рубежом, политической борьбе, научной и публицистической деятельности, создании монографии «*Великая французская революция*». В четвертую, «**Идеалы и действительность**», вошли две заключительные главы – «*Снова в России*» и «*Последние годы*». Из них читатель узнает о том, как встречали Кропоткина на родине, о публикации статей по проблемам анархизма, участии в митингах и кооперативном движении, борьбе с красным террором, о работе над книгой «*Этика*». В конце книги даны примечания, основные даты жизни П.А. Кропоткина, библиография.

Книга полезна всем, кто интересуется историей и философией XIX в. и начала XX в.

Каким видится будущее науки о Вселенной

О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физико-математических наук
Институт астрономии РАН

Мероприятия Международного года астрономии (МГА-2009) направлены на усиление общественной поддержки научных исследований, улучшение качества фундаментального образования на всех уровнях, привлечение интереса молодежи к научной деятельности, создание современных подходов к популяризации астрономии. В качестве одного из мероприятий МГА-2009 был проведен опрос астрономов (профессионалов и любителей) с целью дать экспертную оценку будущего астрономии. Для этого ведущие астрономы-популяризаторы составили список из 35 вопросов,

который был скорректирован научными журналистами и одобрен Национальным комитетом российских астрономов РАН и Научным советом по астрономии РАН. Список вопросов распространялся среди сотрудников астрономических учреждений и студентов, а также был размещен на сайте www.astronomy2009.ru. Результаты опроса астрономического сообщества были обработаны, и коллективный прогноз развития астрономии был доложен на Всероссийской конференции «Астрономия и общество» (25–27 марта 2009, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; Земля и Вселенная, 2009, № 5).

В прессе и Интернете появились публикации о Конференции («Комсомольская правда», ИТАР-ТАСС, Lenta.ru), включающие и результаты опроса астрономического сообщества. Позже автор данной статьи заново обработал результаты опроса, учтя критические замечания к методике обработки, высказанные на Конференции, а также некоторые не вошедшие в первоначальный вариант ответы. Эта процедура не сильно изменила результаты, но позволила их уточнить. Вниманию читателей предлагается уточненная экспертная оценка будущего астрономии.

ЭКСПЕРТЫ

Ответившие на вопросы анкеты эксперты

условно подразделялись на две группы: так называемые профессионалы (сотрудники и аспиран-

ты астрономических учреждений, выпускники и студенты астрономических отделений универ-

ситетов) и так называемые любители. Ни в коей мере не умаляя заслуг любителей и памятуя о том, что астрономическая подготовка некоторых из них превосходит подготовку профессионалов, мы все же обрабатывали результаты опроса для двух этих групп по отдельности, а затем сравнили их.

Профессионалы должны были по условиям проведения экспертизы подписывать свои прогнозы, чтобы организаторы могли убедиться в принадлежности эксперта к штату сотрудников того или иного астрономического учреждения. Любителям разрешалось оставлять прогнозы без подписи или подписываться псевдонимом. Содержание и авторство конкретных экспертных анкет не разглашалось.

В опросе приняло участие 119 профессионалов, 90 из них имеют научную степень. Если сравнить это число с количеством российских членов Международного астрономического союза (350 человек, что примерно соответствует числу российских ученых с ученой степенью, ведущих активные исследования в области астрономии), то можно определить, что в создании коллективного прогноза приняло участие более четверти ведущих российских астрономов.

Любопытно посмотреть на распределение экспертов по их академичес-

кому статусу, который в определенной мере отражает степень вовлечения эксперта в проблемы астрономии, его компетентность, уровень осведомленности и т.п. Отношение «члены академии» – «доктора наук» – «кандидаты наук» – «сотрудники без ученой степени» выглядит в нашей выборке примерно так: 1:4:4:3. Это, в общем, соответствует отношению, типичному для среднего российского астрономического института, за исключением членов РАН, которых в нашей выборке непропорционально много (что, конечно, прибавляет вес результирующему прогнозу).

Опрошенные профессионалы работают в следующих организациях: АКЦ ФИАН, ГАИШ МГУ, ГАО РАН, «Земля и Вселенная», ИЗМИРАН, ИКИ РАН, ИНАСАН, ИПА РАН, ИПФ РАН, Иркутский ГУ, ИСЗФ СО РАН, КГУ, ПРАО АКЦ ФИАН, РФЯЦ-ВНИИТФ, САО РАН, СПбГУ, УрГУ, Физфак МГУ, ФТИ РАН, ЮФУ, Max-Planck.

Предлагаемый список из 35 вопросов был подготовлен преимущественно членом-корреспондентом РАН Б.М. Шустовым (ИНАСАН) и кандидатом физико-математических наук В.Г. Сурдиным (ГАИШ МГУ). Затем он был критически проанализирован и дополнен научными журналистами Н. Григорьевой (ОРТ), Е. Калашниковой (ТВЦ) и И. Якутеном (Lenta.ru).

При ответе на каждый вопрос нужно было указывать год наступления события (например, 2050). Разрешалось также давать ответ «никогда». При этом эксперт не обязан был отвечать на все вопросы.

Помимо ответов этих трех видов (год наступления, «никогда» и «не знаю») в заполненных анкетах встречались и «нештатные» ответы. Так, зачастую эксперты указывали временной интервал (например, 2015–2020 гг. или «сороковые»). Такие ответы для упрощения обработки результатов заменялись на средние значения по указанному интервалу (соответственно 2018 и 2045). Ответы в виде «до 2100 г.» и «после 2050 г.» заменялись соответственно на «пессимистическое» 2100 г. и «оптимистическое» 2050 г. Ответы в виде «скоро», «сегодня», «вот-вот» заменялись на 2009 г.

Нередко эксперты давали ответ «это бессмысленно», «не нужно». Такие ответы приравнивались к «никогда». Ответы в виде «в любой момент» приравнивались к «не знаю». Наконец, иногда встречались ответы в виде «уже» или, например, «уже, в 2004 г.». Такие ответы свидетельствовали о недостаточной корректности формулировки вопроса, не учитывались при усреднении и обрабатывались отдельно.

По каждому из заданных вопросов необходимо было вычислить прогнозируемый год наступления события. Поскольку распределение ответов, вообще говоря, не являлось симметричным, применение традиционной методики вычисления среднего и дисперсии было некорректным. Вместо этого применялся «метод квантилей». В предположении, что 32% ответов лежат за пределами ошибки 1σ , отбрасывалось по 16% самых «оптимистических» (то есть самых ранних по времени наступления события) и самых «пессимистических» (то есть самых поздних по времени наступления события) ответов. В интервале оставшихся 68% вычислялось среднее (оно и считалось ответом на данный вопрос экспертизы), а ширина этого интервала определяла ошибку среднего.

Для каждого вопроса вычислялась также вероятность наступления события (единица минус относительное количество ответов вида «никогда»). Наконец, оценивался такой параметр, как «сложность» вопроса; его значение тем выше, чем меньшее число экспертов ответило на этот вопрос.

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ АСТРОНОМИИ

Маловероятные события. В этом разделе перечисляются события, которые, по мнению

более половины ответивших экспертов, не произойдут никогда (в скобках указана вероятность наступления события). Итак, маловероятные события:

- обнаружение в Солнечной системе нового тела крупнее Марса (20%);

- доказательство факта посещения Земли внеземной цивилизацией (26%);

- обнаружение белых дыр (34%);

- обнаружение сфер Дайсона (37%).

Последние два вопроса оказались одними из самых сложных: на них дали ответ лишь 51% и 55% экспертов соответственно.

События ближайшего будущего. В ближайшем будущем (до конца 20-х гг. текущего века), по мнению экспертов, следует ожидать наступления следующих событий (указан год наступления события с ошибкой, в скобках указана вероятность наступления события):

- 2018 +12–6: астрономия снова станет обязательным предметом в российских школах (81%);

- 2024 +11–7: на Землю будет доставлен образец марсианского грунта (100%). В списке оказалось всего два события, в наступлении которых не сомневается никто из экспертов. Это – первое, второе – разгадка природы гамма-всплесков;

- 2025 +25–13: будет обнаружена вода на Луне (61%);

- 2026 +24–11: будет создана постоянная астрономическая обсерватория на Южном полюсе Земли (90%). Этот вопрос оказался одним из самых простых, на него дали ответ 89% экспертов;

- 2027 +23–12: будет разгадана природа гамма-всплесков (100%). Причем 14% респондентов на этот вопрос ответили «уже разгадана»;

- 2028 +22–13: возобновится активное изучение Венеры (98%).

30-е гг. XXI в. Согласно коллективному мнению экспертов, эти годы будут весьма богаты на события в области астрономии и исследования космического пространства:

- 2030 +42–15: будут обнаружены черные дыры промежуточной массы (85%). Этот вопрос оказался одним из самых сложных: на него ответило лишь 58% экспертов;

- 2032 +28–17: будут зарегистрированы гравитационные волны (96%);

- 2032 +48–17: будут обнаружены звезды с массами более $200 M_{\odot}$ (52%). Обращаем внимание на сравнительно малую вероятность, по мнению экспертов, наступления этого события;

- 2033 +17–13: будет сооружен оптический телескоп диаметром 100 м (88%). Этот вопрос также из списка простых, на

него ответило 89% экспертов;

- 2034 +66–17: начнутся регулярные полеты частных космических кораблей (92%);

- 2036 +14–16: будут обнаружены спутники у спутников планет (66%);

- 2036 +64–21: будет обнаружена экзоплана, на которой присутствуют все четыре биомаркера: вода, углекислый газ, метан и кислород (97%);

- 2036 +64–21: будет разгадана природа темной материи (96%);

- 2039 +21–14: состоится высадка человека на Марс (96%);

- 2039 +32–19: для космических перелетов начнут использовать солнечный парус (78%);

- 2040 +60–25: будет однозначно доказано существование черных дыр (89%). Рекордное количество (30%) экспертов считают их существование уже доказанным.

Конец 40-х гг. XXI в.

Этот период ознаменуется следующими событиями:

- 2046 +39–21: будет создана постоянная астрономическая обсерватория на Луне (96%);

- 2046 +54–26: будет разгадана природа темной энергии (97%);

- 2048 +52–28: человечество определит природу Красного пятна на Юпитере (99%). Примечательно, что 14% респондентов считают эту проблему уже решенной.

60-е гг. XXI в. По мнению экспертов, после десятилетнего «затишья» должны произойти следующие события:

- 2057 +43–37: туристические полеты в космос станут доступными не только единицам (84%);

- 2062 +38–27: состоится полет человека за орбиту Марса (94%);

- 2064 +45–34: человек получит первые образцы атмосферы Сатурна (88%);

- 2065 +135–45: будут обнаружены «кротовые норы» (58%). Ошибка ответа на этот вопрос впервые в списке превысила сотню лет;

- 2066 +34–31: человечество научится использовать взнезменные источники сырья (92%);

- 2068 +32–32: человечество гарантированно защитит себя от угрозы астероидно-кометной опасности (73%). Симметрия в оценке ошибки ответа указывает на примерное равенство «оптимистов» и «пессимистов» по этому вопросу, оказавшемуся, кстати, весьма несложным: на него дали ответ 90% экспертов.

Конец XXI в. В конце нашего века ожидается наступление следующих событий:

- 2082 +118–52: доля солнечной энергии в энергетике человечества превысит 50% (74%);

- 2093 +107–43: начнет работать общественный транспорт по маршруту Земля – Луна (73%);

- 2096 +213–66: ожидается встреча Земли с метеоритом размером не менее Тунгусского (80%). Отраднее, что это событие произойдет, по прогнозам экспертов, только через 30 лет после того, как человечеству такие угрозы станут уже не страшны. Правда, ошибка оценки достаточно велика...

Не скоро, неточно и маловероятно. Вероятность оставшихся двух событий лишь незначительно превосходит 50%, а изрядная неточность в оценке времени наступления позволяет разместить их на шкале времени от середины нашего до конца XXV в.

- 2108 +209–83: будет обнаружен радиосигнал взнезменной цивилизации (51%);

- 2170 +330–120: будет установлен контакт с инопланетянами (54%).

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЛЮБИТЕЛЕЙ

На предложенные вопросы помимо профессионалов ответили 55 любителей астрономии. Эти ответы обрабатывались отдельно, и результаты обработки сравнивались с ответами профессионалов.

Основное отличие прогнозов двух групп экспертов следующее: практически все события, по мнению любителей, произойдут в более далеком будущем, чем оценивают профессионалы. То есть в целом любители на-

строены гораздо более пессимистично (или, если угодно, профессионалы – более оптимистично). В особенности это касается следующих вопросов (в скобках указаны годы наступления события по версии профессионалов и по версии любителей):

- обнаружение воды на Луне (2025, 2104);

- обнаружение спутников у спутников планет (2036, 2192);

- обнаружение «кратовых нор» (2065, 2115);

- гарантированная защита человечества от угрозы астероидно-кометной опасности (2068, 2171);

- встреча Земли с метеоритом размером не менее Тунгусского (2096, 2148);

- установление контакта с инопланетянами (2170, 2265).

Примечательно, что, по версии любителей, встреча Земли с крупным метеоритом произойдет лет за 20 до того, как человечество научится защищаться от таких встреч (у профессионалов, напомним, последовательность этих двух событий обратная). Наконец, установление контакта с инопланетянами любители откладывают до середины XXIII в.

Что же касается оценок вероятности наступления того или иного события, то они на удивление хорошо совпали у обеих групп экспертов. В этом ряду существует только два исключения. Профессионалы

считают маловероятным (26%) посещение Земли внеземной цивилизацией, любители же настроены более «оптимистично» (69%). А вот вода на Луне, с точки зрения любителей, скорее всего, обнаружена не будет: по оценкам профессионалов и любителей вероятность этого события составляет 61% и 35% соответственно.

КОММЕНТАРИИ К ОТВЕТАМ

По условиям проведения экспертизы участники, помимо ответов на вопросы, могли оставлять комментарии – как к конкретному вопросу, так и к списку вопросов в целом. Среди комментариев было довольно много скептических, вот некоторые из них: «очень странный перечень вопросов», «половина составлена так, что допускает неоднозначное понимание», «2/3 астрономии совсем не рассмотрены», «много вопросов посвящено узким и частным проблемам, для которых даже не существует однозначного подхода», «в анкете полностью отсутствуют проблемы солнечной активности», «это все игры теоретиков», «некорректный вопрос», «какие еще доказательства нужны?» и т.п. В общей сложности около 10% экспертов высказывали ту или иную долю скепсиса. Это свидетельствует, конечно, не только о недостаточно тщательно

подготовленном перечне вопросов, но и о несомненном интересе экспертов к затрагиваемым проблемам.

Справедливости ради следует отметить, что в комментариях нам довелось прочесть и слова одобрения: «Спасибо. Идея очень интересная». И хотя число одобрительных комментариев (один!) заметно уступает числу комментариев скептических, мы считаем, что наш опрос астрономического сообщества был проведен не напрасно.

КАК ОТНОСИТЬСЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРТИЗЫ

Подобные прогнозы всегда субъективны, но все-таки показывают, какие направления в настоящий момент больше всего интересуют исследователей и наиболее интенсивно изучаются. Можно считать этот прогноз не более чем забавой и соответственно к нему относиться. Однако необходимо помнить, что в экспертизе участвовали не случайные люди, а около сотни маститых профессионалов, которые в курсе всех новостей астрономии: знают, какие ведутся исследования, какие разрабатываются проекты, какие реализуются космические программы. Другими словами, публикуемая здесь экспертная оценка будущего астрономии – лучшее, что можно предложить на сегодняшний день.

НОВЫЕ КНИГИ

Новая книга о космогонии

Недавно вышла книга *Ф.А. Цицина «Очерки современной космогонии Солнечной системы. Истоки. Проблемы. Горизонты»* (Дубна: изд. Феникс, 2009). Российский астроном *Ф.А. Цицин* (1931–2005) работал в ГАИШ МГУ, занимался динамикой звезд, термодинамикой, кометной космогонией, философскими проблемами астрономии и ее истории, выдвинул оригинальную гипотезу о происхождении комет. Монография опубликована посмертно под редакцией и с примечаниями кандидата физико-математических наук *А.И. Еремеевой*. Авторская структура книги дополнена разделением на три тематические части.

Вселенная... дошкольника!

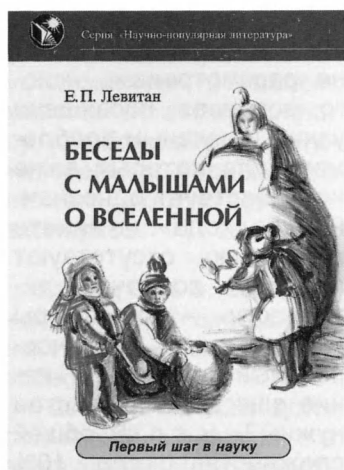
Многие дошкольники обладают завидной любознательностью: им хочется обо всем узнать, они мечтают поскорее стать первоклассниками. Неравнодушные к развитию своих детей родители стараются делать все, чтобы хорошо подготовить их к школе. Но не столько важно научить их читать и считать, сколько развить их познавательные способности и желание учиться. А поскольку множество вопросов забавных «почемучек» относятся к астрономии, родителям и воспитателям



В первую часть, «**Истоки**», вошел очерк «*К истории космогонии О.Ю. Шмидта*», во вторую, «**Проблемы**», — «*Возвращение к истокам*», «*Оппоненты и соратники*», «*Происхождение комет. История проблемы и ее новое решение на основе шмидтовской планетной*

космогонии» и «*Кометные и субкометные тела: структура и феномены*», в третью, «**Горизонты**», — «*Мир проблематичных малых тел и явлений в свете шмидтовской космогонии*» и «*Шмидтовская космогония и угроза из Космоса*». Основную часть книги завершает восьмой очерк, «*Тезисы к построению современной космогонической теории*», не законченный автором и содержащий тезисы построения современной планетной космогонии. «Дополнения» включают воспоминания *Б.А. Воронцова-Вельяминова* и письмо его друга *И.Л. Генкина* «*Закономерности в системах спутников планет-гигантов*». В конце книги даны «Библиография» и «Указатель имен».

Книга рассчитана на астрономов, геофизиков, исследователей метеоритов и на всех, кого интересуют проблемы космогонии.



детских садов необходимы книги, написанные специально для малышей. Одна из них — новая книга *Е.П. Леви-*

тана «Беседы с малышами о Вселенной». В известной серии книг «Научно-популярная литература» Российской академии наук теперь есть подсерия «Первый шаг в науку», в которую вошла эта книга по астрономии для дошкольников.

В книге «Беседы с малышами о Вселенной» десять небольших разделов. В них даются ответы на вопросы, наиболее часто возникающие у самых юных читателей. Пониманию прочитанного способствуют и диалоговая форма изложения, и ролевые игры, и несложные задания, которыми завершается каждый раздел книги.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: январь–февраль 2010 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Январь		
1	20	Луна в перигее
3	0	Земля в перигелии
3	17	<i>Покрытие α Льва Луной</i>
3		<i>Максимум метеорного потока Квадрантиды</i>
4	18	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
7	10	Последняя четверть
11	21	Венера в верхнем соединении с Солнцем
13	16	Луна в 5° южнее Меркурия
14	18	Сатурн переходит от прямого движения к попятному
15	7	Новолуние
15	7	<i>Кольцеобразное солнечное затмение, частные фазы видны в России</i>
15	19	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
17	1	Луна в апогее
18	6	Луна проходит в 4° севернее Юпитера
23	10	Первая четверть
27	8	Меркурий в наибольшей западной элонгации (25°)
28	20	<i>Покрытие δ Близнецов Луной</i>
29	19	Марс вступает в противостояние с Солнцем
30	6	Полнолуние
30	8	Луна в перигее
Февраль		
5	23	Последняя четверть
12	4	Луна проходит в 2° севернее Меркурия
13	1	Луна в апогее
14	2	Новолуние
14	20	Луна проходит в 5° севернее Венеры

Таблица I (окончание)

14	23	Нептун вступает в соединение с Солнцем
15	1	Луна проходит в 5° севернее Юпитера
17	2	Венера проходит в 0,5° южнее Юпитера
22	0	Первая четверть
26	3	Луна проходит в 5° южнее Марса
27	16	<i>Покрытие о Льва Луной</i>
27	20	Луна в перигее
28	10	Юпитер в соединении с Солнцем
28	16	Полнолуние

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

ЭФЕМЕРИДЫ СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
	ч	мин	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Январь 1	18	45	-23	02	07 40	16 31	08 26	15 44	10 09	14 02
11	19	29	-21	52	07 38	16 41	08 21	15 58	09 51	14 29
21	20	12	-20	00	07 32	16 54	08 10	16 16	09 25	15 02
31	20	53	-17	31	07 23	17 08	07 55	16 36	08 54	15 37
Февраль 10	21	34	-14	30	07 10	17 22	07 35	16 57	08 20	16 12
20	22	13	-11	05	06 55	17 37	07 14	17 18	07 45	16 46
Март 2	22	50	-07	23	06 38	17 50	06 50	17 39	07 09	17 19

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время восхода Солнца 15 января 2010 г. в Перми (широта 58°00', долгота 3°45^м, 4-й часовой пояс). Пользуясь таблицей II, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 15 января, получаем 08^ч36^м. Вычтем из него долготу места, прибавим номер часовой пояс, один час для учета декретного времени, получаем 09^ч51^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видности для разных широт			Период
	ч	мин	°	'				45°	55°	65°	
Меркурий											
Январь 1	19	20,7	-20	30	2,9	9,5	0,06	-	-	-	
11	18	30,2	-19	56	1,7	9,4	0,14	-	-	-	

Таблица III (продолжение)

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видности для разных широт			Период
	ч	мин	°	'				"	45°	55°	
21	18	30,6	-21	06	-0,1	7,5	0,48	0,9	-	-	Утро
31	19	10,9	-21	58	-0,2	6,3	0,69	0,5	-	-	Утро
Февраль 10	20	06,7	-21	10	-0,2	5,5	0,81	-	-	-	
20	21	08,8	-18	19	-0,3	5,1	0,89	-	-	-	
Март 2	22	13,8	-13	16	-0,8	4,9	0,95	-	-	-	
Венера											
Январь 1	18	33,7	-23	39	-4,0	9,8	1,00	-	-	-	
11	19	28,3	-22	41	-4,0	9,8	1,00	-	-	-	
21	20	21,7	-20	35	-4,0	9,8	1,00	-	-	-	
31	21	13,2	-17	28	-3,9	9,9	1,00	-	-	-	
Февраль 10	22	02,6	-13	32	-3,9	9,9	0,99	-	-	-	
20	22	50,2	-08	59	-3,9	10,0	0,99	0,4	-	-	Вечер
Март 2	23	36,4	-04	02	-3,9	10,1	0,98	0,9	0,8	0,6	Вечер
Марс											
Январь 1	09	29,3	+18	48	-0,8	12,7	0,96	12,1	13,4	15,9	Ночь
11	09	20,9	+19	51	-1,0	13,5	0,98	12,9	14,2	16,6	Ночь
21	09	07,7	+21	06	-1,2	14,0	1,00	13,6	14,7	16,7	Ночь
31	08	51,6	+22	19	-1,3	14,1	1,00	13,7	14,7	16,3	Ночь
Февраль 10	08	35,7	+23	15	-1,1	13,7	0,99	13,2	14,0	15,3	Ночь
20	08	22,8	+23	46	-0,9	12,9	0,98	12,4	13,2	14,2	Ночь
Март 2	08	15,0	+23	51	-0,6	12,0	0,96	11,5	12,3	13,0	Ночь
Юпитер											
Январь 1	21	55,1	-13	39	-2,0	34,9	1,00	3,8	4,1	4,6	Вечер
11	22	03,2	-12	56	-1,9	34,3	1,00	3,1	3,4	3,8	Вечер
21	22	11,6	-12	09	-1,9	33,8	1,00	2,4	2,6	2,9	Вечер
31	22	20,4	-11	20	-1,9	33,4	1,00	1,7	1,7	1,8	Вечер
Февраль 10	22	29,3	-10	29	-1,9	33,1	1,00	0,8	0,7	-	Вечер
20	22	38,4	-09	36	-1,9	33,0	1,00	-	-	-	

Таблица III (окончание)

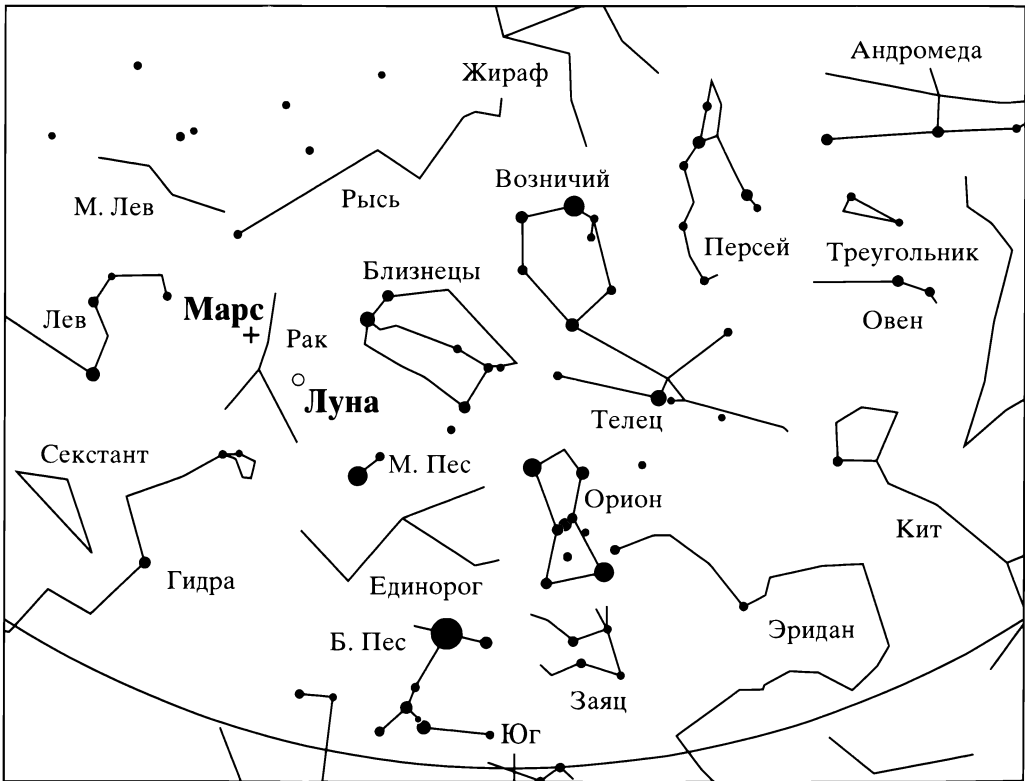
Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт			Период
	ч	мин	°	'				45°	55°	65°	
Март 2	22	47,4	-08	42	-1,9	32,9	1,00	-	-	-	
Сатурн											
Январь 1	12	19,6	+00	22	0,9	17,9	1,00	7,7	8,3	9,3	Утро
11	12	20,2	+00	21	0,9	18,2	1,00	8,3	8,8	9,7	Утро
21	12	20,1	+00	25	0,8	18,5	1,00	8,9	9,3	10,1	Утро
31	12	19,4	+00	33	0,7	18,8	1,00	9,4	9,8	10,4	Утро
Февраль 10	12	18,0	+00	44	0,7	19,1	1,00	9,9	10,1	10,6	Ночь
20	12	16,1	+00	59	0,6	19,3	1,00	10,3	10,5	10,8	Ночь
Март 2	12	13,8	+01	16	0,6	19,5	1,00	10,7	10,8	10,9	Ночь

Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени.

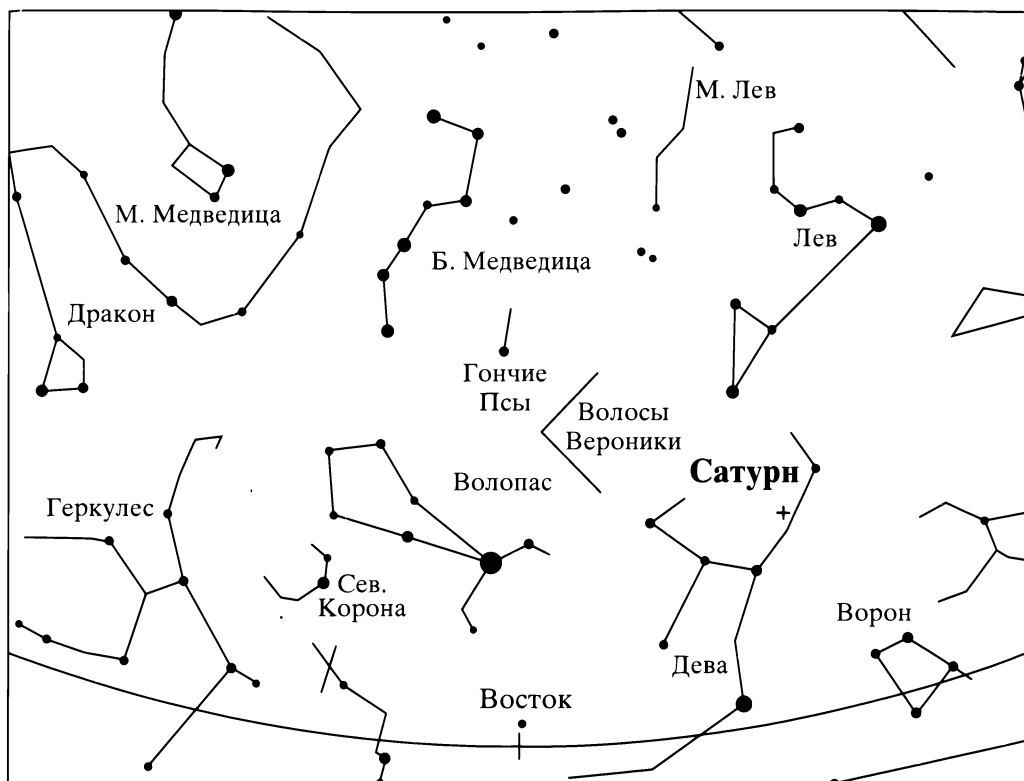
ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

В начале года **Меркурий** прячется от наблюдателей в лучах дневного светила, но уже во второй половине

января начнется период его утренней видимости. К сожалению, ее условия будут благоприятны лишь для жителей южных широт, на территории России планету можно попытаться найти



Вид южной части звездного неба в Москве 29 января 2010 г. в 22^ч по московскому времени. Отмечено положение Луны и Марса.



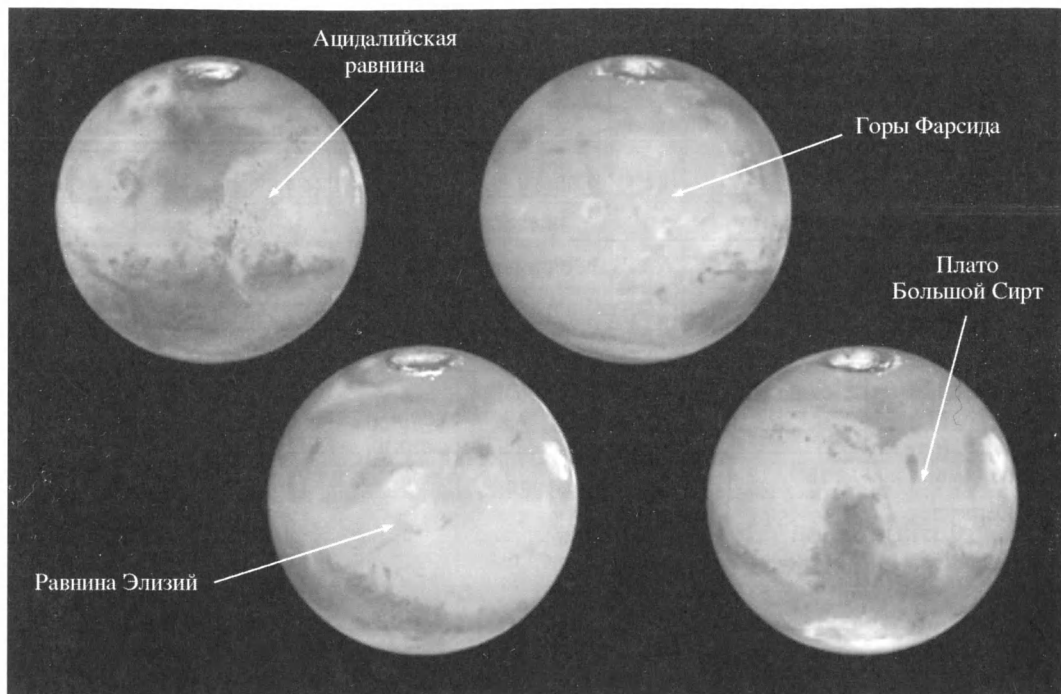
Вид восточной части звездного неба в Москве 25 февраля 2010 г. в 23^ч по московскому времени. Отмечено положение Сатурна.

невысоко над юго-восточной частью горизонта незадолго перед восходом Солнца. В феврале условия видимости станут еще хуже, и планета растворится на фоне утренней зари.

Венера, как и Меркурий, в начале года вступает в соединение с Солнцем. Но в отличие от Меркурия Венера начнет удаляться к востоку от дневного светила. Однако даже к концу февраля планета будет расположена всего в 11° от Солнца. Тем не менее в конце зимы эту яркую планету можно увидеть вскоре после захода Солнца.

Основное внимание наблюдателей планет в этот период, без сомнения, будет приковано к **Марсу**. 29 января Красная планета вступает в противостояние с Солнцем, а значит, планета видна в течение всей продолжительной зимней ночи, при этом поднимаясь

высоко над горизонтом. На небесной сфере Марс перемещается попятно, 10 января переходит из созвездия Льва в созвездие Рака и в течение января – февраля пересекает это созвездие. Марс находится вблизи афелия своей орбиты (пройдет его 29 марта), поэтому угловой диаметр и блеск планеты далеки от рекордных значений. И все же в это время он станет вторым по яркости объектом на ночном небе, уступая лишь Сириусу. К Земле планета наклонена своим Северным полушарием, поэтому будет доступна наблюдениям северная полярная шапка Марса. Другие детали марсианской поверхности обладают сравнительно небольшим контрастом, так что их поиск и отождествление при наблюдении в любительский телескоп затруднены, особенно для начинающего наблюдателя.



Марс. Серия изображений различных областей планеты, полученных с промежутком в четверть марсианских суток. Снимки получены в апреле – мае 1999 г. КТХ. Фото NASA.

Период вращения Марса вокруг своей оси составляет 24 ч 37 мин, поэтому появляется шанс увидеть противоположные полушария планеты в течение одной ночи.

Завершается период вечерней видимости **Юпитера**. В начале января планета-гигант еще видна несколько часов после захода Солнца над юго-западной частью горизонта, это самый яркий объект на вечернем небе за исключением Луны. 5 января Юпитер переходит из Козерога в Водолей. Но условия видимости стремительно ухудшаются, и в начале февраля Юпитер покинет вечернее небо.

Еще до полуночи в этот период над восточной частью горизонта поднимается **Сатурн**. Планета медленно перемещается по небу в окрестности звезды η Девы (3,8^m). К концу зимы Сатурн будет виден почти всю ночь, поднимаясь к утру достаточно высоко над южной

частью горизонта. За время, пока планета находилась за Солнцем, расположение ее колец поменялось, теперь они обращены к Земле своей северной частью и видны практически с ребра.

ЗАТМЕНИЕ

15 января произойдет кольцеобразное солнечное затмение, его максимальная продолжительность (11 мин 08 с) будет наблюдаться в акватории Индийского океана. Это рекордное по длительности затмение в третьем тысячелетии нашей эры! Максимальная фаза затмения – 0,92. Кольцеобразная фаза затмения в течение 10 мин 45 с видна в столице Республики Мальдивы г. Мале. На части территории России доступны наблюдения небольшие частные фазы затмения (Луна «надкусит» нижний краешек Солнца).

ЧАСТНЫЕ ФАЗЫ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 15 ЯНВАРЯ 2010 г.

Город	ч, мин, с	h°	ч, мин, с	h°	ч, мин, с	h°	Фаза
Абакан	07 19 09	14	08 24 02	9	09 24 29	4	0,294
Агинское	07 30 10	8	08 42 27	1	–	–	0,554
Астрахань	06 29 26	15	06 59 49	18	07 30 52	20	0,042
Барнаул	07 14 50	15	08 15 28	13	09 12 40	8	0,227
Белгород	06 31 36	7	06 42 50	8	06 54 00	9	0,007
Березники	07 24 58	9	07 30 44	9	07 36 27	9	0,002
Бийск	07 14 49	16	08 18 3	13	09 17 19	8	0,251
Биробиджан	07 37 19	0	07 39*	0	–	–	0,02
Благовещенск	07 35 09	2	07 55*	0	–	–	0,23
Братск	07 24 45	9	08 29 45	3	–	–	0,349
Владивосток	07 40 19	3	08 02*	0	–	–	0,27
Владикавказ	06 08 07	13	06 45 57	18	07 25 27	22	0,067
Волгоград	06 35 40	12	06 55 10	14	07 14 52	16	0,018
Воркута	07 25 00	1	07 41 43	1	07 58 25	2	0,018
Горно-Алтайск	07 14 42	16	08 19 30	13	09 20 01	8	0,266
Грозный	06 11 20	14	06 49 0	18	07 28 12	22	0,065
Екатеринбург	07 13 26	11	07 36 31	12	07 59 32	12	0,028
Иркутск	07 25 15	11	08 36 6	4	–	–	0,438
Кемерово	07 17 44	13	08 16 26	10	09 11 58	6	0,224
Краснодар	06 05 42	9	06 36 36	13	07 08 42	16	0,050
Красноярск	07 21 08	11	08 22 58	7	09 21 00	2	0,276
Курган	07 10 30	13	07 45 01	14	08 19 11	13	0,062
Кызыл	07 19 37	15	08 29 03	10	09 32 59	3	0,353
Магнитогорск	07 04 45	14	07 32 19	15	07 59 53	16	0,037
Майкоп	06 06 00	10	06 38 07	14	07 11 33	17	0,053
Махачкала	06 13 16	16	06 53 08	20	07 34 34	23	0,071
Назрань	06 09 09	14	06 46 32	18	07 25 29	21	0,065
Нальчик	06 08 01	13	06 44 04	17	07 21 40	20	0,062
Нерюнгри	07 31 38	0	07 34*	0	–	–	0,02
Нижевартовск	07 19 28	8	07 59 48	7	08 39 15	6	0,101
Нижний Тагил	07 16 07	10	07 35 40	11	07 55 12	11	0,020
Новокузнецк	07 16 59	14	08 19 20	11	09 17 50	6	0,254

Таблица IV (окончание)

Город	ч, мин, с	h°	ч, мин, с	h°	ч, мин, с	h°	Фаза
Новосибирск	07 16 03	14	08 12 56	11	09 07 00	8	0,200
Омск	07 12 01	14	07 59 06	13	08 44 48	12	0,122
Оренбург	06 58 37	15	07 22 53	16	07 47 14	17	0,027
Орск	06 58 06	16	07 30 16	17	08 02 25	18	0,048
Пермь	07 20 38	10	07 29 07	10	07 37 34	10	0,004
Ростов-на-Дону	06 18 29	9	06 42 20	12	07 06 43	14	0,029
Салехард	07 23 42	2	07 44 45	2	08 05 45	2	0,029
Самара	07 06 35	13	07 13 38	13	07 20 35	13	0,002
Саратов	06 55 56	12	07 02 35	13	07 09 08	13	0,002
Серов	07 19 18	9	07 37 02	9	07 54 44	9	0,017
Ставрополь	06 12 08	11	06 43 07	15	07 15 11	18	0,047
Сургут	07 19 23	8	07 55 33	7	08 31 09	6	0,080
Томск	07 18 12	12	08 14 06	9	09 07 19	6	0,202
Тура	07 24 49	2	08 08*	0	–	–	0,21
Тюмень	07 13 39	12	07 45 15	12	08 16 34	12	0,053
Улан-Удэ	07 26 54	10	08 38 35	3	–	–	0,478
Усть-Илимск	07 25 23	7	08 28 08	2	–	–	0,331
Усть-Ордынский	07 25 35	11	08 35 49	4	–	–	0,433
Уфа	07 09 00	13	07 26 48	13	07 44 37	14	0,016
Ханты-Мансийск	07 19 03	8	07 49 41	8	08 20 01	7	0,055
Челябинск	07 09 27	13	07 37 39	14	08 05 44	14	0,040
Черкесск	06 08 20	11	06 41 46	15	07 16 33	19	0,055
Чита	07 29 32	8	08 40 57	0	–	–	0,525
Элиста	06 22 47	13	06 50 36	15	07 19 06	18	0,037

Примечание. (*) означает, что наибольшая фаза наступает после захода Солнца.

ПОКРЫТИЯ

В январе – феврале 2010 г. произойдет сразу несколько покрытий ярких звезд Луной. Более подробную информацию о каждом из событий можно найти в Интернете, мы приводим лишь краткие сведения о них. Покрытие

звездного скопления Плеяды состоит-ся 25 января, в регион видимости этого явления попадает юго-восток нашей страны. Покрытия о Льва ($3,5^m$) 3 января и 27 февраля доступны наблюдениям на севере нашей страны и Дальнем Востоке, а жители европейской части России и Западной Сибири могут попы-

таться увидеть покрытие δ Близнецов ($3,5^m$), которое состоится 28 января.

МЕТЕОРНЫЕ ПОТОКИ

3 января ожидается очередной максимум метеорного потока Квадрантиды. По данным Международной метеорной организации (ИМО), в 2007 г.

максимальное зенитное часовое число составило 82 метеора, спустя год, в 2009 г., – 146 метеоров. Основное число метеоров наблюдается под утро. К сожалению, в 2010 г. почти полная Луна создаст сильную засветку и помешает наблюдениям.

Д.А. ЧУЛКОВ
ГАИШ МГУ

Информация

Стивен Хокинг награжден медалью Свободы

13 августа 2009 г. президент США Барак Обама наградил выдающегося британского физика-теоретика и космолога Стивена Хокинга медалью Свободы, являющейся высшей американской наградой для гражданских лиц. С. Хокинг удостоен этой награды за фундаментальные открытия в области квантовой гравитации и теории эволюции черных дыр. Процесс возможного «испарения» черных дыр носит имя Хокинга.

Сейчас С. Хокингу 67 лет. До последнего времени он занимал одну из самых почетных профессорских должностей в Кембриджском университете, которую три века назад занимал Исаак Ньютон.

С. Хокинг – не только великий ученый, но и прекрасный популяризатор науки. Широчайшую известность приобрели такие его научно-популярные книги, как «Краткая история времени» (Земля и Вселенная, 2001, № 5, с. 100) и «Черные дыры и молодые вселенные» (Земля и Вселенная, 2002, № 2, с. 56), а затем «Мир в ореховой скорлупке». В последние годы в соавторстве с дочерью Люси он написал и сказки для детей.

С. Хокинг – поистине легендарная личность. 46 лет назад врачи вынесли ему приговор, поставив диагноз «боковой амиотрофический склероз». От этой болезни подавляющее большинство больных умирает в течение немногих лет. Но Хокинг выжил, хотя оказался навсегда прикованным к инвалидному креслу и способен говорить только с помощью синтезатора речи. В этом состоянии он продолжает на протяжении десятилетий активно

работать, не теряя чувства юмора; в 2007 г. пожелал испытать невесомость, совершив полет на специальном самолете, а на 2009 г. запланировал суборбитальный космический полет... Пусть каждый, кто сейчас ужасно себя чувствует и кому кажется, что терпеть страдания больше невозможно, вспомнит о жизненном подвиге нашего замечательного современника Стивена Хокинга!

Сердечно поздравляя С. Хокинга с наградой, президент США Б. Обама на церемонии вручения медали сказал, что «с инвалидной коляски Стивен Хокинг провел нас в самые дальние и странные области Вселенной. Он расширил границы нашего воображения и показал силу человеческого духа здесь, на Земле».

Поздравим и мы Стивена Хокинга с высокой наградой и пожелаем ему многих лет жизни и плодотворной работы.

Е.П. ЛЕВИТАН

Гидровулканы

Р.К. БАЛАНДИН

Сравнительно недавно грозная семья вулканов обзавелась тихими родственниками – гидровулканами. Речь идет о потоках подземных вод, вы-

рывающихся на поверхность во время землетрясений. Вода выносит песок, образуя небольшие конусовидные бугры. Они, в отличие от знаменитых

огненных и грязевых разновидностей, остаются почти неизученными, да и знают об их существовании очень немногие специалисты.

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО –
ЗАОЧНОЕ

О «водяных вулканах» вскользь упомянул А. Гумбольдт в книге «Картины природы». По его словам, в Гватемале и на Филиппинских островах «различают (правда, формально) водяные и огненные вулканы». Мне посчастливилось встретить более внушительные формы, которые с полным основанием можно назвать гидровулканами.

Изыскательской партии, где я был главным гидрогеологом, предстояло провести в 60-х гг. XX в. съемочные работы в Приаральских Каракумах, севернее Сырдарьи в связи с проектом канала переброски час-

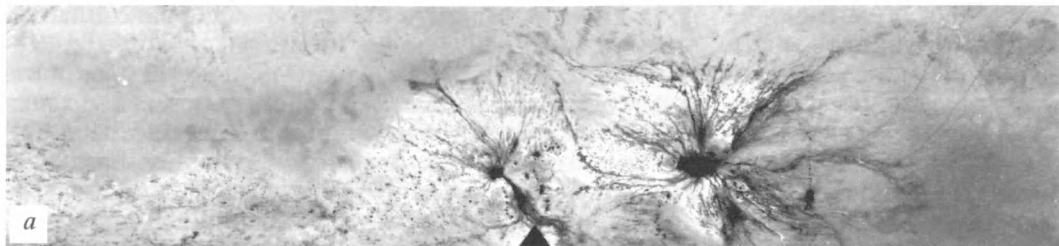
ти стока сибирских рек (3–6%) в Среднюю Азию. На этой территории расположены две крупные бессточные впадины – Мынбулак и Арыс. Первая из них особенно интересна: на карте ее отмечены родники (слово «мынбулак» означает «тысяча родников»). Они отчетливо видны на аэрофотоснимках.

На ровной глади такыров (плоские глинистые поверхности в пустынях) видны холмы преимущественно конусовидной формы. На вершинах некоторых из них – черные «кратеры» до 0,6–0,8 км в диаметре. Они по форме очень похожи на огненные или грязевые вулканы, которые (и те, и другие) в данном регионе отсутствуют. Сходство

выявляется ярче, если рассматривать стереопары аэрофотоснимков.

В районе Мынбулака распространены сравнительно неглубоко залегающие высоконапорные подземные воды. Следовательно, «тысячи родников» не что иное, как проявление естественной разгрузки этих вод. Но какова природа странных холмов? Я дал им предварительное название – *гидровулканы*.

В 1913 г. В.А. Обручев во время путешествия по Джунгарии описал подобные образования, но не упомянул об их происхождении. Вулканолог А.И. Дзенс-Литовский, используя местные названия, в 1939 г. подразделил эти холмики с выходами родников на



Аэрофотоснимок гидровулканов в районе севернее г. Кызыл-Орда (Казахстан) (а) и рисунок автора, сделанный с аэрофотоснимка (б).

вершинах на две группы: кудуки и булаки. Первые, по его мнению, образуются в результате налипания пыли в местах выходов родников. Сухая пыль легко уносится ветром, а на увлажненных участках она задерживается, накапливается. Булаки – останцы песчано-глинистых пород, сохранившиеся также в местах выхода на поверхность родников (сухие породы легче выветриваются, и останцы – то, что осталось от выветривания, – препарируются ветром в соответствии со степенью увлажненности пород).

В последующие годы исследователи, работавшие в районе Мынбулака, придерживались этой гипотезы. Они

уточнили: закреплению пыли и песка способствовала растительность на вершинах холмов. Бугры налипания известны в разных пустынных районах Средней Азии. Чаще всего они приурочены к разломам, вдоль которых происходит разгрузка артезианских вод. Высота их не более 3–5 м. За ними закрепилось местное название «чоколаки». Встречаются они преимущественно в днищах крупных бессточных впадин.

Впрочем, на этом кончается сходство чоколаков с буграми Мынбулака, высота которых достигает 25–30 м. Холмы Мынбулака не вытянуты в линию, что свидетельствовало бы об их приуроченности к тектоническим разло-

мам. Они расположены, в общем, беспорядочно. Преобладающее направление местных ветров на их форме совершенно не сказалось. Никто еще не проводил более или менее детальных исследований этих образований. Вопрос об их происхождении фактически оставался открытым: были высказаны гипотезы, не имеющие убедительного обоснования.

Наша гидрогеологическая партия предполагала провести в пределах Мынбулакской и Арцисской впадин бурение скважин и их гидрогеологическое опробование, геоэлектрическое зондирование, аэровизуальные наблюдения, изучить состав грунтов во время пеших маршрутов.

Эти работы позволили не только увидеть, но и более или менее обстоятельно изучить гидровулканы Мынбулака.

На термин «гидровулканы» меня навела статья гидрогеолога П.П. Иванчука «Гидровулканизм», напечатанная в «Природе» (1967, № 7). По его мнению, гидровулканы существовали в определенные геологические эпохи, но в дальнейшем исчезли. Эпохи гидровулканизма Иванчук связывал с гипотетическим резким усилением тектонических процессов одновременно на всей планете: складкообразование, разрывные структуры. Глубоко погруженные песчаные резервуары подземных вод, находясь под огромным давлением, вырвались вверх по разломам. Так якобы возникли гидровулканы.

Однако эта гипотеза весьма уязвима. Ведь залежи нефти, нередко находящиеся под большим давлением, должны были бы в эпоху тектогенеза прорваться на земную поверхность, образуя «нефтевулканы». За последние десятилетия концепция резкой пульсации тектогенеза подверглась серьезной и в значительной мере обоснованной критике и

вряд ли может быть принята в своем традиционном виде. По-видимому, под «гидровулканизмом» П.П. Иванчук подразумевал следы гидротермальной деятельности или извержений грязевых вулканов.

В общих чертах возражения против идеи гидровулканизма, предложенной П.П. Иванчуком, были изложены автором в совместной статье с В.И. Соколовым в журнале «Природа» в 1977 г. Судя по всему, гидровулканы – реальные природные формы, и не вымершие, а современные, действующие. Знакомство с ними следует начать с описания природных условий, в которых они существуют.

мынбулакская впадина

Впадина Мынбулак округлая и вытянута в северо-западном направлении. Длина ее – 80–90 км, ширина – 35–50 км. Наиболее низкая отметка – 66 м. Абсолютные высоты бортовых уступов – от 130 м (северный борт) до 250 м (юго-восточный

борт). Особенно низкие отметки находятся на юго-восточном склоне. Здесь же самые крутые склоны с многочисленными следами оползней и оплывин.

В западной части впадины обнажаются континентальные пески (с прослоями глин) верхнемелового возраста (132–137 млн лет). Остальные склоны и большая часть днища впадины сложены почти исключительно морскими глинами эоцено-олигоценного возраста (более 60 млн лет). За пределами впадины, на водораздельном плато, эти глины с поверхности прикрыты маломощным плащом грубообломочных пород, возраст которых принято считать верхненеогеновым.

Близ подножия западного склона Мынбулакская впадина рассечена тектоническим нарушением, простирающимся на северо-запад. Оно лежит на продолжении крупного Каратауского разлома. За исключением западного склона вся впадина расположена в крупном опущенном блоке.



Конусы гидровулканов, находящихся во впадине Мынбулак (Казахстан). Рисунок автора.

Результаты бурения в днище впадины показывают, что не глубоко под поверхностью под более молодыми слоями залегают древние отложения, кровля которых погружается на севере и юге. Следовательно, центральная часть впадины представляет собой антиклиналь (складку горных пород, обращенную выпуклостью вверх).

Морские глины на склонах впадины интенсивно разрушаются с поверхности. Выветривание сопровождается накоплением гипса. По нашим данным, содержание гипса в склоновых отложениях достигает 25–40%. В осадках пролювиальных шлейфов на дне впадины оно от 3–5 до 10%, редко – больше, а в золотых песках не превышает 1–1.5%.

В осадках, слагающих конусы гидровулканов, содержание гипса составляет лишь десятые доли процента (в среднем 0.3 – по восьми анализам). Вряд ли тут можно говорить о налипании золотых песков и пыли. Маловероятно, чтобы в этом случае отложения гидровулканов столь резко отличались по содержанию гипса от других отложений четвертичного возраста (в пределах 1 млн лет), распространенных во впадине.

Конусы гидровулканов сложены осадками из более крупных частиц, чем подножия. Для всех этих осадков характерна слоистость, подчеркнутая

горизонтами погребенных почв. Наклонены слои строго по направлению склонов. Нередко среди прослоев песка на склонах встречаются конкреции фосфоритов. Они генетически связаны с отложениями палеоцена, залегающими здесь на глубине нескольких десятков метров. Появление конкреций на вершинах гидровулканов никак нельзя объяснить в рамках существующих гипотез выдувания или налипания.

У песчано-глинистых отложений, образующих конусы гидровулканов, своеобразный генезис. Их невозможно отнести к какой-нибудь известной генетической группе отложений. Очевидно, их следует выделять из других современных отложений, именуя гидровулканитами.

В районе гидровулканов наша партия пробурила несколько скважин. Одна из них приурочена к вершине недействующего гидровулкана. Поверхность здесь была сухой. С первых же метров бурения выяснилось, что прижерловые пески водоносны. Уровень подземных вод установился у самой поверхности земли.

Общая мощность песчано-глинистых гидровулканитов, из которых образован конус, составила 22 м. Ниже – плотные серые глинистые пески с тонкими прослойками глин и обломками белемнитов. На глубине

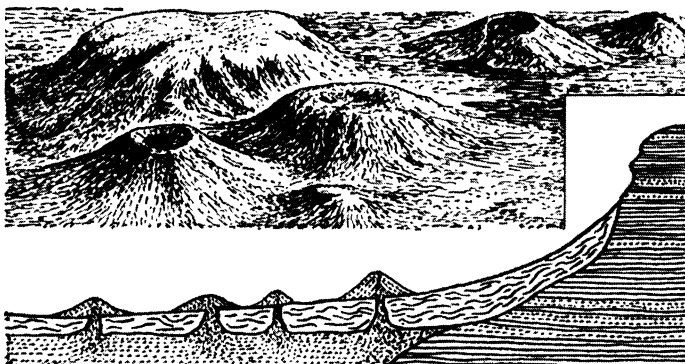
53 м появились крупные пески, через которые самоизливались артезианские воды. Бурилась скважина небольшого диаметра, однако дебит ее был 3–4 л/с. Текущая вода размывала породы по всему стволу скважины и выносила на поверхность песок, который быстро оседал в русле образовавшегося ручья. Искусственно вызванное извержение гидровулкана закончилось через два дня.

Скважины, расположенные вдали от гидровулканов, вскрывали пласты очень плотных глин, насыщенных обломками раковин. В нижележащих песках вновь были встречены артезианские воды, которые фонтаном вырывались наружу. Измерения показали, что над поверхностью земли вода поднималась на высоту 30 м.

Следовательно, разгрузка напорных вод происходит только там, где глины менее плотные. Этим и объясняется бессистемное расположение гидровулканов. Если бы они были приурочены к тектоническим разломам (подобно чоколакам), то располагались бы упорядоченно.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Гидровулканы не относятся к распространенным природным образованиям. Для их формирования требуются артезианские воды, обладающие большим



Песчаные вулканы на северо-западе графства Клэр (Ирландия). Рисунок из книги Дж. Беннисона и А. Райта «Геологическая история Британских островов» (1972).

избыточным напором, превышающим мощность слабопроницаемого перекрытия; достаточно высокая водообильность водоносного горизонта, обеспечивающая вынос большого количества песчано-глинистого материала; способность перекрытия к размыву. И все-таки реальный гидровулканизм как особый вид разгрузки напорных вод, вызывающий преобразование рельефа и накопление специфических осадков, – вряд ли редчайшее, уникальное явление. По-видимому, следы его можно обнаружить в различных районах и не обязательно в пустынных.

В книге английских исследователей Дж. Беннисона и А. Райта, посвященной геологической истории Британских островов (1972), имеется упоминание о песчаных вулканах (терминология авторов) в прибрежных районах графства Клэр. Они образовались в результате того, что водонасыщенные пески (плывуны) под действием веса

вышележащих осадков оказались выжаты под давлением через покров оползневой материала. Судя по геологическому разрезу, приведенному авторами, такие "песчаные вулканы" созданы при участии напорных вод.

Гидровулканы внешне похожи на грязевые. Но это сходство обманчиво. Гидровулканизм не сопровождается термальными процессами, выбросами газов или органических соединений. Активным веществом здесь служат артезианские воды с температурой (по измерениям в скважинах) не выше 17 °С. Гидровулканы отличаются от грязевых вулканов по движущим силам извержений, составу изверженных масс, геологическому строению и географическому распространению.

В процессе «извержения» гидровулканов, расположенных в Мынбулакской впадине, на поверхность поступает пресная или слабосоленая вода. А там, где есть

вода, сосредотачиваются в изобилии растения и животные. Создается словно двухэтажный ландшафт: на вершинах холмов – избыток воды, заболачивание, влаголюбивая растительность, тогда как на склонах и между холмами – пустыня.

Гидровулканы Мынбулака, по подсчетам казахского гидрогеолога У.М. Ахмедсафина (1969), ежедневно изливают на поверхность земли 500 л воды в секунду.

Можно предполагать, что гидровулканы периодически проявляют активность вслед за динамикой подземных вод. Они были бы очень полезны в пустыне, указывая на источники пресной воды.

К сожалению, о гидровулканах мы еще очень мало знаем. Какова их история? Насколько широко они распространены? Как они связаны с тектоническими условиями и палеогеографией? Не свидетельствуют ли они о том, что в этом районе произошли когда-то сильные землетрясения, которые спровоцировали выброс на поверхность артезианских вод?

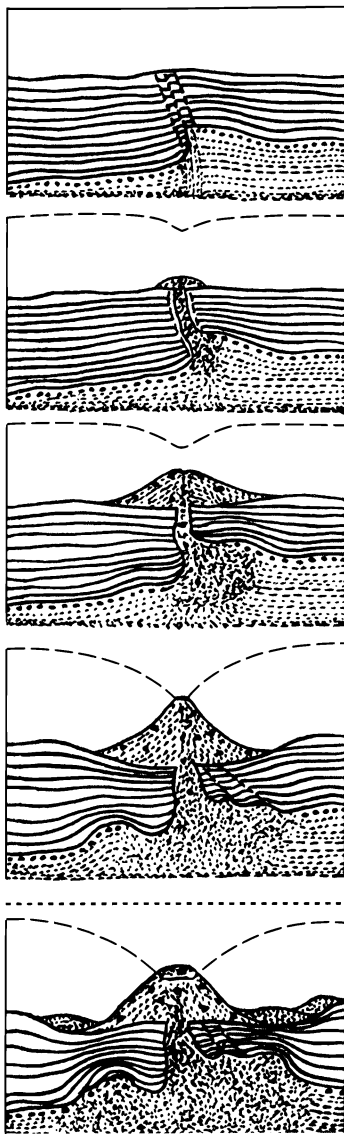
Подобных вопросов возникает немало.

В Мынбулакской впадине предположительно три генерации гидровулканов. Наиболее древние и высокие конусы расположены в западной части впадины и частично погребены под песчаными эоловыми наносами. Не исключено, что эти пески некогда были выброшены на поверхность из верхнемелового горизонта, а затем перевезены ветром. Сейчас древние гидровулканы прекратили свою деятельность из-за заметного снижения пьезометрического уровня артезианского верхнемелового горизонта.

В центре впадины расположена группа менее древних гидровулканов. Некоторые из них сохраняют незначительную активность (например, в северной части впадины – родник Богдок, находящийся на вершине холма). Они также покрыты эоловыми песками.

Активно действующие гидровулканы расположены в восточной части впадины. На юго-восточной окраине этого участка они образовались, по-видимому, недавно. Здесь еще не сформировались значительно высокие конусы, отчетливо растрескиваются и коробятся палеогеновые глины под напором артезианских вод.

Создается впечатление, что формирование впадины шло с северо-запада на юго-восток. По мере увеличения числа гидровулканов они сильнее дренировали



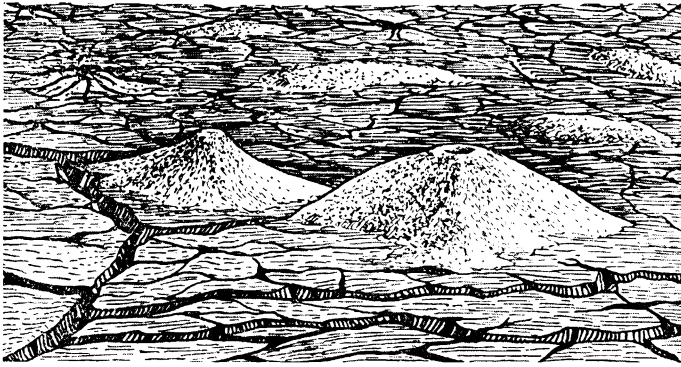
водоносный горизонт, создавая значительную депрессионную воронку. В гидровулканах первой генерации уровень подземных вод опускался ниже вершины, и гидроизвержения заканчивались.

А почему гидровулканы не встречаются достаточно часто?

Схема формирования гидровулкана. Штриховая линия – уровень напора артезианских вод. По мере увеличения выброса песчано-глинистой массы воды и формирования воронки депрессии гидровулкан постепенно затухает. Рисунок автора.

Конечно, без целенаправленных поисков не легко обнаружить какое-либо еще неизвестное природное явление; как правило исследователь ограничивается традиционными представлениями, классифицируя объект в соответствии с имеющимися концепциями. Так, гидровулканы отождествлялись с формами налипания песка и пыли или с останцами увлажненных пород. Более естественно предположить, что это аккумулятивные образования, созданные за счет выброса на поверхность водонасыщенных пород.

Не исключено, что целенаправленные поиски помогут выявить гидровулканы в различных районах, – там, где имеются соответствующие природные условия. Высота напора артезианского горизонта должна превышать мощность водоупорного пласта, который, в свою очередь, не должен быть прочным. Очевидно, гидровулканы формируются в районах, где происходит тектоническое опускание, или



Трещины и песчаные бугры-кратеры, возникшие во время землетрясения 26 декабря 1861 г. в Калабрии (Италия). Из книги Э. Реклю «Земля и люди» (1862).

разрушается водоупорное перекрытие артезианского горизонта, или возрастает напор подземных вод. Вероятно, стимулятором гидровулканизма могут служить землетрясения.

Так было, например, во время землетрясения

в Калабрии, на берегу Коринфского залива, произошедшего в декабре 1861 г. Возникшие в результате подземных толчков трещины достигли артезианского водоносного горизонта и послужили источником образования гидровулканов.

Гидровулканы, таким образом, не только поставляют на поверхность земли воду и песчано-глинистые массы, но и дают информацию о гидрогеологических условиях и геологической истории района.

Информация

«Мир-1» и «Мир-2» исследуют дно Байкала

На протяжении 2009 г. глубоководные батискафы «Мир-1» и «Мир-2», сконструированные в Институте океанологии им. П.П. Ширшова РАН, исследовали впадину озера Байкал, сосредоточившую около 1/5 всего объема пресных вод земного шара. Вблизи мыса Ижмей с аппарата «Мир-2» измерена наибольшая глубина озера – 1637 м, батискаф прошел более 15 км вдоль ровной, как стол, поверхности дна. В фауне глубинных слоев замечено множество ракообразных, а также обнаружены

рыбы, преимущественно бычки.

Еще в 2005 г. на дне Байкала был открыт грязевой вулкан, получивший название «Санкт-Петербург». В его окрестностях регулярно возникают газовые факелы, поднимающиеся до высоты 900 м. Их источник – скрытая под слоем глины и песка твердая горная порода, представляющая собой залежи газогидратов (скопление замерзшего под высоким давлением метана). На дне Байкала разрабатывать этот грандиозный ресурс углеводородного «топлива будущего» нельзя, так как будет нарушена его экология. Но подобные месторождения находятся на дне глубоких морей Мирового океана, и их освоение, по мнению директора Лимнологического института

СО РАН Михаила Грачёва, станет возможным через 19–20 лет. Благодаря тому что газ вморожен в породу под высоким давлением, в одном ее объеме заключено более ста объемов газа. Запас топлива на земном шаре считается практически неисчерпаемым. На дне Байкала газогидраты, обычно прикрытые слоем ила или песка, обнаружены в виде открытых полей. Их удобно исследовать, и Байкал может стать лабораторией по изучению газогидратов. Первая попытка поднять со дна образцы породы оказалась неудачной: они взорвались и растаяли. Затем 5 кг байкальского газогидрата были все же подняты в специальном пробоприемнике.

По материалам Infox.ru

23-й полет «Индевор»

15 июля 2009 г. в 22 ч 03 мин 10 с (здесь и далее время по Гринвичу) из Космического центра им. Дж. Кеннеди на мысе Канаверал стартовал КК «Индевор» («Endeavour») по программе STS-127. Это 127-й полет кораблей «Спейс Шаттл» и 30-й в рамках строительства МКС.

Главная задача миссии «Индевора»: доставка и монтаж на МКС третьего элемента японского модуля «Кибо» («Kibo», надежда) – открытой секции JEF размером $5 \times 3,8 \times 5,2$ м (масса – 3,8 т) и секции логистики ELM-ES, размером $4,9 \times 2,2 \times 4,1$ м (масса – 2,4 т), которые оборудованы приспособлениями для проведения экспериментов в открытом космосе. Кроме того, астронавтам предстояли пять выходов в открытый космос, смена шестого члена экипажа, а также установка нового оборудования. Это третий полет по установке на станции секций четырехместной лаборатории «Кибо» – двух герметичных и внешней платформы с манипулятором для выноса приборов в открытый космос. Первая секция, ELM-PS, смонтирована во время полета «Индевор» (STS-123) в марте 2008 г. (Земля и Вселенная, 2008, № 4, с. 106–108), вторая, основная, секция РМ присоединена к первой в июне 2008 г. в полете «Дискавери» (STS-

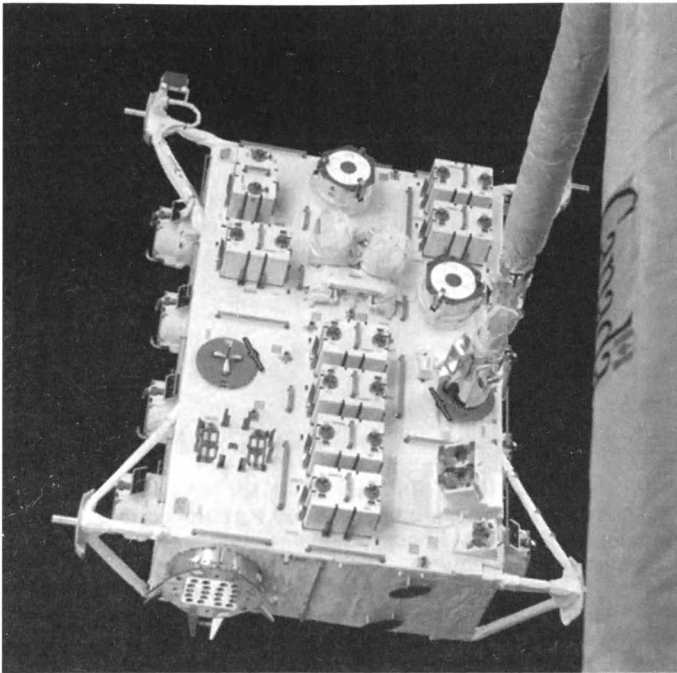


Члены 20-й основной экспедиции МКС и космического корабля «Индевор» (STS-127) на борту станции: первый ряд – Ж. Пайетт, М. Полански, Г.И. Падалка и Д. Вольф; средний ряд – Д. Харлей, Р. Тирск, К. Ваката и Т. Маршборн; верхний ряд – Р.Ю. Романенко, М. Барратт, К. Кэссиди (500-й астронавт мира), Ф. Де Винн и Т. Копра. 27 июля 2009 г. Фото NASA.

124; Земля и Вселенная, 2008, № 5, с. 109–111).

В составе экипажа корабля семь астронавтов: командир **Марк Полански** (Mark L. Polansky; 252-й астронавт США, 401-й астронавт мира), 1956 г. рождения, магистр по аэронавтике, летчик-испытатель, работал в Космическом центре им. Л. Джонсона (NASA); пилот **Дуглас Харлей** (Douglas G. Hurley; 320-й астронавт США, 497-й астронавт мира), 1966 г. рождения, магистр по авиационным системам, летчик-испытатель, подполковник ВМФ США; специалисты полета **Дэвид Вольф** (David A. Wolf; 194-й астронавт США, 306-й астронавт мира), 1956 г. рождения, бакалавр наук в области электротехники, доктор медицины, начальник отдела Космического центра им. Л. Джонсона, совершил полет на станцию «Мир»;

Томас Маршборн (Thomas H. Marshburn; 321-й астронавт США, 498-й астронавт мира), 1960 г. рождения, магистр по технической физике и медицине, работал врачом астронавтов NASA в ЦПК им. Ю.А. Гагарина и Космическом центре имени Л. Джонсона; **Тимоти Копра** (Timothy L. Copra, 322-й астронавт США, 499-й астронавт мира), 1963 г. рождения, магистр в области аэрокосмического машиностроения, летчик-испытатель, полковник Армии США; **Кристофер Кэссиди** (Christopher J. Cassidy; 323-й астронавт США, 500-й астронавт мира), 1970 г. рождения, летчик ВМС США, бакалавр в области математики и магистр в области океанологии; **Жюли Пайетт** (Julie Payette; 8-й астронавт Канады, 390-й астронавт мира), 1963 г. рождения, капитан ВВС



Выносная платформа JEF японского модуля «Кибо» извлекается из грузового отсека КК «Индевор» с помощью канадского манипулятора. 21 июля 2009 г. Фото NASA.

Канады, бакалавр по электронной технике и магистр прикладных наук. Из семерых членов экипажа 4-й полет совершил Д. Вольф, 3-й полет – М. Полански, 2-й полет – Ж. Пайетт, остальные полетели в космос впервые, **К. Кэссиди** стал 500-м астронавтом мира (100-м был россиянин В.П. Савиных, 200-м, 300-м и 400-м были американцы Ч. Болден, Дж. Ньюмэн и П. Ричардс).

Стартовая масса корабля «Индевор» – 119 939 кг, масса полезной нагрузки – 13,64 т. Корабль вышел на орбиту высотой 342 × 351 км, наклонением

51.64° и периодом обращения 91.46 мин. **17 июля 2009 г.** в 17 ч 47 мин «Индевор» успешно пристыковался к МКС. **Впервые на станции одновременно работало 13 человек.** **18 июля** Д. Вольф и Т. Копра совершили первый выход в открытый космос, длившийся 5 ч 32 мин. Им удалось извлечь из грузового отсека корабля выносную платформу JEF и подготовить ее к установке на модуль «Кибо». **20 июля** Д. Вольф и Т. Маршборн в течение 6 ч 53 мин установили на корпусе станции 1,8-м радиоантенну, насос охлаждающей системы и прикре-

пили к грузовой платформе систему линейного перемещения. **22 июля** Д. Вольф и К. Кэссиди за 5 ч 59 мин успели заменить два из шести аккумуляторов на секции Р6, но не завершили работу из-за проблем со скафандром К. Кэссиди. **24 июля** Т. Маршборн и К. Кэссиди в течение 7 ч 12 мин заменили остальные четыре аккумулятора на секции Р6. За 4 ч 54 мин **26 июля** они смонтировали секцию логистики ELM-ES на платформе JEF модуля «Кибо», проверили изоляцию на канадском манипуляторе и проложили новые кабели на секции Z1 станции. Общее время пяти выходов в открытый космос – 30 ч 40 мин.

29 июля в 17 ч 26 мин «Индевор» отстыковался от МКС. **30 июля** в 12 ч 34 мин с борта корабля запущены два микроспутника массой по 7,5 кг, созданные студентами Техасских университетов для отработки новых методик автономного сближения и стыковки. В тот же день в 17 ч 23 мин запущена еще пара малых ИСЗ, «Castor» и «Pollux», массой 47 и 27 кг, принадлежащих Исследовательской лаборатории ВМС США, занимающихся мониторингом плотности атмосферы. **31 июля** в 14 ч 49 мин 13 с «Индевор» приземлился на космодроме Канаверал, его полет длился 15 сут 16 ч 44 мин 58 с. На Землю вернулись шестеро из экипажа «Индевоора» и японский астронавт К. Ваката (стартовал 15 марта 2009 г. на КК «Дискавери», STS-119; Земля и Вселенная, 2009, № 4, с. 109, 110). Т. Копра

сменил К. Вакату, который пробыл в космосе 137 сут 15 ч 04 мин 24 с.

Вахту на МКС продолжил экипаж 20-й основной экспедиции из шести человек: командир Г.И. Падалка (Россия), бортинженеры Р.Ю. Романенко (Россия), Ф. Де Винн (ESA, Бельгия), М. Барратт (США), Р. Тирск (Канада) и Т. Копра (США). 30 сентября 2009 г. состоялся запуск КК «Союз ТМА-16» с двумя членами экипажа

21-й основной экспедиции – командиром М.В. Сураевым (Россия) и бортинженером Дж. Уильямсом (США), а также космическим туристом Г. Лалиberte (Канада). Ф. Де Винн в октябре – ноябре 2009 г. временно стал командиром 21-й основной экспедиции. Г.И. Падалка, М. Барратт и Г. Лалиberte возвратились на Землю на КК «Союз ТМА-14» 11 октября, а Р.Ю. Романенко,

Ф. Де Винн и Р. Тирск – на КК «Союз ТМА-15» в конце ноября. 7 декабря 2009 г. стартовал КК «Союз ТМА-17» с членами экипажа 22-й основной экспедиции – Т.Кримером (США), О.В. Котовым (Россия) и С. Ногути (Япония).

Пресс-релизы NASA,
Роскосмос и ЦУП-М,
июль 2009 г.
Подготовил
С.А. ГЕРАСИЮТИН

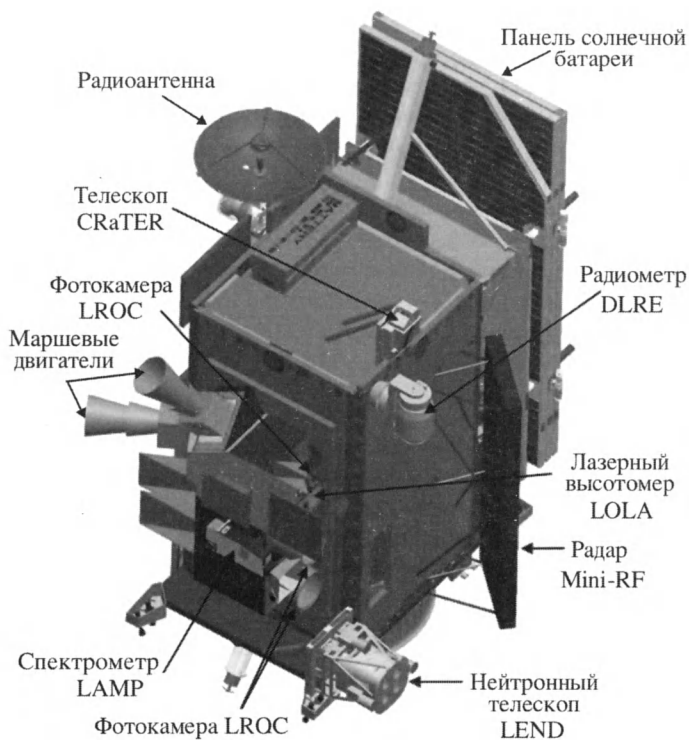
Новый ИСЛ

18 июня 2009 г. в 21 ч 32 мин по Гринвичу с космодрома Канаверал стартовала ракета-носитель «Атлас-5» с двумя лунными АМС – «**Lunar Reconnaissance Orbiter**» (лунный орбитальный разведчик) и «**LCROSS**» (Lunar Crater Observation and Sensing Satellite – спутник по наблюдению и детектированию лунных кратеров) на борту. Запуск станций – первый шаг NASA в рамках новой лунной программы США «Констеллейшн» («Constellation», созвездие), ее основная задача – возобновление пилотируемых полетов на Луну. 23 июня 2009 г. АМС «Лунный орбитальный разведчик» вышла на орбиту искусственного спутника Луны (ИСЛ), через три дня после нескольких маневров она перешла на рабочую круговую окололунную орбиту высотой 200 км, наклонением 90° и периодом обращения 127,6 мин. В конце июня – начале июля станция сфотографировала с разрешением до 15 м места посадок КК «Аполлон-11, -14, -15 и -17» и участки в Море Облаков. На

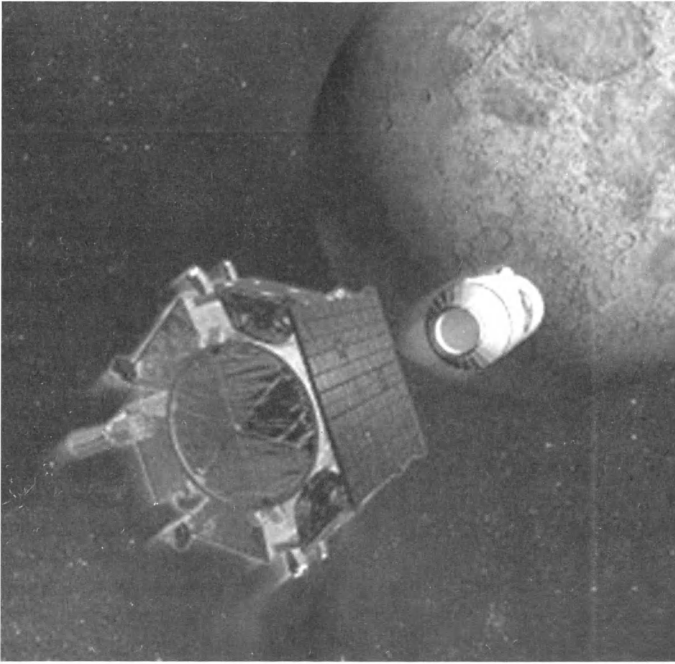
фотографии места посадки КК «Аполлон-14» видны, помимо посадочного модуля, некоторые оставленные на поверхности инструменты и даже «дорожка», протоптанная астронавтами. 17 сентяб-

ря станция снизила орбиту до высоты 50 км и получила снимки в 2–3 раза лучшего разрешения.

На АМС «Лунный орбитальный разведчик» размерами 2,63 × 2,7 × 3,8 м и общей



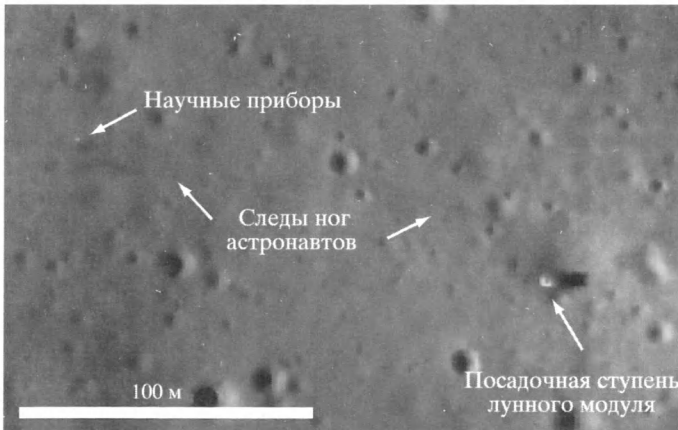
Размещение научной аппаратуры и некоторых систем на АМС «Лунный орбитальный разведчик». Рисунок NASA.



АМС «LCROSS» и ракетная ступень «Центавр». Рисунок NASA.

массой 1916 кг (на орбите ИСЛ – 1518 кг) установлено **семь** научных приборов массой 93 кг: телескоп для исследования космических

лучей и эффектов радиации, УФ-спектрометр, радиометр, нейтронный телескоп, радар с синтезированной апертурой, альтиметр и фо-



Один из первых снимков Луны, сделанный АМС «Лунный орбитальный разведчик». На фотографии запечатлено место посадки КК «Аполлон-14» в районе кратера Фра Мауро в Море Спокойствия (3,6° ю.ш. и 17,5° з.д.). 11 июля 2009 г. Фото NASA.

токомплекс, состоящий из трех камер – узкоугольных и широкоугольной. Панель солнечных батарей размером 4,27 × 3,2 м вырабатывает электроэнергию 1,85 кВт, бортовой компьютер накапливает информацию объемом 461 Гбит в день, радиоантенна диаметром 2,6 м передает информацию со скоростью 100 Мбит/с, система ориентации обеспечивает точность ±30", двигательная установка состоит из четырех микродвигателей тягой по 80 Н. Главная цель научных исследований – поиск льда в полярных лунных кратерах. Кроме того, станция исследует радиоактивность поверхности Луны, составляет подробные топографические и трехмерные карты поверхности Луны, в том числе в УФ-диапазоне, а также проверяет ряд новых технологий. Программа полета рассчитана на четыре года.

На другой АМС, «LCROSS», длиной 2,0 м, диаметром 2,6 м и массой 891 кг, размещено **девять** научных приборов массой около 50 кг: три спектрометра (оптический и инфракрасные), четыре ИК-камеры (диапазон 0,9–13,5 мкм), фотокамера и высокоскоростной фотометр (диапазон 400–1000 нм). Ее солнечная батарея вырабатывает электроэнергию 0,6 кВт, две радиоантенны передают данные со скоростью 1,5 Мбит/с, двигательная установка состоит из двух маршевых двигателей тягой по 22 Н и восьми микродвигателей управления по 4,4 Н. АМС «LCROSS» вместе с последней ступенью РН «Атлас-5» («Центавр») вышла 28 июня 2009 г. на высокоэллиптическую орбиту ИСЗ высотой 357 × 582 тыс. км, наклоном 45° и пе-

риодом обращения 37,8 сут. В течение четырех месяцев «LCROSS» собирала данные о минералогическом составе поверхности Луны и искала лед. Главный эксперимент намечен на 9 октября 2009 г. В этот день «LCROSS» покинула околоземную орбиту и устремилась к кратеру Cabeus-A на Южном полюсе, куда упала ступень «Центавр», образовав кратер диаметром 140 м и подняв пыль на высоту до

10 км. АМС тоже упала на Луну, но перед этим выполнила исследования выброшенного лунного реголита.

В разработке приборов обоих АМС участвовали специалисты Центра космических полетов им. Р. Годдарда и Лаборатории реактивного движения (NASA), корпорации Space Science, ученые университетов штатов Аризона, Калифорния, Мэриленд, Бостонского и Католического американского университетов, Техно-

логического института штата Массачусетс, Юго-западного научно-исследовательского института в Сан-Антонио, Института Луны и планет в Хьюстоне, а также российские ученые из ИКИ РАН (прибор ЛЕНД).

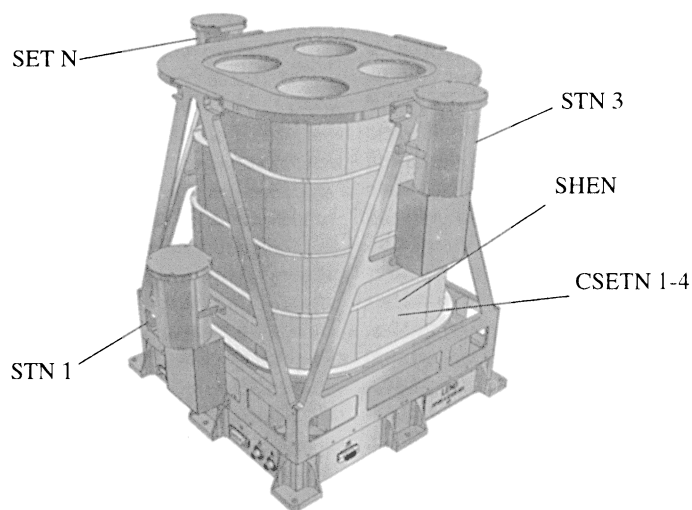
Пресс-релизы NASA
и ИКИ РАН,
июнь–июль 2009 г.
Подготовил
С.А. ГЕРАСЮТИН

Российский прибор на американском ИСЛ

На АМС «Лунный орбитальный разведчик» находится российский прибор – орбитальный нейтронный телескоп ЛЕНД (LEND, Lunar Exploration Neutron Detector – лунный исследовательский нейтронный детектор), работающий в диапазоне от тепловых энергий до 15 МэВ, пространственное разрешение – около 10 км. Размеры этого прибора – 46 × 46 × 44 см, масса – 26,3 кг. Его задача – поиск водорода и водородосодержащих соединений, к которым, в первую очередь, относится водяной лед в грунте полярных областей Луны. ЛЕНД регистрирует нейтроны водорода с энергией 0,4–100 эВ, рожденные в поверхностном слое лунного грунта под воздействием галактических космических лучей, а также измеряет нейтронную компоненту радиационного фона в окололунном космическом пространстве – очень важный параметр для безопасности полетов будущих пилотируемых экспедиций. По его данным составят карту содержания водорода в лунном реголите. ЛЕНД – усовершенство-

ванный вариант российского нейтронного детектора ХЕНД (HEND, High Energy Neutron Detector – детектор нейтронов высоких энергий), который с 2001 г. работает на АМС «Марс Одиссей» (NASA) на орбите ИСМ. ЛЕНД и ХЕНД способны обнаружить лед толщиной всего несколько миллиметров в верхнем слое грунта на глубине 1–2 м.

Прибор ЛЕНД разработан в ИКИ РАН в 2005–2009 гг. по заказу Федерального космического агентства. Научный руководитель проекта – доктор физико-математических наук И.Г. Митрофанов. В создании прибора участвовали Научно-исследовательский институт атомных реакторов (Димитровград, Ульяновская обл.), Институт машинове-



Российский прибор ЛЕНД, работающий на АМС «Лунный орбитальный разведчик» (США). На рисунке показано расположение двух детекторов тепловых нейтронов STN 1 и STN 3 и детектора надтепловых нейтронов SET N. Четыре коллимированных детектора CSETN 1–4 и детектор SHEN (на основе кристалла стильбена) находятся внутри прибора и защищены кадмиевым экраном. Рисунок ИКИ РАН.

дения им. А.А. Благонравова РАН (Москва), Объединенный институт ядерных исследований (Дубна, Московская обл.) и ГАИШ МГУ.

20 июня 2009 г. ЛЕНД начал работу на орбите ИСЛ. В первый месяц специалисты ИКИ РАН совместно с американскими коллегами успешно провели испытания всех режимов работы прибо-

«Марс-500»: первые результаты

14 июля 2009 г. завершился первый этап эксперимента по проекту «Марс-500» (Земля и Вселенная, 2008, № 3). Экипаж из шести добровольцев в составе россиян Сергея Рязанского, Алексея Баранова, Алексея Шпакова, Олега Артемьева, Француза Сирила Фурнье и немца Оливера Книккеля совершили 105-суточный «полет» в режиме полной изоляции в специальном медико-техническом комплексе – макете марсианского корабля. В этом комплексе созданы условия, максимально приближенные к тем, в которых окажутся люди в реальном полете на Марс, там лишь отсутствуют невесомость и радиация. Нынешнюю экспедицию условно разделили на три этапа: полет на околоземной орбите, перелет к Красной планете и полет на марсианской орбите. За время своего «путешествия к Марсу» его участники проводили научные исследования по программам, разработанным учеными России, Европы и США. Эксперимент проводится в Институте ме-

ра, получили данные измерений нейтронного излучения Луны и выполнили первый полный обзор лунных полярных областей. Как известно, исследование лунных полюсов представляет особый интерес для планирования будущих программ освоения Луны, ведь залежи водяного льда – важнейший ресурс для людей на лунных базах. Картографирование Луны по дан-

дико-биологических проблем РАН (ИМБП РАН), директор проекта «Марс-500» – врач-космонавт Б.В. Моруков (ИМБП РАН).

Наиболее значимые результаты 105-суточного эксперимента по имитации полета на Марс – психофизиологические. Такое мнение высказал научный руководитель проекта «Марс-500» вице-президент РАН академик А.И. Григорьев: *«Мы получили очень интересные результаты в этой области – не только личностные, но и малых групп, а также в области взаимоотношений экипажа и Центра управления полетом, когда Земля не вмешивалась в деятельность экипажа и не корректировала их действий»*. В исследованиях принимали участие представители различных школ психофизиологии из России (МГУ, ИМБП), Европы и США.

Кроме психофизиологии очень интересные исследования были проведены в области иммунологии и биохимии. Изучены все аспекты иммунитета, поскольку его изменения в изолированном объеме очень близки к тем, что происходят в условиях ре-

ным ЛЕНД началось в августе и продолжится в течение года.

Работы по проекту ЛЕНД включены в Федеральную космическую программу РФ на 2006–2015 гг. и ведутся в ИКИ РАН в кооперации с научно-исследовательскими организациями России.

Пресс-релиз ИКИ РАН,
27 июля 2009 г.

ального космического полета. Кроме того, получены новые данные в области протеомики (исследования белков человека), которая, по мнению академика А.И. Григорьева, сложнее, чем геномика (изучение генома человека). Для ученых очень важно попытаться оценить протеом здорового человека и сравнить его с протеомом испытуемого в длительной изоляции. Благодаря проведению первого этапа эксперимента «Марс-500» фундаментальная наука получила важные результаты, которые в дальнейшем могут быть использованы как при освоении космического пространства, так и на Земле. Не обошли ученые вниманием проблемы сна, потребления пищи, особенности баланса электролитов и белков. Получены уникальные данные, многие результаты оперативно обрабатывались, а участники эксперимента подошли к делу неформально и проявили себя творческими людьми.

Это был предварительный эксперимент, а главный, 520-суточный начнется не ранее марта 2010 г.

Пресс-релиз ИМБП РАН,
14 июля 2009 г.

Жизнь и научные труды В.П. Глушко

В 2008 г. отмечалось 100-летие со дня рождения одного из пионеров отечественной космонавтики, выдающегося ученого и конструктора ракетных двигателей и космических систем академика Валентина Петровича Глушко. Из книг, выпущенных к юбилею В.П. Глушко, отметим книгу П.И. Качура и А.В. Глушко «**Валентин Глушко**» («Политехника») и трехтомник «**Избранные работы академика В.П.Глушко**» («Химки»).

Книга «Валентин Глушко» – наиболее полная творческая биография В.П. Глушко. Авторы, использовавшие закрытые до последнего времени материалы, постарались объективно оценить роль В.П. Глушко в развитии отечественной космонавтики. В книге 760 страниц. Она содержит «Предисловие», 10 глав (с примечаниями), «Послесловие», «Библиографию трудов В.П. Глушко (Г.В. Петровича) в области ракетных двигателей, реактивных летательных аппаратов и межпланетных сообщений (1924–1988)», «Библиографию публикаций о В.П. Глушко и его творчестве», два «Приложения». В «Послесловии» к книге ее авторы отмечают:

«Трудно переоценить роль В.П. Глушко в становлении и успехах отечественного ракетостроения и

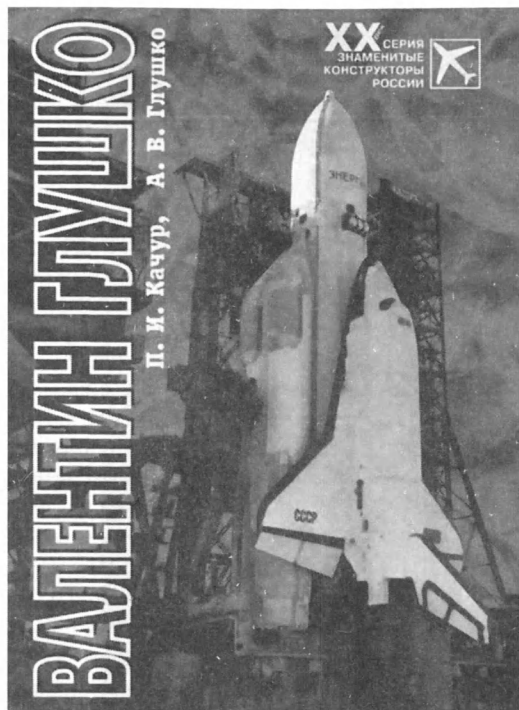


Валентин Петрович Глушко (1908–1989).

космонавтики, являющихся смыслом и содержанием его жизни еще с далекого, юношеского возраста, когда он увлекся идеей межпланетных полетов. Один только красноречивый факт – с 1947 по 1988 год в организации, которую он возглавлял, по идеям В.П. Глушко и под его непосредственным руководством разработано более 140 проектов ЖРД на разных компонентах топлива (в том числе кислородных – 59, азотно-кислотных – 52, фторных – 10, перекисьводородных – 19 и др.), а 53 ЖРД применены на 17 типах боевых и космических ракет, многие из которых успешно используются и в настоящее время».

В.П. Глушко предстает перед читателями не только как основоположник жидкостного ракетного двигателестроения, но и как видный организатор и популяризатор науки.

В 1969 г. В.П. Глушко возглавил Научно-методический совет по астрономии и космонавтике Всесоюзного общества «Знание». Автору этих строк довелось быть членом данного Совета и видеть, с какой ответственностью и требовательностью В.П.Глушко относился к работе. Несмотря на постоянную занятость, он всегда находил время регулярно проводить заседания Совета и председательствовать на них, работать над создани-



Обложка книги «Валентин Глушко».



Обложка одной из книг трехтомника «Избранные работы академика В.П. Глушко».

ем энциклопедии по космонавтике, выступать со статьями на страницах газет и журналов. В.П. Глушко был другом нашего журнала, который оказался одним из тех, где он начал выступать не под псевдонимом, а под собственным именем (Земля и Вселенная, 1971, № 4).

Книга «Валентин Глушко» адресована интересующимся историей ракетной науки и техники.

Трехтомник «Избранные работы академика В.П. Глушко» является продолжением его избранных трудов, изданных в 1977 г. («Путь в ракетной технике». М.: Машиностроение) и охвативших период 1924–1946 гг. Трехтомник содержит материалы, относящиеся в основном к 1944–1985 гг. Это письма, изобретения и другие документы В.П. Глушко, тексты

его выступлений и публикаций в средствах массовой информации. Подготовкой издания занималась рабочая группа под руководством В.С. Судакова. Трехтомник предназначен научным и техническим работникам в области ракетно-космической техники и всем, кто интересуется историей российского ракетостроения.

Е.П. ЛЕВИТАН

НОВЫЕ КНИГИ

Материалы конференции ИКИ РАН

Издательство «Наука» при поддержке Российской академии наук и Федерального космического агентства опубликовало материалы международного форума, посвященного 50-летию запуска первого ИСЗ – «**Пятьдесят лет космических исследований**» под редакцией ученого-секретаря ИКИ РАН доктора физико-математических наук *А.В. Захарова* (М.: Физматлит, 2009). В статьях сборника освещены наиболее важные результаты первых 50 лет фундаментальных космических

исследований. В него включены статьи, написанные на основе избранных докладов, прочитанных на заседаниях Международной конференции «Космос: наука и проблемы XXI века», прошедшей в ИКИ РАН в октябре 2007 г. (Земля и Вселенная, 2008, № 2).

В сборнике пять глав. В первой, «*Обращения к участникам форума*», приведены приветствия от Правительства РФ, Президиума РАН и руководителей космических агентств России, США и ESA. Во второй, «*Вступительная часть*», опубликованы выступления директора ИКИ РАН академика Л.М. Зелёного «Пятьдесят лет, изменившие наш взгляд на мир» и президента COSPAR Р.-М. Бонне «Космос ради будущего».

В третью, «*Обзор основных результатов, полученных в области космической физики и технологий*», вошли доклады ведущих ученых по различным направлениям космических исследований. Четвертая, «*Современные космические технологии*», содержит три статьи по актуальным вопросам перспектив развития российских роботов для научных исследований и технологии создания планетоходов, а также обзор состоявшихся и планируемых экспедиций АМС к Фобосу. Заключительная глава, «*Вопросы международной кооперации в исследованиях космоса*», рассказывает о сотрудничестве США и СССР во время «холодной войны» и о инициативах в изучении космоса.



**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ И ЗАМЕТОК, ОПУБЛИКОВАННЫХ
В ЖУРНАЛЕ «ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» В 2009 Г.**

Абалакин В.К., Левитан Е.П. Международный год астрономии (МГА-2009)	1	ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ – МЕДИЦИНЕ	
Агаронян Ф.А., Чернякова М.А. Небо в гамма-лучах	2	Бреус Т.К. Влияние «космической погоды» на биологические объекты	3
Беляков А.С. Феномен подземного звука	2	Гинзбург А.С., Виноградова А.А. Изменение климата, загрязнение атмосферы и здоровье населения	3
Веселовский И.С. Завершение миссии АМС «Улисс»: четырехмерная гелиосфера	5	Голицын Г.С., Гранберг И.Г., Ефименко Н.П., Поволоцкая Н.П. Атмосфера и здоровье	3
Вибе Д.З. Рождение массивных звезд	4	Григорьев А.И., Макоско А.А. Об исследованиях влияния изменений погоды и климата на здоровье человека в программе Президиума РАН «Фундаментальные науки – медицине»	3
Головкин В.А., Кондранин Т.В. Космический мониторинг ураганов	6	Ревич Б.А. Чем грозит нашему здоровью изменение климата	3
Государственные премии России – нашим выдающимся астрофизикам	5	ЛЮДИ НАУКИ	
Гнедин Ю.Н. Межгалактическое магнитное поле	1	Алина Иосифовна Еремеева (к 80-летию со дня рождения)	5
Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Ожидаемые изменения климата: вероятностный прогноз	1	Еремеева А.И. Пьер Симон Лаплас	2
Дубрович В.К. Первичные молекулы в «Темную эпоху»	2	Еремеева А.И. Василий Григорьевич Фесенков (к 120-летию со дня рождения)	4
Козенко А.В. Спутники Марса	4	Козенко А.В. Михаил Сергеевич Молоденский (к 100-летию со дня рождения)	3
Котов Ю.Д. Солнечный спутниковый проект «Коронас-Фотон»	3	Корсунь А.А., Яцкив Я.С. Евгений Павлович Фёдоров (к 100-летию со дня рождения)	5
Мохов И.И., Хон В.Ч. Перспективы Северного морского пути (по данным моделирования)	2	Кукаркина Н.П., Расторгуев А.С., Самусь Н.Н. Борис Васильевич Кукаркин (к 100-летию со дня рождения)	6
Новиков И.Д. Темные объекты и темная материя	5	Курт В.Г. Памяти Вячеслава Ивановича Слыша	1
Титов Д.В., Закутняя О.В. «Венера Экспресс»: основные итоги первого этапа миссии	6	Маркин В.А. Александр Евгеньевич Ферсман	3
Шевченко В.В. Юбилей первой пилотируемой экспедиции на Луну	5	Нефедьев Ю.А., Дубяго И.А., Вараксина Н.Ю. Василий Павлович Энгельгардт	1
Шустов Б.М., Сачков М.Е. Ультрафиолетовая Вселенная	6		

Чернин А.Д. Яан Эльмарович Эйнасто (к 80-летию со дня рождения)	4	Пахомов А.Г. Мой снимок полной фазы затмения	1
Шевченко В.В. Юрий Наумович Липский (к 100-летию со дня рождения)	6	ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ	
Памяти Юрия Николаевича Глазкова	2	Малков О.Ю. Каким видится будущее науки о Вселенной	6
Памяти Жака Пикара	2		
Памяти Дмитрия Ильича Козлова	4	ПРОБЛЕМЫ SETI	
СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ		Зайцев А. Л. Астероиды и инопланетяне: угроза реальная и мнимая	1
Ананичева М.Д., Новенко Е.Н., Колосов В.А. Факты и тенденции в географической науке (31-й Географический конгресс в Тунисе)	2	Рудницкий Г.М. Полвека поиска сигналов внеземного разума	4
Барышев Ю.В., Таганов И.Н., Идлис Г.М., Земцов А.Н. Проблемы практической космологии	3	ИСТОРИЯ НАУКИ	
Закутняя О.В. Семинар в ИКИ РАН	4	Панов В.Ю. Запуски первых АМС к Луне	4
Малков О.Ю. Всероссийская конференция «Астрономия и общество»	5	АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
Сазонов С.Ю. «Астрофизика высоких энергий – 2008»	3	Угольников О.С. XVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии	5
Чепурова В.М. Очередной съезд АстрО	2	Язев С.А. Уровень астрономических знаний в обществе	5
ОБСЕРВАТОРИИ, ИНСТИТУТЫ		АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ	
Бурцева Т.Н., Абросимов Н.И. Научно-исследовательский центр «Планета»	1	Полтавец Г.А., Кантемиров Б.Н. Юбилей ВАКО «Союз»	2
Верещагин С. В., Юревич В.А. Астронегативы Звенигородской обсерватории	1	Полтавец Г.А. Аэрокосмическое образование детей и молодежи	4
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОЕКТЫ		ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ	
Котляков В.М., Фролов И.Е. Международные полярный год 2007–2008: вклад России	6	Крячко Т.В. Обзор российского рынка любительских телескопов	3
ЭКСПЕДИЦИИ		Рубцов В.И. Фотография туманности Северная Америка	5
Язев С.А., Батмунх Д. Наблюдения полного солнечного затмения 1 августа 2008 г. в Монголии	1	Рудаковский А. Мой опыт работы с телескопом «Synta Sky-Watcher 707AZ2»	1
<i>Любительские наблюдения затмения</i>		Чулков Д.А. Небесный календарь: март – апрель 2009 г.	1
Гулютин Д.А. Всё за сибирскую корону!	1	Небесный календарь: май – июнь 2009 г.	2
Кузьмин М.Л. Наблюдение солнечного затмения в Новосибирске	1	Небесный календарь: июль – август 2009 г.	3
		Небесный календарь: сентябрь – октябрь 2009 г.	4

Небесный календарь: ноябрь – декабрь 2009 г.	5	КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ	
Небесный календарь: январь – февраль 2010 г.	6	Курт В.Г. Книга, которую полезно прочитать каждому	5
Щивьёв В.И. «Астрофест-2009 г.»	5	Маркин В.А. О величии снега, льда, ледников	4
Шурпаков С.Э. Комета Лулинь	4	Пшеничнер Б.Г. «Космический веночек малых планет»	4
ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ		НОВЫЕ КНИГИ	
Гуреев А.В., Гуреев С.В. Самодельный телескоп «Twilight»	1	«Академик Лев Андреевич Арцимович (воспоминания, статьи, документы)» (Сборник)	5
ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ		Вторая книга о стыковках в космосе (В.С. Сыромятников. «Сто рассказов о стыковке и других приключениях в космосе и на Земле»)	5
Герасютин С.А. Полеты межпланетных станций и научных спутников	2	Вселенная... дошкольника! (Е.П. Левитан. “Беседы с малышами о Вселенной”)	6
ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ		Все тайны Солнца в одной книге (Д. Уайтхаус. «Биография Солнца»)	3
Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Сейсмическая обстановка с 12 мая по 15 октября 2008 года	1	«Гагарин известный и неизвестный» (Альбом. Автор-составитель В.П. Таран)	5
Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Более четырех тысяч землетрясений за год (май 2008 г. – май 2009 г.)	5	Жизнь и научные труды В.П. Глушко (П.И. Качура, А.В. Глушко. «Валентин Глушко»; “Избранные труды академика В.П. Глушко”)	6
Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Коломиец М.В. Разрушительное землетрясение в Италии 6 апреля 2009 г.	5	«Книга о Луне» (С.И. Дубкова)	2
ПО ВЫСТАВКАМ И МУЗЕЯМ		Книга о П.А. Кропоткине (В.А. Маркин. «Кропоткин»)	6
Костина Ю.В. Реконструкция Мемориального музея космонавтики	3	Материалы конференции ИКИ РАН (Сборник. «Пятьдесят лет космических исследований»)	6
ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ		Научно-фантастические произведения К.Э. Циолковского (Сборник «Вне Земли»)	5
Рудницкий Г.М. Новые открытия внесолнечных планет	1	Новая книга о космогонии (Ф.А. Цицин. “Очерки современной космогонии Солнечной системы. Истоки. Проблемы. Горизонты”)	6
НЕОБЫЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ		Пособие по астрономии (В.Г. Черный, В.И. Майорова. «Астрономия в космонавтике»)	2
Баландин Р.К. Гидровулканы	6	Связь комет с планетами (О.В. Калиничева, В.П. Томанов. «Динамическая связь комет с планетами»)	5

Юбилейный выпуск ШАК («Школьный астрономический календарь»)	6	Создается объемная карта Вселенной	1
Указатель статей и заметок, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 2009 г.	6	Ишков В.Н. Солнце в августе – сентябре 2008 г.	1
НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ:		Солнце в октябре – ноябре 2008 г.	2
Астрономия		Солнце в декабре 2008 г. – январе 2009 г.	3
Взаимодействующие галактики в Ките «Гибрид астероида и кометы»?	2	Солнце в феврале – марте 2009 г.	4
Деймос: новые фотографии	6	Солнце в апреле – мае 2009 г.	5
Звездная эстафета – 2009	4	Солнце в июне – июле 2009 г.	6
Измерены радиус и элементы орбиты экзопланеты	6	«Спитцер»: очаг звездообразования в Кассиопее	1
«Кассини»: прерывистые кольца спутников Сатурна	1	Спутники Сатурна на фоне планеты	4
«Кассини»: новые снимки спутников Сатурна	4	Стивен Хокинг награжден медалью Свободы	6
«Кассини»: открытие 61-го спутника Сатурна	4	Температура атмосферы Плутона	4
Кассиопея А: новое изображение	3	Что происходит в центре Галактики	2
Кольцеобразное солнечное затмение 26 января 2009 г.	3	Фотография планетарной туманности NGC 2818	3
Лауреаты премии по космологии	5	Экзопланета у β Живописца	2
Международная премия Виктора Амбарцумяна	5	Космонавтика	
Необычный остаток Сверхновой	6	Азиатско-Тихоокеанское космическое агентство	2
Международная научная премия – академику Р.А. Сюняеву	3	Восемнадцатая основная экспедиция на МКС	2
Найдены бактерии на Марсе?	3	«Гершель» и «Планк» – новые космические обсерватории	5
NGC 346 – одна из областей звездообразования	3	График полетов на МКС до конца 2010 г.	1
Новое об экзопланетах	2	22-й полет «Индевоора»	2
Новые транснептунные объекты	1	23-й полет «Индевоора»	6
Новый класс активных галактик	5	Девятнадцатая и двадцатая основные экспедиции на МКС	4
Предел роста сверхмассивных черных дыр	1	Европейский научный спутник «GOCE»	4
Пролет астероидов вблизи Земли	4	Завершение полета европейского «грузовика»	1
Резолюция Всероссийской конференции «Астрономия и общество», посвященной Международному году астрономии (Москва, МГУ и.м. М.В. Ломоносова) 25–27 марта 2009 г.	4	Запуск космического телескопа «Кеплер»	4
Самая маленькая экзопланета	3	Иран стал девятой космической державой	4
Сверхновая, открытая российскими астрономами-любителями	1	«Марс-500»: первые результаты	6
Свет в конце тоннеля?	3	Новая выставка в ИКИ РАН	2
		Новый статус ЦПК	1
		Новый ИСЛ	6
		Российский прибор на американском ИСЛ	6
		«Стардаст»: продолжение полета	4

105-суточный эксперимент «Марс-500»
 36-й полет «Дискавери»
 Третий полет тайконавтов
 30-й полет «Атлантика»
 «Феникс»: снег на Марсе?
 «Чанъэ-1»: прекращение полета

Геофизика

Замедление Северо-Атлантического течения
 Международный геологический конгресс
 Метеорологические рекорды ноября и декабря 2008 г.

«Мир-1» и «Мир-2» исследуют дно Байкала
 Рудоносные гайоты Магеллановых гор
 Сверхмощный суперкомпьютер Гидрометцентра
 Сдвиги границ сезонов над материками и океанами
 Три катастрофических урагана в сентябре 2008 г.
 Указатель статей, посвященных исследованиям в области географии и экологии, проблемам биосферы, ноосферы и устойчивого развития, опубликованных в «Земле и Вселенной» в 1965–2008 гг.

НОВЫЕ КНИГИ

Юбилейный выпуск ШАК

В 2009 г. в издательстве «Дрофа» вышел в свет 60-й выпуск «Школьного астрономического календаря» (ШАК). Сейчас уже мало кто помнит, как выглядели его первые выпуски (это были небольшие тетрадки в голубоватой обложке), и еще меньше осталось тех, кому довелось общаться с основателем ШАК *Виталием Алексеевичем Шишаковым*, который первым в СССР защитил кандидатскую диссертацию по методике преподавания астрономии в средней школе (1945) и был одним из ветеранов Московского планетария. Несмотря на то, что Виталий Алексеевич был старше меня на более чем 40 лет, он находил время и возможность подолгу обсуждать со мной волнующие его проблемы, связанные с содержанием и изданием



ШАК («Календарь» сначала выходил в «Учпедгизе», это издательство впоследствии стало называться «Просвещение»).

В.А. Шишаков занимался выпуском ШАК более 20 лет, его сменил М.М. Дагаев, а в 1988 г. автором и составителем ШАК стал М.Ю. Шевченко, с которым в последние годы успешно сотрудничает О.С. Угольников.

Сложилась весьма необычная ситуация: астро-

номии в школе как учебного предмета практически нет, а «Школьный астрономический календарь» благополучно издается. Это, конечно, представляет собой весьма положительное явление, потому что ШАК зарекомендовал себя как необходимое учебное пособие при проведении всевозможных занятий по астрономии в 7–11-х классах. На него даются ссылки в некоторых учебниках и методических руководствах по преподаванию астрономии.

Традиционно ШАК включает следующие разделы: «Предисловие», «Календарь наблюдателя», «Справочник наблюдателя», «Памятные даты», «Приложения». Главные из них – «Календарь наблюдателя» и «Справочник наблюдателя». В «Календаре наблюдателя» приводятся основные астрономические эпохи на данный учебный год, сведения о виде звездного неба и астрономических явлениях на каждый месяц. В «Справочнике наблюдателя» содержится полезная для наблюдателя информация о

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

видимости Луны, планет, метеорных потоков, звезд (двойных, кратных, переменных), звездных скоплений (рассеянных и шаровых), туманностей, галактик, а также о видимости солнечных и лунных затмений. «Памятные даты» – это заметки о юбилеях выдающихся ученых и важнейших событий в истории астрономии и космонавтики. «Приложения» включают Подвижную карту звездного неба и инструкцию по ее применению, краткий толковый астрономический словарь и греческий алфавит.

Со временем, вероятно, содержание и структура ШАК будут совершенствоваться. Резервы для их улучшения есть. Я неоднократно предлагал подумать о том, нужно ли сохранять существующие ныне два главных раздела или аккуратно объединить их, опустив ряд второстепенных моментов. Это сделало бы ШАК более компактным и удобным для использования. В «Календаре» явно не хватает краткой информации о рекомендуемой учебной и научно-популярной литературе – книгах

и журналах для школьников разного возраста – или хотя бы их перечня.

«Землю и Вселенную» и «Школьный астрономический календарь» связывают десятилетия дружбы и плодотворного сотрудничества (Земля и Вселенная, 1990, № 3, с. 96; 2001, № 6, с. 76). Сегодня мы рады поздравить издательство «Дрофа» и неутомимых авторов-составителей ШАК с юбилейным выпуском!

Е.П. ЛЕВИТАН

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(I полугодие 2010 г.) во всех отделениях связи.
Подписной индекс – 70336.*

*Отмечаем одно немаловажное обстоятельство:
№ 1, 2010 г. будет приурочен к 45-летию журнала
“Земля и Вселенная”*

Заведующая редакцией Г.В. МАТРОСОВА
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин

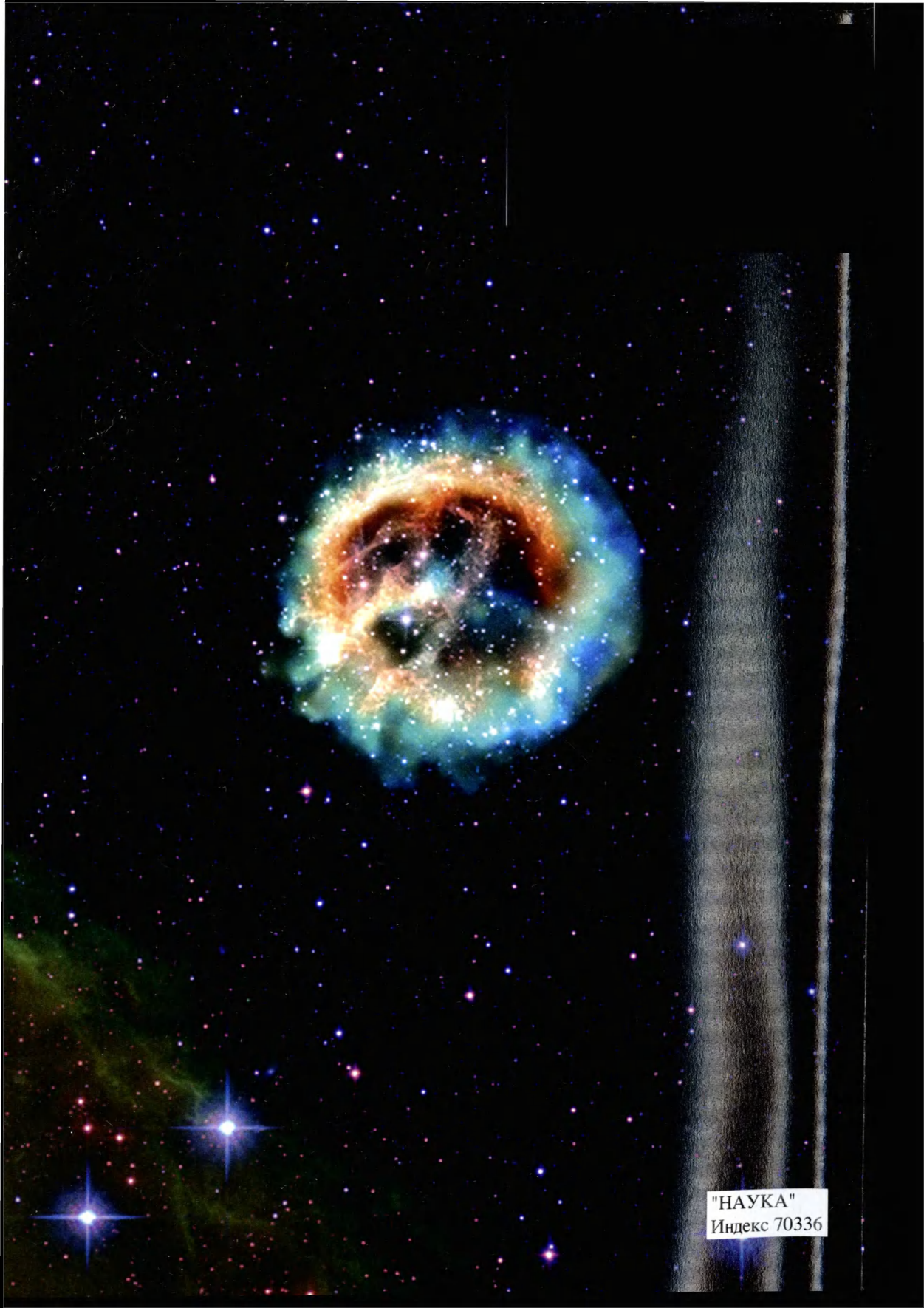
Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 31.08.2009. Подписано в печать 21.10.2009. Формат бумаги 70 × 100¹/₁₆,
Офсетная печать. Уч.-изд.л. 12,2 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отт. 4,5 тыс. Бум.л. 3,5
Тираж 486 экз. Зак. 689

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Академиздатцентр «Наука»,
117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Адрес редакции: 119991, Москва, Мароновский пер., 26
Телефоны: (факс) (499) 238-42-32, 238-29-66
E-mail: zevs@naukaran.ru
Оригинал-макет подготовлен АИЦ “Наука” РАН
Отпечатано в ППП “Типография “Наука”,
121099 Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"
Индекс 70336