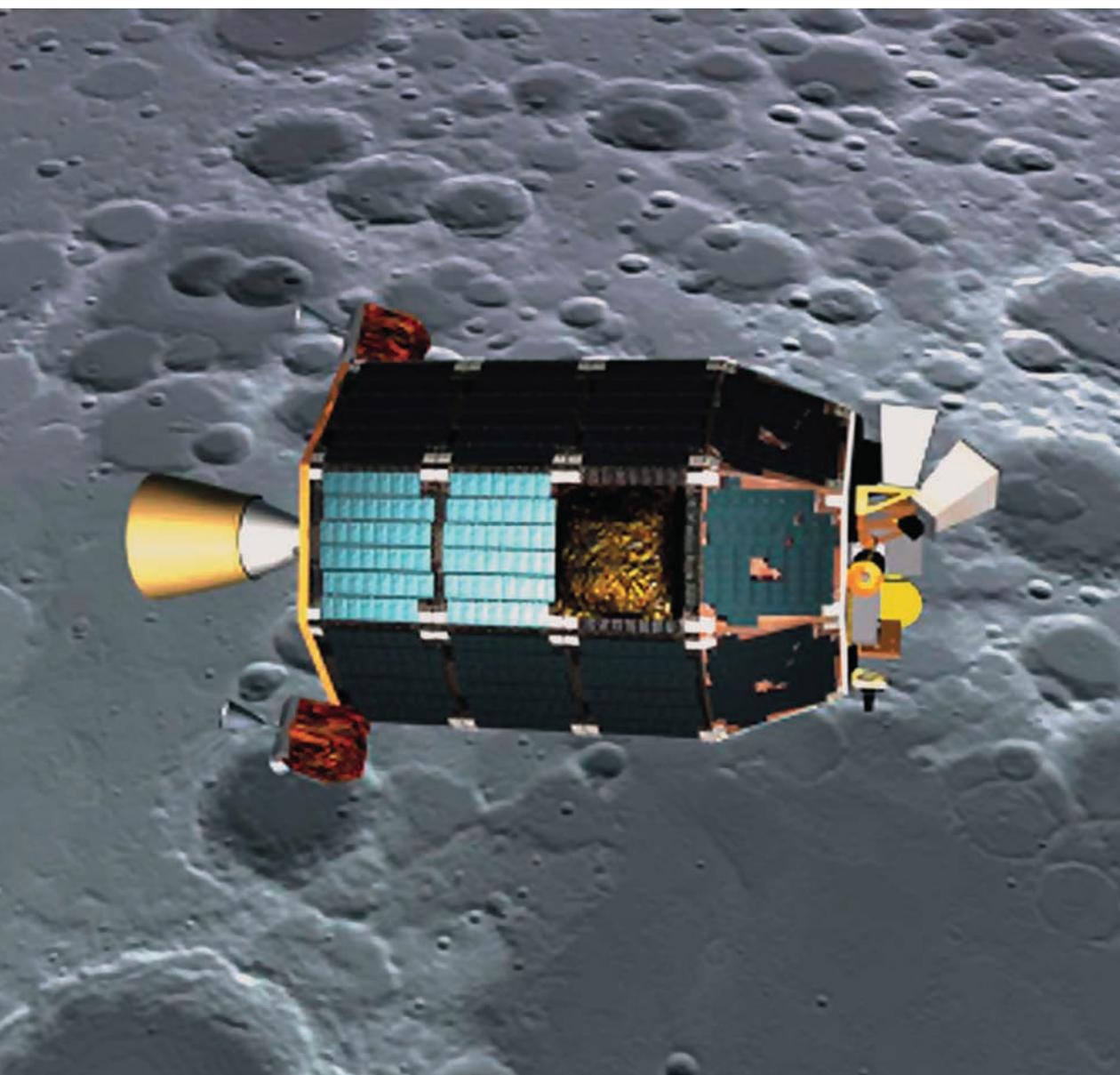
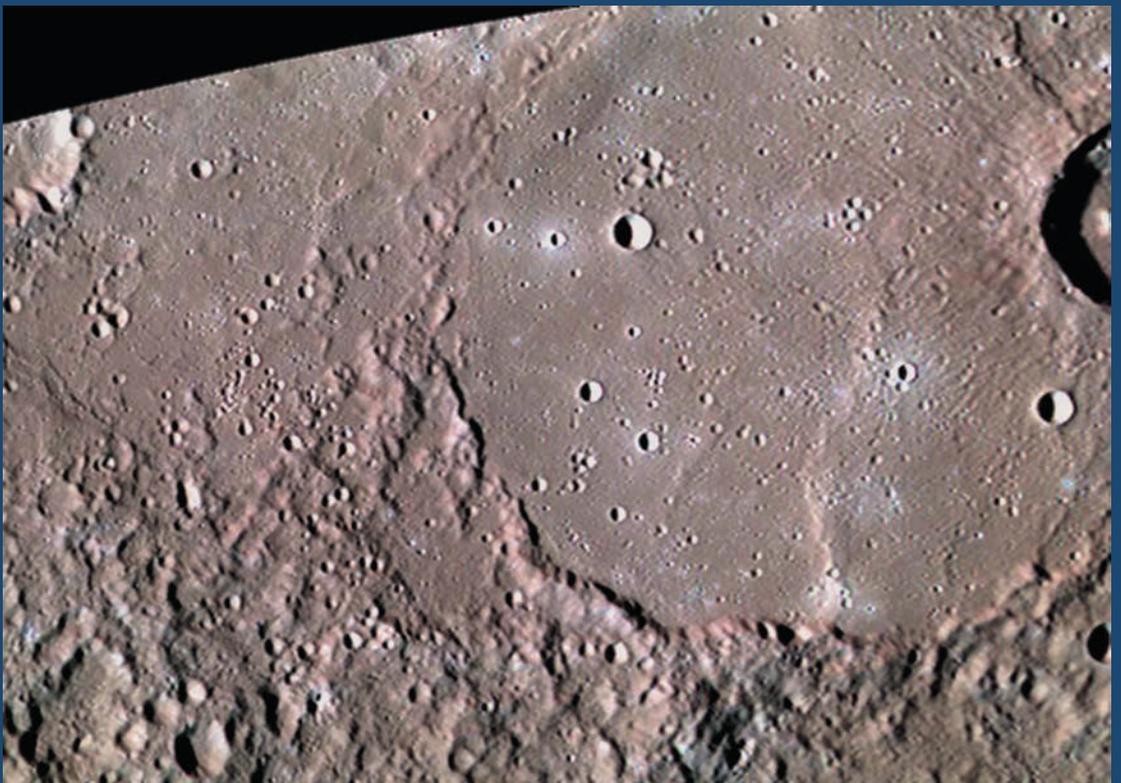
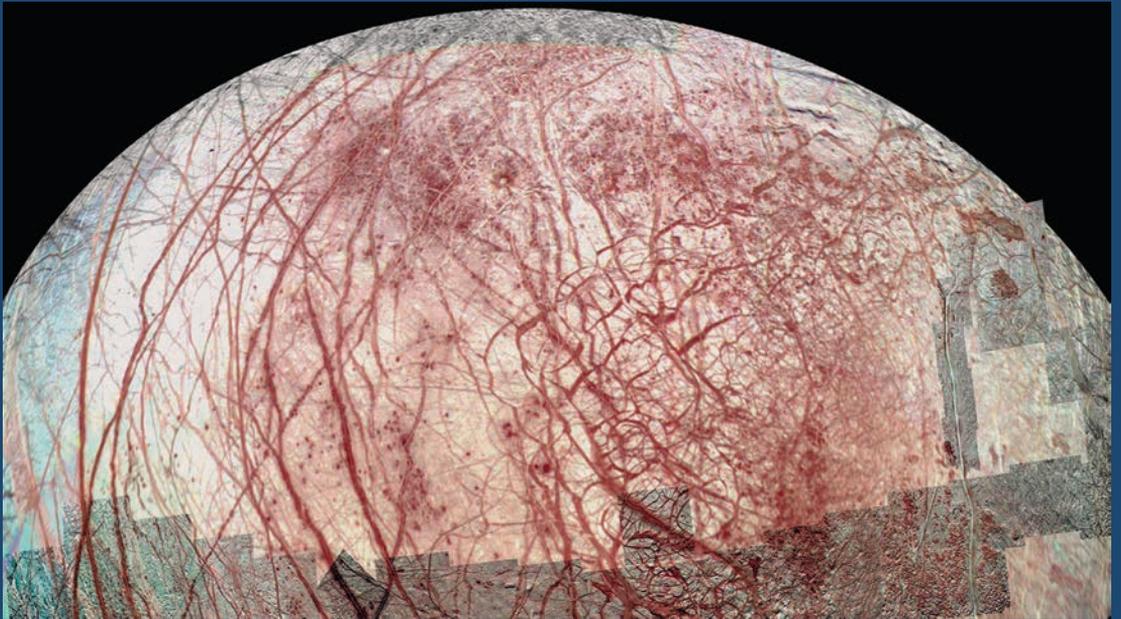


ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

ЯНВАРЬ-ФЕВРАЛЬ 1/2014





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

1/2014



Новости науки и другая информация:

Солнце в августе – сентябре 2013 г. [22]; Гигантские океанические водовороты [39]; Взрыв в центре Галактики [74]; Планеты-скальпы [82]; Необычные bipolarные туманности [83]; КТХ исследует галактику [88]; Глобального потепления не предвидится [105]; Новый американский ИСЛ [106]; Трещины на Европе [108]; Исследование сверхскопления [109]; “Кьюриосити”: метан на Марсе не обнаружен [110].

Новые книги: Истоки астрономии (Дж. Локьер. Рассвет астрономии. Планеты и звезды в мифах древних народов) [48]; О возникновении жизни на Земле (В.Н. Флоровская, Ю.И. Пиковский, М.Е. Раменская. Предбиологическая эволюция углеродистых веществ на ранней Земле) [57]

В номере:

- 3 ВЕРХОДАНОВ О.В. “Планк”: новый шаг в понимании Вселенной
25 САЧКОВ М.Е. Ультрафиолетовые обсерватории будущего

ЛЮДИ НАУКИ

- 40 ДУБЯГО И.А., НЕФЕДЬЕВ Ю.А. Александр Дмитриевич Дубяго (к 100-летию со дня рождения)
49 КОЗЕНКО А.В. Александр Александрович Михайлов (к 125-летию со дня рождения)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 58 МАШОНКИНА Л.И. Международная конференция “Эволюция А-звезд”

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 63 ВТОРОВ И.П. “Древняя гавайская астрономия”

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- 75 ПАНОВ А.Д. Панспермия и механизмы возникновения жизни во Вселенной

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- 84 ВИНЬЯМИНОВ И.В. Мой телескоп

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 89 ЩИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: март – апрель 2014 г.

ПРИРОДА ЗЕМЛИ

- 94 УФИМЦЕВ Г.Ф. Водопады



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; Deputy Editor V.M. Kotlyakov

На стр. 1 обложки: Американская АМС "LADEE" на окололунной орбите. Рисунок NASA (к стр. 106).

На стр. 2 обложки: Вверху – Многочисленные трещины на ледяной поверхности спутника Юпитера Европы. Мозаичное изображение составлено из снимков, сделанных в 1996–1999 гг. АМС "Галилео" (к стр. 108). Внизу – Крупный кратер Монтеверди диаметром 133 км на северном полюсе Меркурия (63,54° с.ш., 275,7° в.д.), заполненный вулканической лавой. Снимок получен 18 апреля 2013 г. АМС "Мессенджер" (разрешение – 320 м). Фото NASA/JPL.

На стр. 3 обложки: Золотые дюны между горными хребтами в Лабиринте Ночи (Noctis Labyrinthus) в центре вулканической области Горы Фарсида (Tharsis Montes). Необычные формы отложений, устойчивые к деградации в течение длительного времени, сформировались в далеком прошлом в условиях влажного и теплого климата. Снимок сделан 31 августа 2013 г. с помощью камеры HiRISE АМС "Марсианский орбитальный разведчик". Фото NASA/JPL.

На стр. 4 обложки: Биполярная туманность Sharpless 2-106, расположенная на расстоянии 2 тыс. св. лет от Земли в отдаленной части Млечного Пути. В обе стороны от центральной звезды – белого карлика IRS 4 – движется облака горячего газа. Звезду окружает газопылевой пояс. От мелких частиц пыли отражается свет, пронизанный нитями пылевых сгустков. Снимок сделан 15 декабря 2011 г. КТХ. Фото NASA (к стр. 83).

In this issue:

- 3 VERKHODANOV O.V. "Planck": New Step towards Understanding the Universe
25 SACHKOV M.E. Ultraviolet Observatories of the Future

PEOPLE OF SCIENCE

- 40 DUBYAGO I.A., NEFEDYEV Yu.A. Aleksandr Dmitriyevich Dubyago (to the 100th Anniversary of Birth)
49 KOZENKO A.V. Aleksandr Aleksandrovich Mikhailov (to the 125th Anniversary of Birth)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 58 MASHONKINA L.I. International Conference "Evolution of A Stars"

HISTORY OF SCIENCE

- 63 VTOROV I.P. Ancient Hawaiian Astronomy

HYPOTHESES, DISCUSSIONS, SUGGESTIONS

- 75 PANOV A.D. Panspermia and Mechanisms of Origins of Life in the Universe

AMATEUR TELESCOPE MAKING

- 84 VINYAMINOV I.V. My Telescope

AMATEUR ASTRONOMY

- 89 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: March – April 2014

NATURE OF EARTH

- 94 UFIMTSEV G.F. Waterfalls

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН

Зам. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ

Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ

доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,

академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,

доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,

кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,

член-корр. РАН А.А. МАЛОВИЧКО, доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ,

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

член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,

доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ, член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,

кандидат физ.-мат. наук О.С. УГОЛЬНИКОВ, член-корр. РАН В.П. САВИНЫХ,

академик А.М. ЧЕРЕПАЦУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

“Планк”: новый шаг в понимании Вселенной

О.В. ВЕРХОДАНОВ,
доктор физико-математических наук
САО РАН

Более четырех лет европейская космическая обсерватория “Планк” исследует анизотропию фонового излучения. Собраны уникальные сведения и

созданы карты реликтового фона высокого разрешения, имеющие первостепенное значение для понимания происхождения и эволюции Вселенной. Автор

рассмотрел основные этапы получения астрофизической и космологической информации по данным микроволновых обзоров небесной сферы.

ПРОБЛЕМА РОЖДЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

Мы живем в эпоху, когда человечество вплотную приблизилось к пониманию процесса возникновения Вселенной. Это знание основывается на современных достижениях физики, математики и электроники, развитие которых обеспечило прорыв по многим научным направлениям. Среди наиболее важных естественных наук – космология и астрофизика. Они не только объясняют прошлое Вселенной, но и, возможно, позволят выжить человечеству спустя тысячи и миллионы лет.



Есть два основных экспериментальных пути получения информации о явлениях, происходящих при рождении Вселенной: регистрация столкновений частиц на

гигантских ускорителях и астрономические наблюдения. Оба направления требуют огромных затрат человеческих и материальных ресурсов, но полученные ответы на основополагающие вопросы устройства нашего Мира стоят того. Они играют важнейшую роль в понимании природы Вселенной.

Среди всех астрономических экспериментов, предложенных для изучения возникновения и эволюции Вселенной, особо выделяются исследования реликтового излучения (РИ). Причина состоит в том, что многие физические процессы,

связанные с появлением и ростом неоднородностей распределения вещества, которые определили существование крупномасштабной структуры Вселенной – галактик и их скоплений, а значит, Солнца, Земли и нас с вами, – нашли отражение в неоднородностях РИ. Благодаря особенностям распределения на больших и малых угловых масштабах космического микроволнового фона на небе, а также его поляризационным свойствам, удается независимо определить космологические параметры с точностью, превосходящей результаты других астрономических экспериментов. Эти параметры и есть ключ к пониманию рождения и эволюции Вселенной.

Из-за этих особых характеристик РИ научные фонды развитых стран финансируют и поддерживают десятки экспериментов. Одна из таких программ выполнена европейской космической обсерваторией “Планк” (<http://www.esa.int/Planck>; Земля и Вселенная, 2009, № 5, с. 43–45; 2010, № 4, с. 69; 2010, № 6, с. 111).

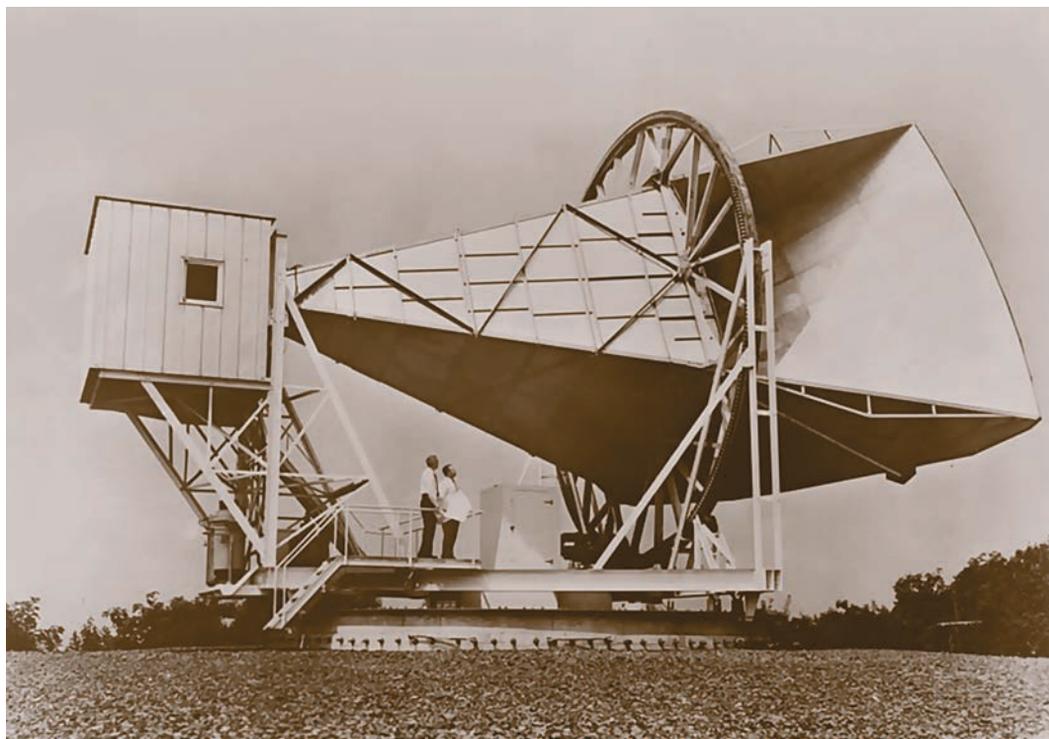
ИЗУЧЕНИЕ РЕЛИКТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Первое достоверное измерение уровня неоднородностей (флуктуаций, или анизотропии) РИ проведено на американской космической обсер-

ватории “COBE” (Cosmic Background Explorer – исследователь космического фона; 1989–1993 гг.; Земля и Вселенная, 1990, № 2, с. 90; 1993, № 2). Начало эпохи точной космологии связывают с американской космической обсерваторией “WMAP” (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe – зонд для изучения микроволновой анизотропии им. Д. Вилкинсона; 2001–2009 гг.; Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 110). В 2006 г. научных руководителей программы “COBE” Дж. Смута и Дж. Мазера удостоили Нобелевской премии по физике за открытия в области космологии: определение чернотельности спектра РИ и построение карты анизотропии его температуры (Земля и Вселенная, 2007, № 3). В результате работы этих обсерваторий была открыта первичная анизотропия реликтового фона и составлены самые детальные карты флуктуаций температуры распределения микроволнового излучения на небесной сфере (Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 110).

Однако с исторической точки зрения все началось в 1922 г., когда российский/советский ученый А.А. Фридман на основе решения уравнения А. Эйнштейна теоретически предсказал расширение Вселенной. В 1929 г. Э. Хаббл, наблюдая удаляющиеся

от нас галактики, подтвердил этот факт. Оба события стали ключевыми в формировании нового мировоззрения и доказательством адекватности описания Мира физикой. В 1948 г. американские астрофизики Р. Альфер и Р. Герман (ученики Г.А. Гамова) создали первую теорию горячего Большого взрыва, в которой предсказали физические свойства фридмановской Вселенной. Они провели расчет первичного нуклеосинтеза, который объяснил наблюдаемое содержание водорода (примерно 75%) и гелия (около 25%) в настоящую эпоху, а также показали, что должен существовать реликтовый фон с температурой 5 К. В полученном решении физическая картина Мира описывалась небольшим числом параметров. Такое описание позволило предсказывать физические свойства Вселенной и решать обратную задачу – измерять космологические параметры по наблюдательным данным. Как выяснилось позднее, теорию можно было проверить еще во время создания, используя астрономические наблюдения. В 1941 г. канадский астрофизик А. МакКеллар при изучении линий поглощения молекулы циана (CN) в направлении на звезду ϵ Змееносца обнаружил, что молекула имеет до-



Рупорная антенна (6 × 15 м) связи со спутниками лаборатории "Бэлл" в Холмделе (Нью-Джерси, США). В 1964 г. А. Пензиас и Р. Вильсон с ее помощью открыли РИ. Фото NASA.

полнительное возбуждение, соответствующее температуре 2,3 К. Этот факт удалось объяснить, когда И.С. Шкловский, а также Дж. Филд и Р. Тадеуш показали, что возбуждение CN вызвано фотонами космического микроволнового фона. И.С. Шкловский назвал этот фон реликтовым излучением (Земля и Вселенная, 1984, № 4).

В 1955 г. аспирант Т.А. Шмаонов под руководством профессора

С.Э. Хайкина проводил наблюдения на рупорной антенне в Пулковской обсерватории и измерил распределение температуры фонового излучения на волне 3,2 см. Он получил значение температуры 4 ± 3 К, не зависящее от направления. Хотя точность измерения оказалась незначительной, эта температура оказалась всего на 2 К выше эффективной температуры тропосферы в радиодиапазоне. Этими данными в то время другие ученые не интересовались. В 1964 г. астрофизики-теоретики А.Г. Дорошкевич и И.Д. Новиков в предположении правильности теории горячей Вселенной

рассчитали электромагнитный спектр неба с учетом эволюции галактик, красного смещения и ожидаемой температуры реликтового фона. Они выявили наблюдательное окно в спектре, где температура черного телельного микроволнового фона выше мешающих галактических и внегалактических компонент. Их статья "Средняя плотность излучения в Метагалактике и некоторые вопросы релятивистской космологии" вышла в том же году в журнале "Доклады АН СССР" и в английском переводе, но также осталась незамеченной.

В 1964 г. американские специалисты Лабо-

ратории компании “Бэлл” А. Пензиас и Р. Вильсон изучали радиоэхо от аэростатов с помощью 6-м рупорной антенны с приемником, охлаждаемым жидким гелием. Борясь с шумами, ученые обнаружили необъяснимое превышение фона, соответствующее 3,5 К, о чем доложили на семинаре американского радиоастронома Б. Берка в Массачусетском технологическом институте. Чуть раньше на этом же семинаре группа американских астрофизиков Р. Дике и Дж. Пиблса сделала доклад о вероятной температуре микроволнового фонового излучения (Земля и Вселенная, 1992, № 3). Благодаря такому удачному стечению обстоятельств стало понятно, что регистрация шумового сигнала объяснялась в рамках космологической модели горячей Вселенной. Несмотря на случайность открытия реликтового излучения, к тому времени теория уже предсказала его существование и возможность наблюдения. Это открытие отмечено Нобелевской премией по физике 1978 г. В Нобелевской лекции А. Пензиас рассказал и о статье советских астрофизиков А.Г. Дорошкевича и И.Д. Новикова, которая появилась раньше, чем сделали открытие.

Подтверждение теории горячей ранней Вселенной (теории Большо-

го взрыва) и присутствие структур в космическом пространстве естественным образом приводили к доказательству чернотельности микроволнового фона и поиску анизотропии (искажений или флуктуаций) РИ. В 1965 г. академик А.Д. Сахаров предсказал существование анизотропии из колебаний плотности материи в раннюю эпоху Вселенной. Эти колебания названы сахаровскими осцилляциями. С середины 1960-х гг. по настоящее время десятки экспериментов в диапазоне длин волн 408 МГц – 300 ГГц позволили установить температуру РИ с высокой точностью ($T_0 = 2,7356 \pm 0,038$ К) и подтвердить его чернотельность.

Поиск и отсутствие флуктуаций температуры РИ приводили к понижению верхней границы их существования на различных угловых масштабах – с 10^{-3} до 10^{-5} (в относительных единицах $\Delta T/T$). Это заставляло менять теорию формирования крупномасштабной структуры Вселенной и предсказывать новые наблюдательные эффекты. Лидером в этом теоретическом поиске была группа академика Я.Б. Зельдовича. Важные эксперименты выполнила в 1970-е гг. на радиотелескопе РАТАН-600 в САО группа академика Ю.Н. Парийского. Ученые понизили верхнюю

границу относительного уровня флуктуаций температуры фона на угловых масштабах 5–10'. Эксперимент “Реликт” на ИСЗ “Прогноз-9” (1983) намекнул на существование неоднородности РИ на низких гармониках (Земля и Вселенная, 1984, № 4). Космическая обсерватория “СОБЕ” с высокой точностью (примерно 10^{-5}) подтвердила существование анизотропии, была составлена ее карта на полной небесной сфере. Измерение космологических параметров, проведенное “WMAP”, и уточнение их значений обсерваторией “Планк” в результате наблюдения искажений РИ стали фундаментальным вкладом в космологическую модель с недостижимой ранее точностью.

Наблюдения, выполненные на обсерватории “Планк”, превосходят предыдущие по чувствительности, угловому разрешению и количеству частотных полос.

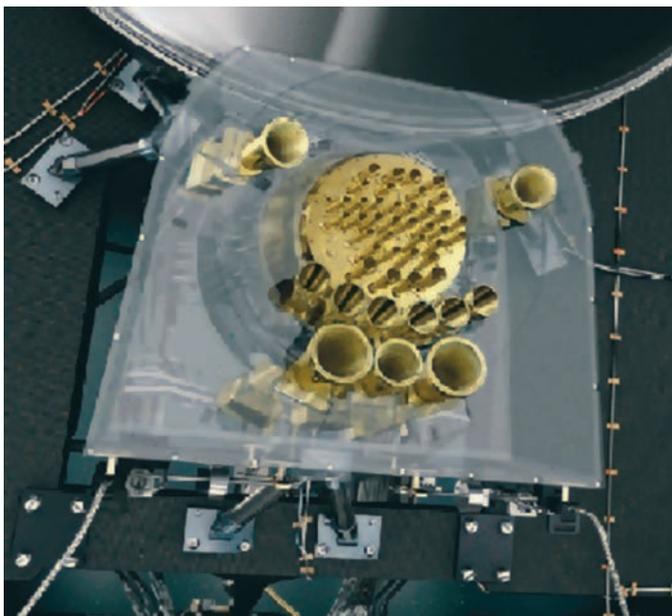
НАУЧНЫЕ ПРИБОРЫ И ЗАДАЧИ

Первоначально проект “Планк” состоял из экспериментов COBRAS (Cosmic Background Radiation Anisotropy Satellite – спутник для исследования анизотропии космического фонового излучения) и SAMBA (Satellite

Космическая обсерватория "Планк". Внизу – рупоры радиометров и болометров, размещенные в фокальной плоскости. Рисунок и фото ESA.

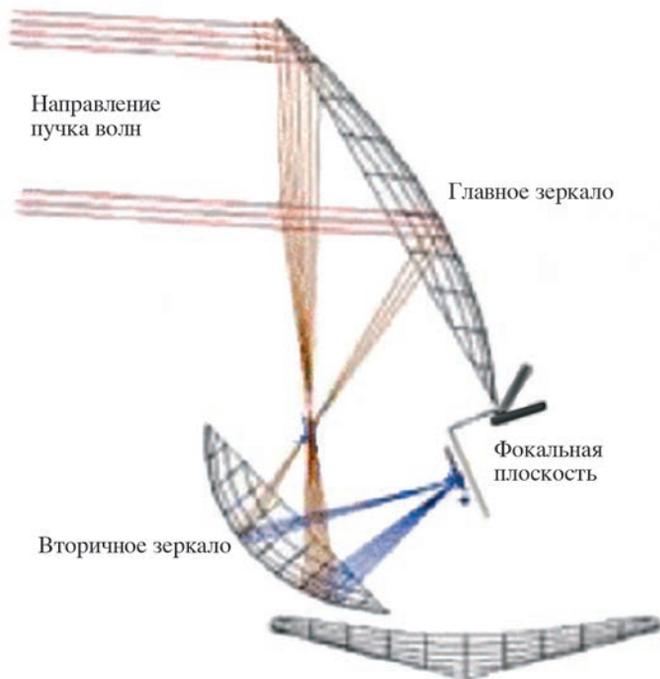
for Measurement of Background Anisotropies – спутник для измерения фоновой анизотропии). Позднее их объединили. В 1994 г. ESA рассматривало возможность запуска космической обсерватории по одной из этих тематик, а в 1996 г. после пересмотра проекта была создана научная программа "Горизонт 2000". Космическая обсерватория названа в честь Макса Планка, получившего Нобелевскую премию по физике в 1918 г. Она изготовлена в космическом центре "Cannes Mandelieu" (Франция).

Обсерватория "Планк" (длина – 4,22 м, диаметр – 4,2 м, масса – 1,9 т) оснащена внеосевым телескопом системы Грегори массой 205 кг, размер его главного параболического зеркала – $1,5 \times 1,9$ м, вторичного – $1,0 \times 1,1$ м. На ней установлен набор из 74 приемных устройств, регистрирующих сигнал с частотой 25–1000 ГГц (миллиметровые и субмиллиметровые волны). С помощью этих приемников, охлаждающихся криогенной системой до 17 К, про-



водится одновременное сканирование неба с угловым разрешением от 30' на низких частотах и до 5' – на высоких. Приемники разделены на две группы – низкочастотный инструмент (НЧИ), включающий радиометры, принимающие сигнал в полосах 30, 44 и 70 ГГц,

и высокочастотный инструмент (ВЧИ) с болометрами, работающими на частотах 100, 143, 217, 353, 545 и 857 ГГц. ВЧИ состоит из 48 болометрических детекторов для регистрации фотонов, созданных в Лаборатории реактивного движения (NASA).



Система Грегори, применяемая в конструкции телескопа космической обсерватории "Планк". Рисунок ESA.

Конструкция обсерватории позволяет картографировать все небо приблизительно дважды в год с рекордными чувствительностью, угловым разрешением и частотным перекрытием, если рассматривать эти параметры в комбинации. В программе исследований на обсерватории "Планк" участвуют научные группы ESA и NASA.

Запуск осуществлен с космодрома Куру 14 мая 2009 г. с помощью РН "Ариан-5". 13 августа 2009 г. обсерватория "Планк", находящаяся в точке Лагранжа L2 в системе Солнце–Земля на расстоянии 1,5 млн км от Земли, начала проводить обзор. Планируемая

продолжительность наблюдений – 15 месяцев. Сейчас "Планк" работает по дополнительной программе¹.

"Планк" имеет преимущества перед "WMAP" по ряду параметров:

- более высокое разрешение (в три раза), что позволит измерить мощность сигнала на меньших угловых масштабах (до 5'),

- более высокая чувствительность (в 10 раз),

- 9 частотных полос, которые позволяют улучшить модель мешающих фоновых компонент нашей Галактики и выделить сигнал реликтового фона.

Научная программа "Планк" включает:

- измерение с высоким разрешением анизотропии температуры и поляризации РИ;

- создание каталога скоплений галактик, в которых наблюдается эффект Сюняева – Зельдовича, заключающийся в передаче фотонам РИ энергии от горячих электронов газа скоплений галактик;

- регистрация гравитационного линзирования РИ и эффекта Сакса – Вольфа, изменяющего энергию фотонов РИ в переменном гравитационном потенциале, например, формирующихся скоплений галактик;

- наблюдение ярких внегалактических источников (активных ядер галактик и инфракрасных источников) и нашей Галактики, в частности межзвездной среды и распределенного синхротронного излучения, а также измерение ее магнитного поля;

- изучение Солнечной системы (планет, астероидов, комет и зодиакального света).

Основные задачи обсерватории "Планк" связаны с измерением анизотропии температуры и поляризации РИ. Почему

¹ К моменту публикации статьи "Планк" уже завершил работу 23 октября 2013 г.

это так важно и какая физика скрывается за такими экспериментами? Сделаем небольшое отступление для описания физических процессов в ранней Вселенной, которое поможет понять всю важность изучения флуктуаций реликтового фона.

МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ ВСЕЛЕННОЙ

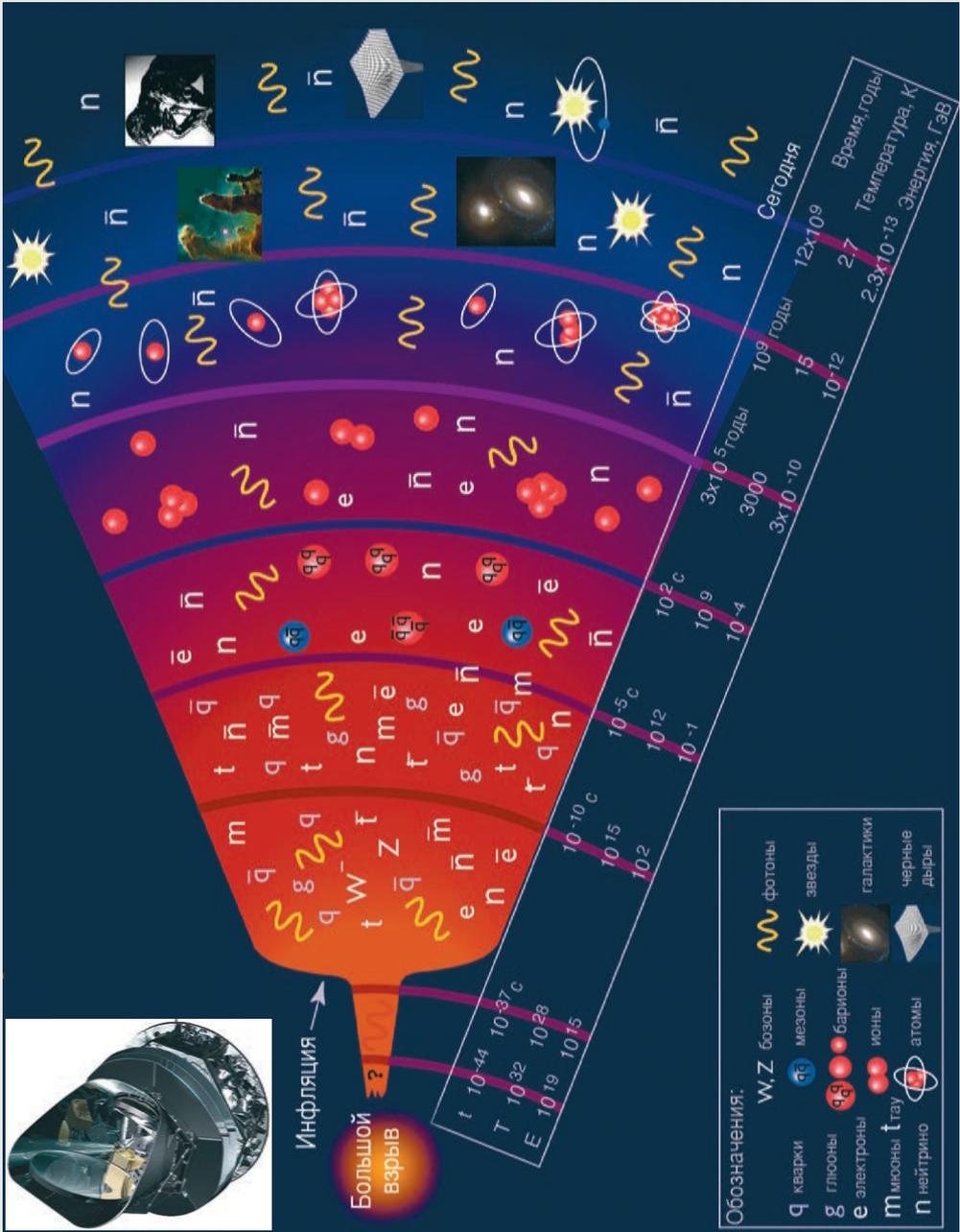
В современной модели эволюции Вселенной выделяют несколько этапов, в течение которых ее физические свойства кардинально изменились (Земля и Вселенная, 2009, № 2). Очень ранняя Вселенная включает планковскую эпоху с температурой 10^{32} К и плотностью около 10^{93} г/см³ до эпохи инфляции, продолжавшейся первые 10^{-35} с. Ранняя Вселенная включает эпохи разделения взаимодействий, охлаждения, появления протонов и нейтронов и спустя 10 с – доминирование излучения после аннигиляции частиц и античастиц. Через 200 с начался первичный нуклеосинтез: рождение ядер дейтерия и гелия из свободных нейтронов и протонов. Спустя 70 тыс. лет, когда плотности излучения и материи сравнялись, из квантовых неоднородностей, возникших в период инфляции, за счет гравитации и давления начали образовываться первые структуры в молодой Вселен-

ной. За создание теории возникновения крупномасштабной структуры из квантовых флуктуаций академика А.А. Старобинского и профессора В.Ф. Муханова наградили престижной премией Грuberа по космологии за 2013 г. Эволюция первых структур, предсказанная академиком А.Д. Сахаровым, описывается физикой звуковых волн в первичной плазме. Ее свойства определяются космологическими параметрами. В период роста неоднородностей основная гравитирующая компонента – холодная темная материя. Фотоны “чувствуют” эти флуктуации плотности, изменяя соответственно свою энергию, что мы и видим как флуктуации РИ. Через 380 тыс. лет после Большого взрыва расширение Вселенной привело к понижению температуры до 3 тыс. К и появлению атомов водорода. Этот период называют эпохой рекомбинации водорода. Излучение свободно проходило сквозь вещество, сохраняя информацию о характеристиках первичных возмущений плотности. Это время доминирования материи (этап пылевой стадии расширения) – темная эпоха, наступившая спустя 400 млн лет после Большого взрыва, когда еще не образовались крупные структуры. Затем наступила эпоха реионизации (от 400 млн лет до 1 млрд лет), во

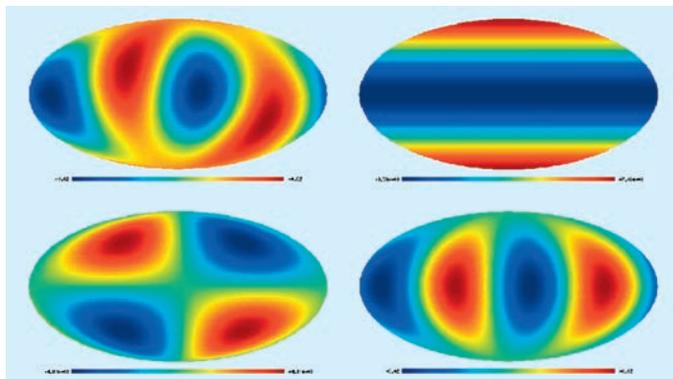
время которой УФ-излучение первых звезд и ядер галактик ионизовало нейтральный водород межгалактической среды. Через 6,5 млрд лет началась эпоха ускоренного расширения Вселенной – стадия доминирования темной энергии. На данной стадии скопления галактик оставляют отпечатки в РИ за счет передачи энергии горячими электронами скопления фотонам (обратный эффект Комптона). В 1969 г. этот эффект теоретически рассчитали академики Я.Б. Зельдович и Р.А. Сюняев на основании уравнения профессора А.С. Компанейца (1957). Он был подтвержден в наблюдениях.

Таким образом, различные физические условия в разные эпохи эволюции Вселенной привели к искажениям РИ, которые мы сейчас наблюдаем на различных угловых масштабах. Эти масштабы на небесной сфере задаются некоторым числом l , обратно пропорциональным угловому размеру. Влияние различных физических процессов, приводящих к появлению флуктуаций фона, описываются как зависимость энергии, приходящей с неба, от заданного углового масштаба. Эту зависимость называют угловым спектром мощности и обозначают C_l . С учетом условий формирования искажений фона

Стандартная модель Большого взрыва. Во время — космическая обсерватория "Планк". Рисунок ESA, NASA.



Квадруполь (мультиполь $l = 2$) на картах реликтового излучения и его составляющие моды с разным расположением пятен на небесной сфере.
Рисунок автора.



C_l – функция космологических параметров.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

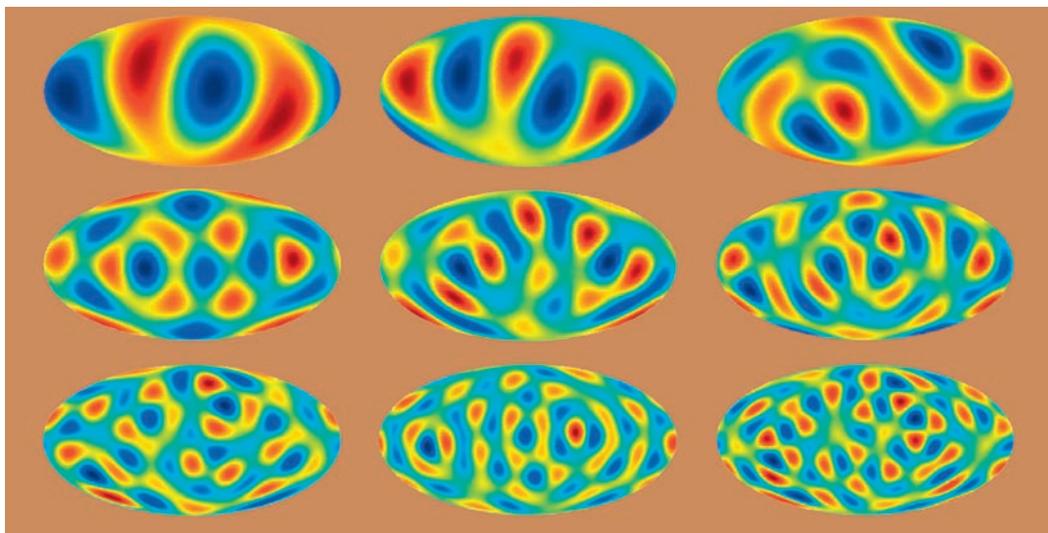
Для понимания того, каким же образом удастся исследовать сигнал на уровне амплитуды относительных флуктуаций ($\Delta T/T = 10^{-5}$), мы коснемся деталей анализа протяженного излучения. Цепочка анализа РИ может быть условно разделена на несколько этапов, включающих регистрацию показаний в виде рядов измерений; построение карты на сфере (процедура пикселизации); разделение компонент микроволнового фона: выделение РИ, компонент галактического фона, а также внегалактических источников; анализ карты РИ и определение космологических параметров. Как правило, каждый этап включает в себя и тысячи моделирований эксперимента.

Знакомство с анализом измерений РИ начинается с понятий мультиполя и пикселизации. Для исследования излу-

чения на различных угловых масштабах карту на небесной сфере раскладывают на сферические функции или гармоники, называемые также мультиполями. Чем больше номер мультиполя l , тем меньшему угловому размеру на небесной сфере он соответствует. В простейшем варианте, когда минимумы и максимумы расположены строго на экваторе, размер пятна будет равен приблизительно $360^\circ/2^l$. Например, для квадруполь, нумеруемого как $l = 2$ и содержащего четыре пятна, размер пятна будет 90° , а для октуполь ($l = 3$) с 8 пятнами – 45° . Сумма всех мультиполей, взятых с определенными коэффициентами, отображающими вклад сферических гармоник, дает нам наблюдаемую карту неоднородностей РИ. Обычно рассматриваются только мультиполи, в которых есть космологическая информация. Напомним, что монополь ($l = 0$) показывает среднюю температуру фона,

равную 2,73 К, а диполь ($l = 1$) – направление суммарного вектора движения Земли.

Записанные ряды измерений температуры еще не являются картой микроволнового фона. Для того чтобы построить карту, необходимо разобраться, какой исходный сигнал привел к зарегистрированному отклику с учетом многократных наблюдений данной площадки неба и влияния шумов регистрирующей аппаратуры. Эта задача решается для заданного разбиения сферы на площадки (пикселизация) и углового разрешения телескопа. После накопления многократных наблюдений в выбранных площадках для заданной пикселизации неба создается карта принятого сигнала. При анализе РИ применяют в программном обеспечении две сетки пикселизации, позволяющие проводить точное разложение карт на гармоники и исследовать мультиполи.



На следующем этапе выделяется сигнал реликтового фона. Измеряемая в эксперименте карта содержит, помимо РИ, вклады галактических фоновых компонент и галактических и внегалактических радиоисточников. При создании метода выделения реликтового фона из многочастотной информации используют две особенности РИ: независимость от частоты (признак излучения абсолютно черного тела), что отличает его от других фоновых компонент, и отсутствие корреляции со всеми фоновыми излучениями. С учетом этих свойств и многочастотных наблюдений восстанавливается распределение сигнала на всей небесной сфере. Карты РИ и галактических компонент микроволнового излучения доступны на сай-

те публичного архива "Планка".

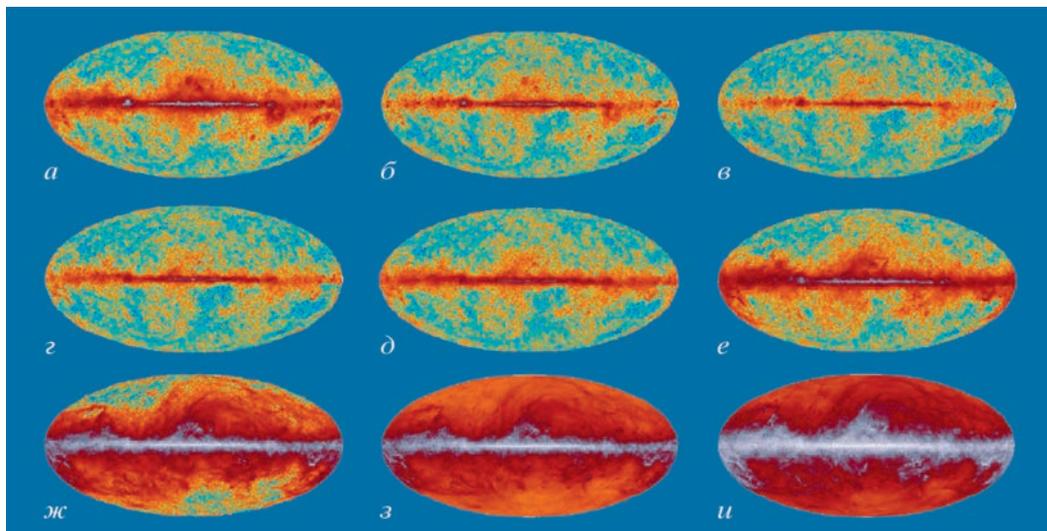
Для сигнала РИ, очищенного от фона, вычисляется угловой спектр мощности C_l . Если поместить наблюдателя в другую точку нашей Вселенной, C_l будет слегка отличаться. Настоящий спектр C_l можно оценить, усреднив данные всех наблюдателей, что аналогично усреднению по ансамблю допустимых Вселенных. Но даже если бы у нас имелись идеальные сведения, то для низких мультиполей количество мод недостаточно. Это приводит к внутреннему разбросу значений при определении спектра, называемому космической вариацией. Параметры первичных возмущений материи "впечатаны" в спектр РИ и определяют современное состояние Вселенной. Зная физические механизмы форми-

Низкие мультиполи ($l = 2-10$) на картах реликтового излучения, зафиксированные космической обсерваторией "Планк". Они показывают компоненты сигнала на угловых масштабах $10^\circ-90^\circ$. ESA.

рования углового спектра мощности и как он выглядит, можно решить и обратную задачу: по спектру мощности определить космологические параметры. Таков общий путь изучения космического микроволнового фона от наблюдений до измерения космологических параметров в основных экспериментах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные итоги наблюдений "Планка" изложены в трех группах статей:



Карты микроволнового излучения (по результатам наблюдений космической обсерватории "Планк"). На низкочастотных картах 30, 44, 70 ГГц (а, б, в) в области Галактики доминирует синхротронное и свободно-свободное излучение, на средних частотах 100, 143, 217 ГГц (г, д, е) – пыль, на высоких – 353, 545, 857 ГГц (ж, з, и) – излучение молекулярного газа CO. ESA.

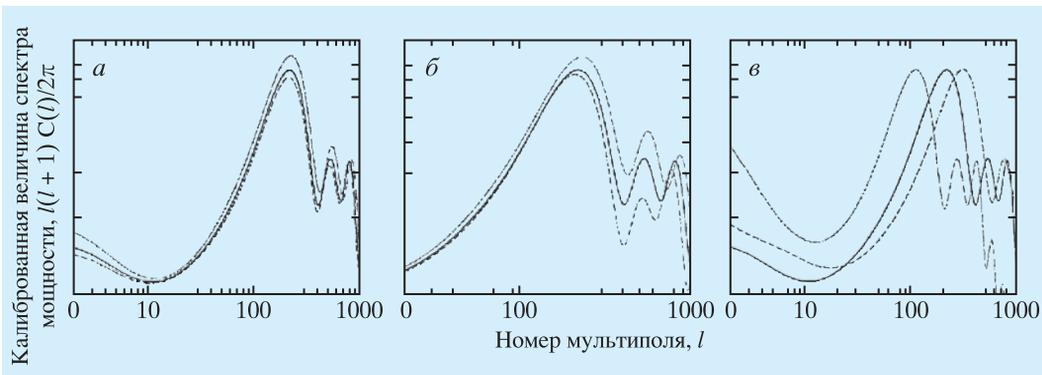
27 в 2011 г., 13 в 2012–2013 гг. и 30 в 2013 г. Все статьи доступны на сайте публичного архива: http://www.sciops.esa.int/index.php?project=planck&page=Planck_Legacy_Archive.

Миллиметровое и субмиллиметровое излучение регистрируется от объектов Солнечной системы: планет, малых тел, межпланетной пыли. Оно довольно эффективно отделяется от Галактического и других

фонов, так как каждую область Солнечной системы "Планк" наблюдал неоднократно с разных положений. Регистрация зодиакального излучения показала, что вклад этой компоненты незначителен при анализе РИ. "Планк" также измерил параметры 28 астероидов. Планируется выполнить поляризационные измерения, а также рассмотреть излучение пояса Койпера.

Диффузное галактическое излучение представляет большой интерес при анализе РИ и дает важную информацию для понимания физики нашей Галактики. В каждом цикле работ "Планка" отражены исследования протяженного излучения и дискретных галактических объектов. Болометры субмиллиметрового диапазона позволили понять, как распределяют-

ся пыль и молекулярный газ в Млечном Пути, а также физику высокоскоростных облаков, находящихся в гало. Подготовлен каталог объектов нового типа: холодных сгустков или комков. Обнаружена их строгая пространственная корреляция с галактическими молекулярными структурами и темными ИК-облаками. Холодные сгустки (температура 7–19 К, масса – от 0,4 M_{\odot} до $2,4 \times 10^5 M_{\odot}$) не изолированы, а собираются в группы. Судя по физическим свойствам, эти источники связаны с множеством разных объектов от маломассивных плотных ядер до гигантских молекулярных облаков. Аномальный микроволновый фон связывают с вращающимися заряженными пылинками. Этот тип излучения наблюдался в большом числе экспериментов в



диапазоне частот 10–60 ГГц. “Планк” нашел его два новых источника в молекулярных облаках в Персее и вокруг γ Змееносца. Построены карты распределения молекулярного угарного газа, температур и оптической толщи теплой пыли в Галактике. Показано, что доля газа относительно постоянна начиная с нескольких градусов до высоких широт галактической плоскости. Эта компонента излучения важна и для мониторинга вероятного “загрязнения” карты РИ. Любопытна диффузная компонента в системе Пояса Гулда, объединяющей группу очень молодых массивных звезд возрастом 10–30 млн лет, форми-

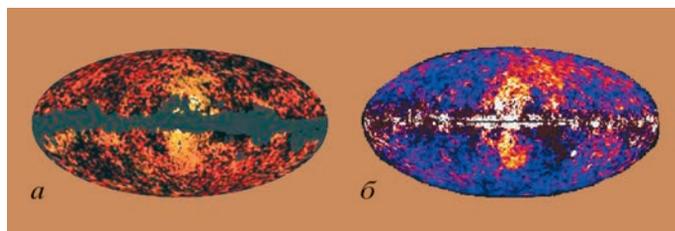
рующих диск диаметром более 5 тыс. св. лет, центр которого находится на расстоянии 400–500 св. лет от нас. Для южной части Пояса Гулда были разделены и проанализированы низкочастотные галактические компоненты. В этой области Галактики доминирует аномальный микроволновый фон, объясняемый с помощью колебательного и вращательного излучения пыли.

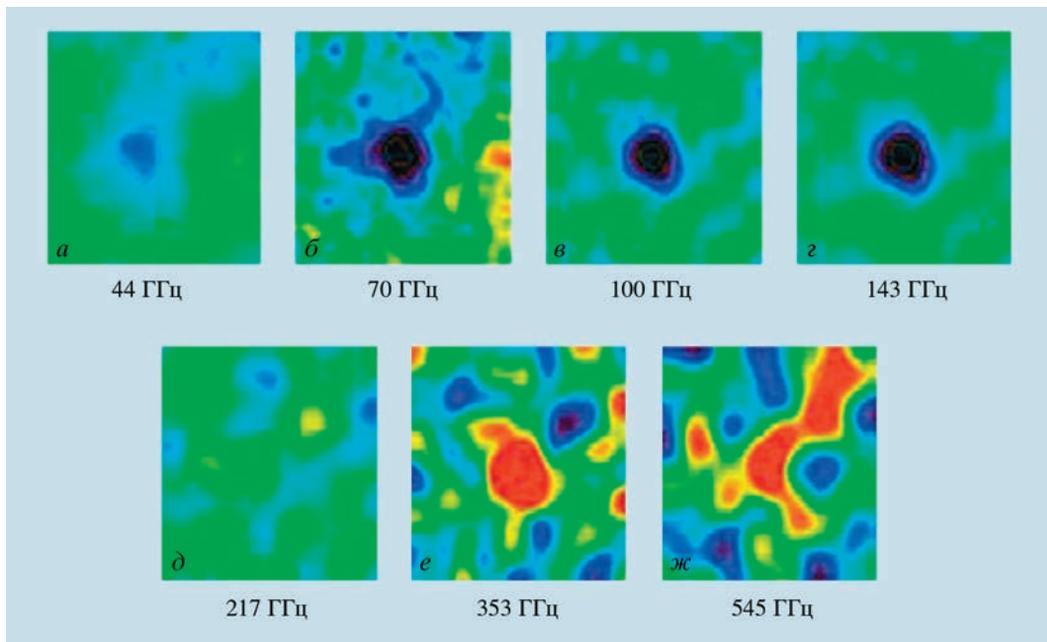
Отдельная компонента диффузного галактического излучения вокруг центра нашей Галактики – “дымка” протяженностью $35\text{--}50^\circ$ по широте и $15\text{--}20^\circ$ по долготе, видимая в микроволновом диапазоне, – обнаружена “WMAP”.

Графики угловых спектров мощности реликтового излучения в зависимости от космологических параметров: а) относительная плотность темной материи (пунктирная линия – 0,17, штриховая – 0,27); б) вариации постоянной Хаббла (жирная линия – $68 \text{ км}/(\text{с} \times \text{Мпк})$, пунктирная – $60 \text{ км}/(\text{с} \times \text{Мпк})$, штриховая – $85 \text{ км}/(\text{с} \times \text{Мпк})$; в) изменение кривизны (пунктирная линия – 0,3, штриховая – 0,3). Рисунок автора.

Размеры и границы компоненты совпадают с “пузырями”, наблюдаемыми космической обсерваторией “Ферми” в гамма-диапазоне (Земля и Вселенная, 2008,

Карты излучения в галактической системе координат: а) перпендикулярная экватору структура в виде “дымки” около центра Галактики (по данным космической обсерватории “Планк”); б) светлые “пузыри”, перпендикулярные галактической плоскости (по данным космической гамма-обсерватории “Ферми”). NASA, ESA.





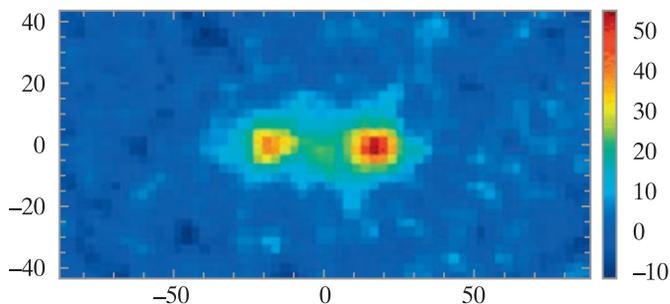
Скопление галактик Abell 2319 в созвездии Волос Вероники, где проявился эффект Сюняева – Зельдовича. На низких частотах (а, б, в, г) в центре наблюдается минимум излучения (синие пятна), на высоких (д, е, ж) – максимум. Изображения получены космической обсерваторией “Планк”. ESA.

№ 5, с. 58; 2009, № 2; 2012, № 5), что говорит об их связи с “дымкой”. Большая часть галактик из-за сравнительно низкого разрешения (до 5') выглядит как точечные источники, поэтому можно измерить плотность потока, в том числе и переменного, а также построить распределение энергии в спектре. После удаления фоновых ком-

понент в протяженных внегалактических объектах, таких как Большое и Малое Магеллановы Облака (БМО и ММО), оказалось, что оставшееся излучение коррелирует с излучением атомарного и молекулярного газа. Во внутреннем рукаве БМО зарегистрированы тепловое излучение и холодный внешний рукав (часть его областей отождествляется с известными молекулярными облаками). В ММО избыток излучения в миллиметровом диапазоне объясняется комбинацией излучения вращающихся пылинок и теплой пыли.

Составлен единый каталог, содержащий от 733 до 234 381 внегалактического источника (в зависимости от частоты), с указанием плотности

потоков в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах. Их большая часть – близкие к нам галактики, в том числе инфракрасные из обзора космической обсерватории “IRAS” (Земля и Вселенная, 1992, № 2, с. 88). Из них впервые выделена группа объектов с холодной пылью ($T < 20$ K). В каталог “Планка” входят также объекты с активными ядрами галактик и отождествляемые с радиогалактиками, квазарами и блазарами. Отметим еще один пункт, касающийся галактик, хотя он уже имеет отношение к космологии. Оценены массы до $2 \times 10^{11} M_{\odot}$ гало темной материи для самых ярких близких галактик (всего 260 тыс.) в результате осреднения соот-



Филамент, показанный зеленым цветом, соединяет взаимодействующие скопления галактик A399-A401. Излучение газа на высоких частотах происходит благодаря эффекту Сюняева – Зельдовича. Изображение получено в 2010 г. космической обсерваторией “Планк”. Фото ESA.

ветствующих площадок и учета эффекта Сюняева – Зельдовича (СЗ-эффект). Найденный эффект в маломассивных гало предполагает, что четверть всех барионов находится в горячем газе гало, причем этот газ менее концентрирован, чем темная материя.

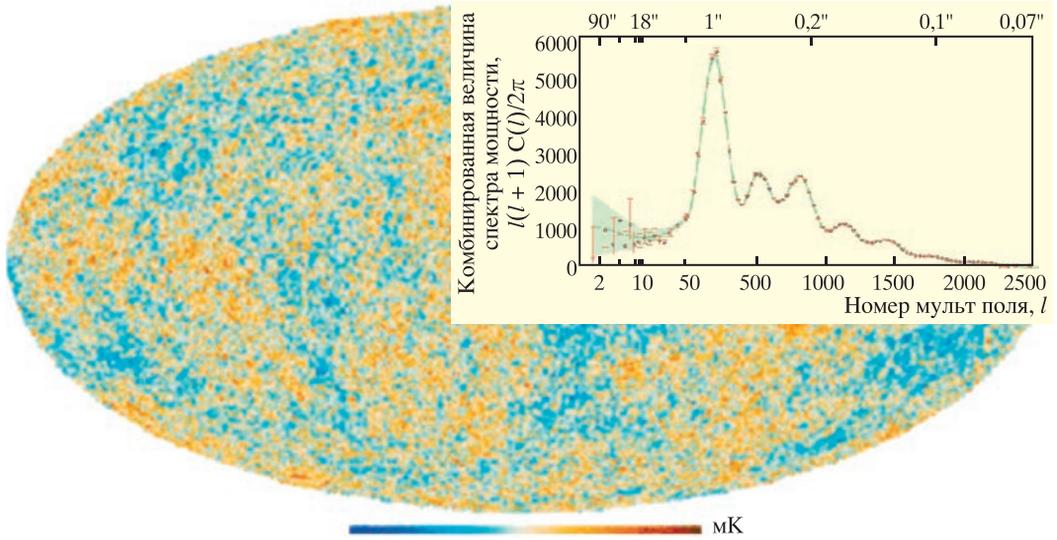
Задача обнаружения скоплений галактик по СЗ-эффекту стала одной из самых главных в программе “Планка”. Этой теме посвящены 17 статей. По результатам 15,5 месяца наблюдений был подготовлен наиболее полный каталог, содержащий 1227 скоплений галактик и кандидатов в скопления, в которых проявляется СЗ-эффект. Исследованы 813 объектов с красными смещениями вплоть до $z = 1$ и массой $0,1-1,6 \times 10^{11} M_{\odot}$. Между оценками “Планка” и оптическими данными имеется хорошее согласие, в то время как рентгеновские измерения дают превышение массы скопления на 20%. Различие может быть связано со смещением при опреде-

лении центра скопления разными методами. Кроме того, в скоплении галактик Кома (Abell 1656, созвездие Волос Вероники, 321 млн. св. лет) обнаружены два ударных фронта, движущихся со скоростями, превышающими более чем в два раза скорость звука, а также измерено распределение магнитного поля.

“Планк” впервые обнаружил газ в виде филаментов (как нити в паутине) между взаимодействующими скоплениями галактик, который, вероятно, содержит примерно половину всех барионов Вселенной. Он представляет собой горячую среду с малой плотностью. Отобраны взаимодействующие скопления галактик из каталогов рентгеновских наблюдений на микроволновых картах. Одно из них, A399–A401, показало значительный СЗ-эффект в области между скоплениями. Кроме того, “Планк” открыл тройную систему скоплений галактик PLCKG214.6 + 37,0, на-

ходящуюся в фазе слияния.

Часть космологических результатов связана с первичной анизотропией температуры РИ. По кинематическому СЗ-эффекту измерены пекулярные скорости, вызванные собственным движением скоплений галактик, в отличие от теплового СЗ-эффекта. Проводился поиск “темного потока” крупномасштабной структуры, то есть движения гигантской массы вещества внутри Вселенной, его намек обнаружен “WMAP”. По уровню кинематического СЗ-эффекта в направлении скопления галактик по данным “Планка” сделана оценка амплитуды скорости движения вещества. Если рассматривать существование потока материи в объеме выборки с центром в локальной группе галактик, то верхний предел на величину дисперсии скоростей галактик в этой системе окажется 254 км/с. Это доказывает, что Вселенная однородна в масштабе Гпк, а крупномасштабные потоки мате-



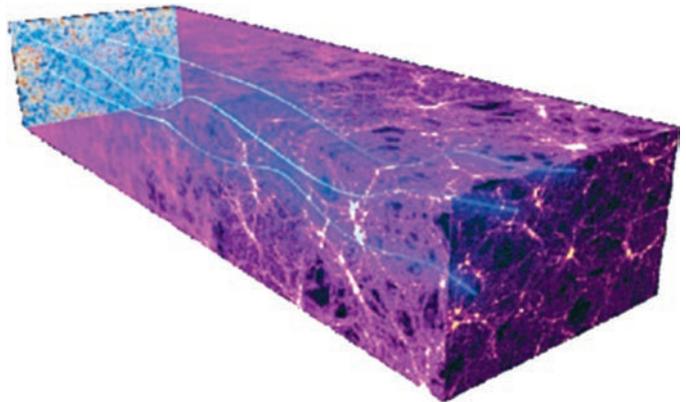
Карта реликтового излучения (по данным "Планка") и график углового спектра мощности. Спектр, описываемый номером мультиполя, показывает долю энергии микроволнового фона, собираемую по всему небу в площадках заданного углового размера. Зеленым цветом отмечены допустимые вариации сигнала RI , соответствующие уровню возмущений плотности вещества ранней Вселенной. ESA .

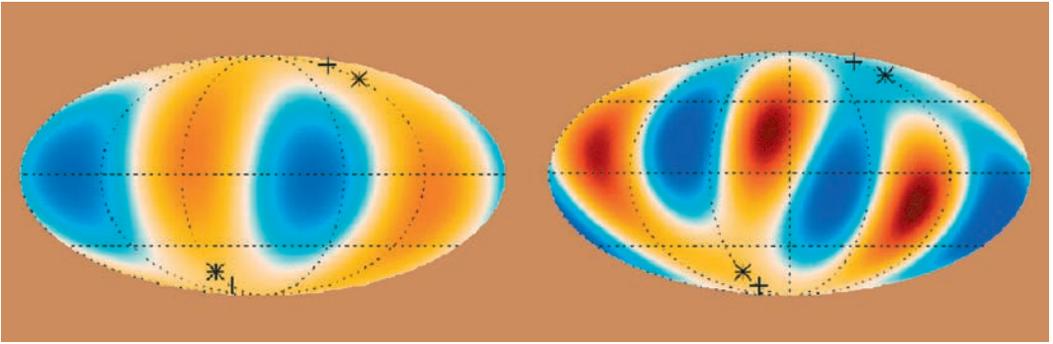
рии, наблюдаемые с помощью кинематического СЗ-эффекта, соответствуют стандартной космологической модели. То есть ничего особенного не обнаружено.

Искривление траекторий движения фотонов реликтового излучения в области скоплений галактик. Рисунков ESA .

Одна из первых космологических статей, опубликованных еще в первом цикле научных публикаций, была посвящена анизотропии инфракрасного фона. Она, как ожидается, отражает крупномасштабную структуру, и с ее помощью можно изучать скучивание галактик, связанное с формированием гало темной материи. Механизмы скучивания темной материи в общем понятны, поэтому данные анизо-

тропии ИК-фона позволяют найти соотношение между пылевыми галактиками со звездообразованием и распределением темной материи. В этом плане высокочастотный комплекс болометров "Планка" – тот инструмент, который необходим для таких исследований. Применяв модель, объединяющую пылевые галактики, многопараметрическую модель эволюции галактик и простую модель фор-





мирования гало темной материи, авторы нашли хорошее соответствие измеренного углового спектра мощности анизотропии ИК-фона и теории. Получается, что половина мощности в сигнале анизотропии для одного из мультиполей приходит от галактик с красными смещениями $z < 0,8$ на частоте 857 ГГц и с $z < 1,5$ на 545 ГГц, в то время как 90% вклада дают объекты с $z > 2$ на частотах 353 и 217 ГГц.

Самые важные результаты “Планка” – измерение космологических параметров. Для решения этой задачи, в первую очередь, необходимо было составить карту РИ и его углового спектра мощности. К механизмам формирования флуктуаций РИ добавили еще один: гравитационное линзирование массивных скоплений галактик. Учет этого эффекта стал возможным благодаря наблюдениям с большим угловым разрешением. Применялась модель, описываемая шестью основными космологиче-

скими параметрами, среди них – угловой размер горизонта на момент рекомбинации. Его величина оценивается по положению пиков в угловом спектре мощности, равная $0,596724^\circ \pm 0,00038^\circ$. Другие определяемые параметры: амплитуда первичных возмущений ($3,085 \pm 0,057$), скалярный спектральный индекс ($0,9608 \pm 0,0054$), относительная плотность барионной ($0,0481$) и темной материи ($0,257$), их сумма – $0,3051$. Эпохе вторичной ионизации, когда нейтральный газ во Вселенной стал ионизованным за счет УФ-излучения первых звезд и активных ядер галактик, соответствует $z = 10,8$. Вместо последнего параметра в расчетах используют оптическую толщину ($0,089 \pm 0,032$), характеризующую уровень взаимодействия фотонов РИ и электронов. Измеренные космической обсерваторией “Планк” параметры позволяют зафиксировать космологическую модель и определить плот-

Квадрупольная (слева) и октупольная компоненты (гармоники $l = 2$ и 3) на картах реликтового излучения (сигнал в масштабе 90° и 45°). Крестиком отмечено перпендикулярное к оси квадруполя, звездочкой – октуполя. Космическая обсерватория “Планк”. NASA, ESA.

ность темной энергии $\Omega_\Lambda = 0,693 \pm 0,019$, постоянную Хаббла $H_0 = 67,3 \pm 1,2$ км/(с × Мпк), возраст Вселенной $t_0 = 13,79 \pm 0,058$ млрд лет. Еще один параметр описывает кривизну Вселенной ($0,001 \pm 0,0019$) и связан с суммарной плотностью всех компонент энергии и с размером характерных пятен РИ в момент рекомбинации. Оказывается, что Вселенная плоская (то есть сумма углов любого треугольника, построенного на больших масштабах, равна 180°), что говорит в пользу теории инфляционного расширения. Отметим еще три параметра, два из которых связаны с ней-

трино. Обнаружение осцилляций солнечных нейтрино – признак того, что они имеют массу и, соответственно, влияют на процессы формирования крупномасштабной структуры, в которой наблюдаются последствия барионных осцилляций, что проявляется и в распределении РИ. Кроме фотонов, плотность излучения Вселенной связывается с эффективным числом типов нейтрино, “Планк” получил значение $3,3 \pm 0,27$. Эта величина согласуется со стандартной величиной нуклеосинтеза Большого взрыва – 3,046. “Планк” определил также долю барионов в первичном гелии – $0,266 \pm 0,021$.

Значения параметров, измеренных в двух независимых экспериментах, практически совпадают в пределах ошибок. Важным является также

хорошее согласование с другими экспериментами, например измерение распределения вещества в оптических обзорах неба и светимости вспышек сверхновых. Все это позволяет сделать авторам вывод о том, что космологическая модель установлена и ее параметры известны с точностью выше 7%!

Из важных космологических результатов “Планка” отметим измерение гравитационного линзирования. Они получены благодаря угловому разрешению 5', что позволило улучшить оценку параметров.

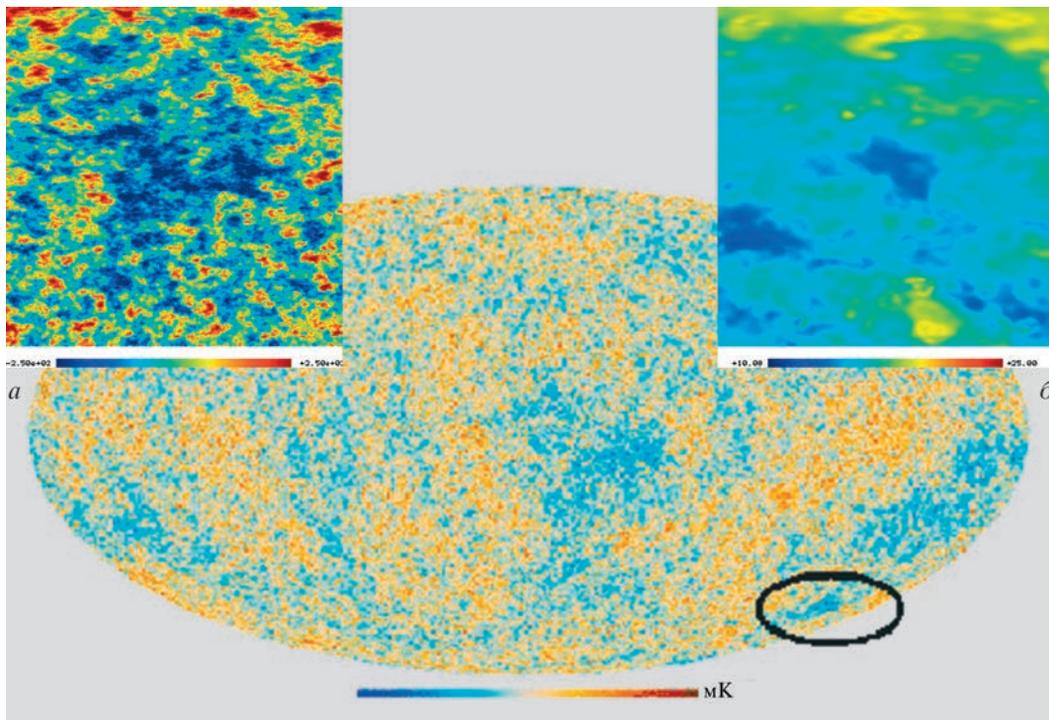
Исследования “Планка” дают возможность заглянуть в первые мгновения существования нашего Мира – в эпоху космической инфляции, очень быстрого (экспоненциального) расширения Вселенной.

Эта модель объясняет одинаковость законов Природы в разных концах наблюдаемой Вселенной. Идея инфляции родилась и развивалась еще в конце 1970 – начале 1980-х гг. в трудах А.А. Старобинского, А. Гута, А. Линде, А. Альбрехта и П. Стейнхарта. Один из признаков инфляции – однородность флуктуаций РИ (точнее говоря, гауссово распределение их амплитуд). Изучению этого факта уделено много внимания в программе “Планка”. В частности, оценены уровень отклонений первичных возмущений и существование гравитационных волн в период быстрого расширения. Теоретические расчеты этого эффекта проводили профессор Л.П. Грищук (ГАИШ МГУ), академики А.А. Старобинский и В.А. Рубаков. Летом

Таблица

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА КОСМОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ ОБСЕРВАТОРИЙ “ПЛАНК” И “WMAP”

Параметр	“Планк”	“WMAP”	Разница
Плотность темной энергии, Ω_Λ	$0,693 \pm 0,019$	$0,721 \pm 0,025$	-0,028
Плотность барионного вещества, Ω_b	0,0481	$0,0463 \pm 0,0024$	0,0018
Плотность холодной темной материи, Ω_{CDM}	0,257	$0,233 \pm 0,023$	0,024
H_0 , км/(с × Мпк)	$67,9 \pm 1,5$	$70,0 \pm 2,2$	-2,1
t_0 (млрд лет)	$13,796 \pm 0,058$	$13,74 \pm 0,11$	56 млн лет
Оптическая толща в эпоху реионизации, τ	$0,089 \pm 0,032$	$0,089 \pm 0,014$	0
Параметр сгущивания материи, σ_8	$0,823 \pm 0,018$	$0,821 \pm 0,023$	0,002



2014 г. предполагается публикация результатов поляризационных измерений “Планка”, которые, как ожидается, помогут сделать выводы об амплитуде гравитационных волн. Если их обнаружат, это будет фундаментальное открытие, сравнимое с открытием РИ или его флуктуаций. В настоящее время есть несколько моделей инфляции, отличающихся физическими характеристиками, но удовлетворяющих измерениям “Планка”.

Специальная статья посвящена геометрическим и топологическим свойствам Вселенной, которые можно было бы увидеть в распределении реликтового фона. Используя наблюдения

и моделирование РИ в разных топологических многосвязных пространственно-временных Вселенных, авторы статьи закрыли гипотезы многосвязных моделей Вселенной с плоской, гиперболической и сферической геометрией. Измерения “Планка” не позволяют достоверно сказать о корреляциях, которые присутствовали бы в случае нетривиальных топологий, вроде формы Вселенной в виде додекаэдра или тора. Не найдены и подтверждения физически анизотропного расширения Вселенной. В другой статье рассматривается возможность обнаружения топологических дефектов в виде космических

Карта реликтового излучения (по данным “Планка”) с аномалией “холодное пятно” (отмечено овалом) в области неба $l = 209^\circ$, $b = -56^\circ$: а) фрагмент размером $30^\circ \times 30^\circ$; б) “пятно” на частоте 408 МГц (1982), где доминирует синхротронное излучение. NASA, ESA.

струн – очень массивных, чрезвычайно протяженных и предельно тонких образований, которые могли бы сохраниться с эпохи Большого взрыва. Делается вывод об отсутствии каких-либо признаков струн в зарегистрированном сигнале РИ. Кроме того, проведена оценка космологических параметров по данным

скоплений галактик и СЗ-эффекта.

Один из интригующих моментов связан с аномалиями реликтового фона, полученных “Планком”. Вообще, мы говорим об аномалиях распределения сигнала тогда, когда оно сильно отличается от ожидаемого. В нашем случае – когда амплитуда, положение и форма холодных и горячих пятен РИ отличаются от стандартной теории. Чем это может быть вызвано, пока неясно. Сейчас активно обсуждаются проблемы аномалий РИ, остановимся кратко на самых интересных.

Установлено проявление негауссовости в виде статистической анизотропии, то есть явления, когда статистические свойства сигнала РИ отличаются на разных участках неба. Отметим несколько эффектов на карте распределения РИ, обнаруженные “WMAP” и сохраненные на карте “Планка”. Один из них – это асимметрия распределения сигнала север – юг в галактической и эклиптической системах координат. На карте РИ число более хо-

лодных и горячих пятен в Южном полушарии больше, чем в Северном. Не исключено, что эта анизотропия – случайный эффект. Другой пример анизотропии – близкое положение к одной оси максимумов и минимумов двух низких гармоник: квадруполья и октуполья. Ось, вдоль которой происходит выравнивание пятен, назвали “осью зла”. Оси квадруполья и октуполья у “WMAP” образуют угол меньше 10° , у “Планка” этот угол равен 13° , что увеличивает вероятность возникновения такого случайного совпадения, но не объясняет чувствительность “оси зла” к направлению движения Земли в местном скоплении галактик и к эклиптической системе координат. Одно из интересных объяснений, предложенное профессором П.Д. Насельским, связано с микроволновым излучением пояса Койпера как источника этой анизотропии. Осталось непонятым и происхождение аномалии, названной “холодным пятном” и расположенной в Южном полушарии. У этой флуктуации,

размером примерно 10° , необычны глубина минимума и форма – три соединенных пятна. Отмечу, что, на взгляд автора, пятно имеет галактическое происхождение, так как присутствует на карте 408 МГц (1982) с доминированием синхротронного излучения, а также имеет особенности в распределении сигнала, коррелирующие с магнитным полем нашей Галактики.

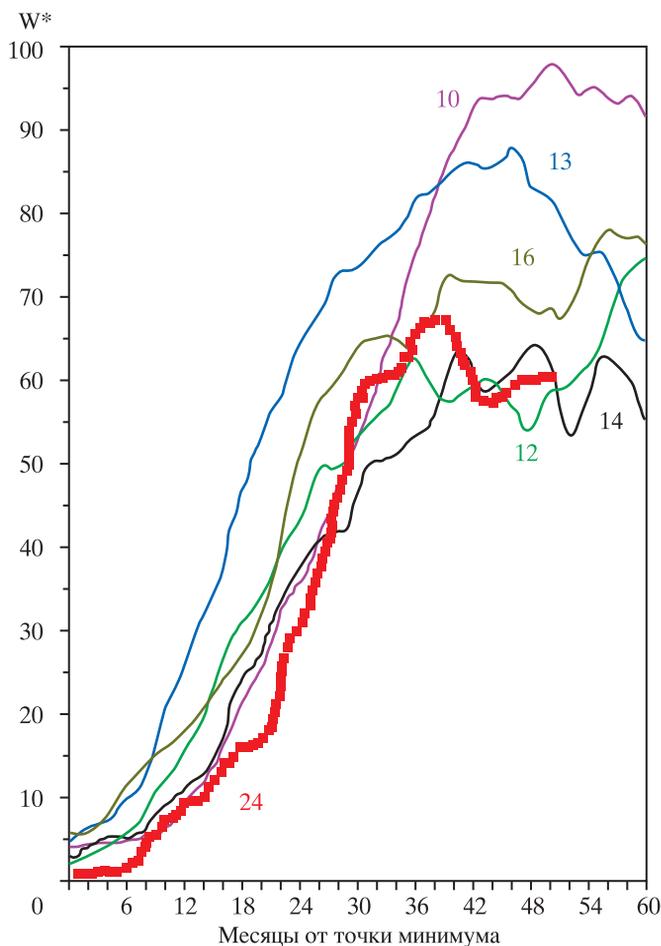
В заключение скажу, что тип космологической модели, совпадающей по параметрам с измерениями “WMAP”, твердо установлен. Это прекрасный итог работы “Планка”. Многократное измерение СЗ-эффекта, построение карты молекулярного газа Галактики и другие важные сведения открыли новые возможности в астрофизике. Аномалии на карте РИ все еще нуждаются в убедительном объяснении. Но уже имеющиеся результаты помогают продвинуться по пути познания Вселенной. С нетерпением ждем данных поляризации, полученных обсерваторией “Планк”. А вдруг состоится научная революция?

Солнце в августе – сентябре 2013 г.

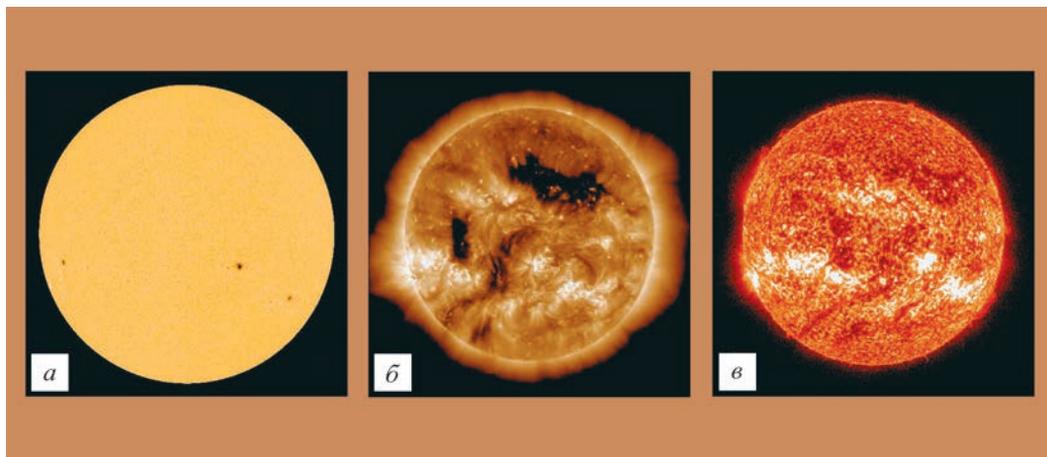
Солнечная активность в данный период держалась в основном на среднем уровне. Число групп пятен на видимом диске Солнца менялось от 1 до 8, они были спокойными и небольшими, лишь одна группа пятен во

второй декаде августа достигла среднего размера ($300 \leq Sp < 500$ м.д.п.). Из 43 групп солнечных пятен 25 появились в Южном полушарии, 18 – в Северном. Среднемесячные значения чисел Вольфа $W_{авг.} = 66,0$ и $W_{сен.} = 36,9$. Сглаженное значение относительного числа солнечных пятен в феврале и марте 2013 г. составило $W^* = 58,4$ и $W^* = 57,5$ соответственно. Ход развития текущего цикла относится к циклам низкой и средней величины.

В августе относительное число солнечных пятен оставалось на среднем уровне все дни, кроме 19 августа. Максимальное значение ежедневного относительного числа пятен отмечено **19 августа** ($W = 97$), минимальное – 26 августа ($W = 21$). В Северном полушарии появилось 10 групп пятен, в Южном – 14. Вспышечная активность отмечена 12 и 17 августа, когда в двух группах пятен Южного полушария в центральной области Солнца произошли три вспышки среднего балла, возмущения от которых 16 и 21 августа произвели в околоземном космическом пространстве малые магнитные бури. В остальные дни вспышечная активность оставалась низкой и очень низкой. Увеличи-



Ход развития (50 месяцев) текущего 24-го цикла солнечной активности среди всех достоверных (с 1849 г.). W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.



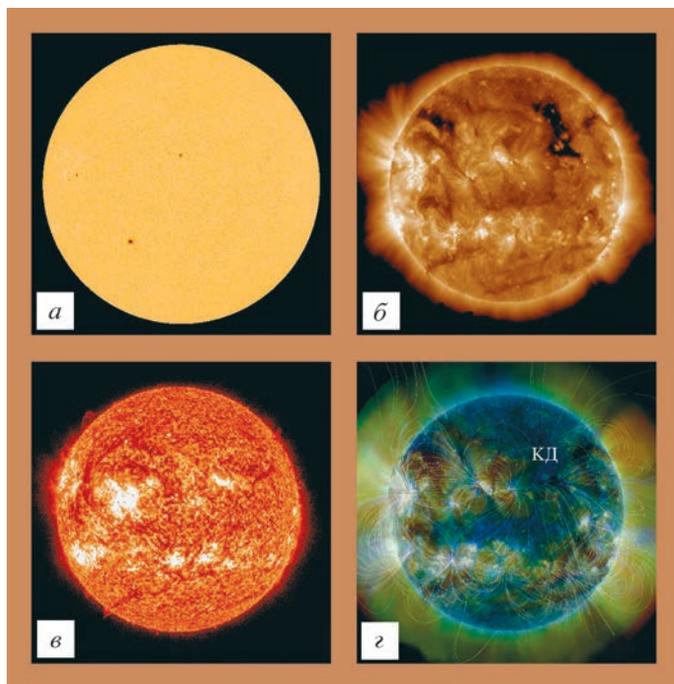
Солнце 17 августа 2013 г.:
 а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$);
 б) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$);
 в) в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$).
 Изображения получены космической “Солнечной динамической обсерваторией” (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>). NASA.

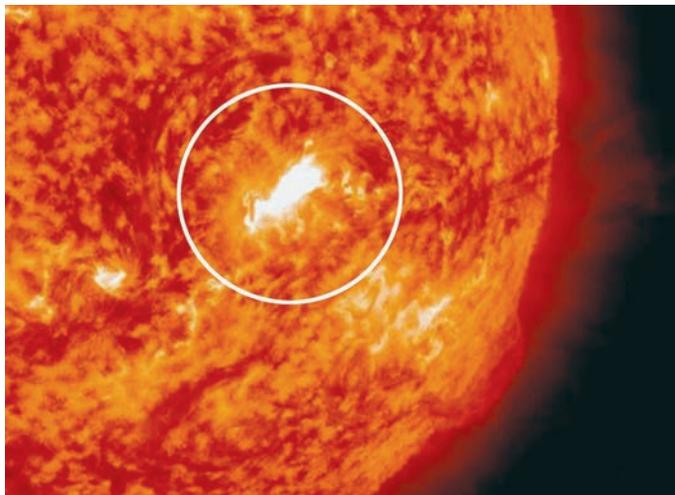
17, 25 и 29 августа, а 6 августа – пять. Коронаграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 155 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди них два были типа “гало” и 11 – типа “частичное гало II” (угол раствора 90° – 180°). Две рекуррентные и пять новых

корональных дыр проходили по видимому диску Солнца, но лишь две из них вызвали в околоземном пространстве геомагнитные возмущения, не превысившие порог малых магнитных бурь. В августе зафиксировано четверо суток с возмущенной геомагнитной обстановкой.

лось число выбросов солнечных волокон (43), но их геоэффективность оказалась не высокой. По три выброса в день замечено 2, 3,

Солнце 22 сентября 2013 г.:
 а) фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$);
 б) в линии крайнего ультрафиолета Fe XII ($\lambda = 193 \text{ \AA}$);
 в) в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$);
 г) синтезированный снимок ($\lambda = 171, 193, 211 \text{ \AA}$) с силовыми линиями магнитного поля и корональной дырой (КД).
 Изображения получены космической “Солнечной динамической обсерваторией” (<http://www.space-weather.com>). NASA.





Солнечная вспышка 17 августа 2013 г. рентгеновского класса M3.3 в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$) в максимальной фазе развития. Изображение получено космической "Солнечной динамической обсерваторией". NASA.

На геостационарных орбитах очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ наблюдался 1, 5–10, 16–21 и 23–27 августа.

Сентябрь ознаменовался существенным спадом уровня пятнообразовательной активности: шесть суток в первой и во второй декадах относительное число солнечных пятен оставалось на низком уровне. На видимом диске Солнца наблюдалось от 1 до 8 небольших и спокойных групп солнечных пятен. В Южном полушарии появилось 11 групп солнечных пятен и 8 – в Северном. Минимальное за сутки число солнечных пятен отме-

чено 9 сентября ($W = 9,0$), максимальное – **22 сентября** ($W = 61,0$). Во вспышечном отношении сентябрь снова стал одним из самых спокойных в максимуме текущего цикла: 10 сут уровень активности был низким, в остальные дни – очень низким. Выбросы солнечных волокон наблюдались по два в день 2, 20, 22 и 23 сентября, по три в день – 8, 14, 19 и 21 сентября. Высокоскоростные потоки от четырех рекуррентных и двух новых корональных дыр были мало геоэффективны – ни одного дня с возмущенной геомагнитной обстановкой в сентябре не зарегистрировано. Коронोगрафы космической

обсерватории "SOHO" наблюдали более 96 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых два – типа "частичное гало III" и 10 – типа "частичное гало II". На геостационарных орбитах 2–10 и 20–23 сентября зарегистрирован очень высокий поток релятивистских электронов с энергиями больше 2 МэВ – все следствия прохождения Земли через высокоскоростные потоки рекуррентных корональных дыр.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти в Интернете (<http://www.izmiran.ru/services/saf/>). Страница обновляется каждый понедельник. Каждый первый понедельник месяца дается обзор развития текущего цикла солнечной активности.

В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН

Ультрафиолетовые обсерватории будущего

М.Е. САЧКОВ,
доктор физико-математических наук
Институт астрономии РАН

Ультрафиолетовый участок спектра чрезвычайно важен для исследования астрофизических объектов в широком диапазоне температур – 3×10^3 – 10^5 К. Запущены десятки космических обсерваторий для наблюдений астрономических объектов в УФ-диапазоне.



Проекты ультрафиолетовых космических обсерваторий нового поколения сейчас разрабатываются в Европе, США и России. В статье сформулированы требования к научному оборудованию таких обсерваторий и кратко описаны перспективные проекты.

ИСТОРИЯ НАБЛЮДЕНИЙ В УФ-ДИАПАЗОНЕ

Начало внеатмосферным ультрафиолетовым исследованиям было положено 10 октября 1946 г., когда с борта ракеты А-4 (“Фау-2”) впервые получили спектр Солнца в недоступном для наблюдений с поверхности Земли ультрафиолетовом диапазоне. В 1957 г. проведены первые фотометрические исследования звезд, в 1968 г. – спектральные.

В течение последних 35 лет выполнены спектральные исследования в УФ-диапазоне высокого разрешения с помощью космических обсерваторий: международной “IUE” (1978–1996), российской “Астрон” (1983–1989; Земля и Вселенная, 1984, №№ 2, 5; 1990, № 6), КТХ с УФ-спектрографами GHRС (1990–1997; Земля и Вселенная, 2005, № 6), STIS (1997–2004) и COS (с 2009 г.), “FUSE” (1999–2007; Земля и Вселенная, 2000,

№ 4, с. 58–59) и “GALEX” (2003–2012; Земля и Вселенная, 2004, № 1, с. 39–40). Успешная работа этих обсерваторий убедительно подтвердила высокую значимость наблюдений в ультрафиолете для развития современной астрофизики.

В практике научных исследований различные разделы астрономии часто получают название по предмету исследования (звездная астрономия, внегалактическая астрономия), или по при-

кладному назначению (практическая астрономия, мореходная астрономия), или по спектральному (энергетическому) диапазону и технологии наблюдений (гамма-, рентгеновская, оптическая, инфракрасная, радио- и ультрафиолетовая астрономия). Эти ветви астрономии применяют различные технологии изучения процессов во Вселенной. Наблюдения в нескольких диапазонах, дающие “стереоскопическое” представление об изучаемом объекте, наиболее ценны, позволяют максимально глубоко выяснить его природу. У каждого подхода есть свои преимущества, используемые для получения важных научных сведений об избранных классах небесных объектов.

Ультрафиолетовая астрономия выделяется среди других разделов астрономии, так как 75% наблюдаемого вещества во Вселенной находится в состоянии, эффективно диагностируемом именно методами спектроскопии в ультрафиолетовом участке спектра. Это атомарная плазма с температурой $3 \times 10^3 - 10^5$ К и молекулярная плазма наиболее распространенных молекул во Вселенной (H_2 , CO, OH, CO_2^+ , C_2 и др.). УФ-астрономия обладает уникальными возможностями для изучения межгалактической среды, в частности поиска скрытого барионного вещества, внут-

ренних областей аккреционных дисков, точного определения химического состава межзвездной среды. Ультрафиолетовые изображения структуры областей массового звездообразования в галактиках и горячих корон галактик, протопланетных дисков дают важную информацию, которую практически невозможно получить с помощью других методов.

С 1989 г. в нашей стране разрабатывается проект “Спектр-УФ” по созданию крупной космической ультрафиолетовой обсерватории (Земля и Вселенная, 1990, № 6, с. 42–44; 1997, № 2; 1999, № 2). Программа наблюдений КТХ, единственного телескопа, работающего в настоящее время в УФ-диапазоне, чрезвычайно перегружена. Срок его работы на орбите продлен до 2016 г., но, к сожалению, NASA и ESA не планируют запуски космических ультрафиолетовых обсерваторий ранее 2025 г. Поэтому российский проект “Спектр-УФ” получил серьезную поддержку со стороны международного сообщества и послужил основой для развития кооперации. Международное название проекта – “Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет” (“ВКО-УФ”, “World Space Observatory – Ultraviolet”, “WSO-UV”; Земля и Вселенная, 2006, № 5), ее основной инструмент – телескоп T-170M с главным

зеркалом диаметром 1,7 м – будет оснащен спектрографами высокого и низкого разрешения и камерами для построения высококачественных изображений небесных объектов в УФ-диапазоне. Такой набор научных приборов позволяет обеспечить решение множества наблюдательных задач. По возможностям спектрографы проекта аналогичны спектрографам КТХ, а по некоторым характеристикам превосходит их. Создание “ВКО-УФ” включено в Федеральную космическую программу России 2006–2015 гг.

Планы создания будущих космических инструментов УФ-диапазона относятся к периоду после 2025 г., поэтому ближайшие перспективы ультрафиолетовой астрономии связываются с запуском космической обсерватории “ВКО-УФ” с помощью РН “Протон-М”, намеченным на 2017 г. Функционирование обсерватории рассчитано на 5 лет с возможностью продления работы еще на 5 лет. “ВКО-УФ” станет единственной большой обсерваторией для наблюдений в УФ-диапазоне после завершения работы КТХ.

НАУЧНЫЕ ЗАДАЧИ
УФ-АСТРОНОМИИ

Выделяются три основных преимущества использования ультрафиолетового участка спектра для астрофизических ис-

“Всемирная космическая обсерватория – Ультрафиолет” (“ВКО-УФ”). Рисунок ИНАСАН.

следований. В этом спектральном участке наиболее велика плотность астрофизической информации о звездах и газе, в нем находятся наиболее интенсивные резонансные линии большинства атомов, ионов и молекул. Кроме того, большая часть энергии, излучаемой звездами с температурами фотосфер выше 10^4 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. Наконец, если сравнивать фон космического излучения за пределами атмосферы в широком участке спектра, включающем УФ-, видимый и ИК-диапазон, то в ультрафиолете фон значительно 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 аст-



рофизические 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 и ветер, протогалактики, активные ядра галактик, эволюцию межгалактической среды звездообразования в галактиках.

Основные научные задачи обсерватории “ВКО-УФ” (длина тубуса телескопа – 5 м, масса космического аппарата – 2,9 т, в том числе масса научной аппаратуры – 1,6 т) заключаются

в спектроскопии слабых источников и построении изображений в УФ-участке спектра. При этом должны достигаться высокое спектральное разрешение, максимальное пространственное разрешение, а для изучения слабых источников – высокая проникающая способность. При создании основного инструмента обсерватории – телескопа Т-170М с главным зеркалом диаметром 170 см – наибольшее внимание уделяется методам нанесения особых покрытий, улучшающих отражение в диапазоне 115–320 нм и созданию высокоточной системы наведения и стабилизации, что позволяет “ВКО-УФ” конкурировать по эффективной площади с КТХ. 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. Создаются уникальные научные приборы, предназначенные для спектральных наблюдений точечных объектов в диапазоне 115–310 нм с высоким ($R > 5 \times 10^4$) и низким разрешением ($R = 10^3$) в диапазоне 115–305 нм, чтобы исследовать протяженные и самые далекие объекты Вселенной; для построения прямых изображений высокого пространственного разрешения ($0,036''$) с полем зрения $70'' \times 75''$.

В 2017–2025 гг. «ВКО-УФ» будет работать как многоцелевая космическая обсерватория. Общее доступное наблюдательное время планируется распределять между тремя типами научных программ: базовая, национальные про-

граммы стран-участниц и открытая программа для международного сообщества. Базовая программа, рассчитанная на первые два года работы обсерватории, формируется научным комитетом проекта, в него входят ученые стран-участниц и внешние специалисты. Национальные программы будут формироваться научными комитетами стран-участниц. Время в рамках этих программ распределяется пропорционально вкладу этих стран в проект. Кроме того, наиболее вероятно, что значительная доля общего наблюдательного времени после завершения базовой программы (до 40%) будет доступна для высокопрофессиональных заявок международного астрономического сообщества на основе открытого конкурса.

Пекулярная галактика M101 (NGC 5457) Вертушка диаметром 85 тыс. св. лет; Большая Медведица, 27 млн св. лет от нас. Изображения в ультрафиолетовом (слева) и оптическом участках спектра. Структура областей звездообразования хорошо наблюдается именно в УФ-диапазоне. Снимки получены космической обсерваторией «GALEX» и Европейской Южной Обсерваторией. Фото NASA, ESO.

Текущая информация по проекту «ВКО-УФ» публикуется на веб-сайте <http://wso-uv.org>.

ПРОГРАММА
ИССЛЕДОВАНИЙ

Основные направления исследований обсерватории «ВКО-УФ»:

– физика ранней Вселенной (определение содержания барионов в диффузной компоненте Вселенной, реионизация,



Модель катаклизмической двойной звезды. Вещество перетекает с одного компонента на другой, образуя аккреционный диск. Моделирование проведено в ИНАСАН.

обогащение межгалактической среды тяжелыми элементами);

- звездообразование, химическая эволюция галактик;

- аккреционные процессы;

- межзвездная среда (плотные межзвездные облака, дейтерий в локальной межзвездной среде, ионизационная структура);

- физика горячих звездных атмосфер, по-

теря массы, хромосферная активность.

В большинстве современных моделей Вселенной выделяют три компонента: барионное (обычное) вещество, холодная темная материя, которая взаимодействует с барионным веществом исключительно через гравитацию, и энергия вакуума.

Большую часть материи наблюдать непосредственно нельзя. Это относится полностью к темной материи и в значительной части к барионной материи – скрытой массе (Земля и Вселенная, 2006, №1; 2009, № 5; 2012, № 5). Одна из важнейших задач фунда-

ментальной науки – выяснение природы темной материи и законов распределения этой материи во Вселенной. Необходимо построить полную и непротиворечивую модель возникновения и развития Вселенной. При этом крайне важно оценить вклад всех барионных компонентов в общую массу Вселенной. Проблема состоит в том, что мы наблюдаем только часть (около 10%) барионного вещества, сосредоточенного в галактиках и скоплениях галактик. Другие формы барионного вещества изучены весьма слабо. К ним относятся межгалактический газ, слабые

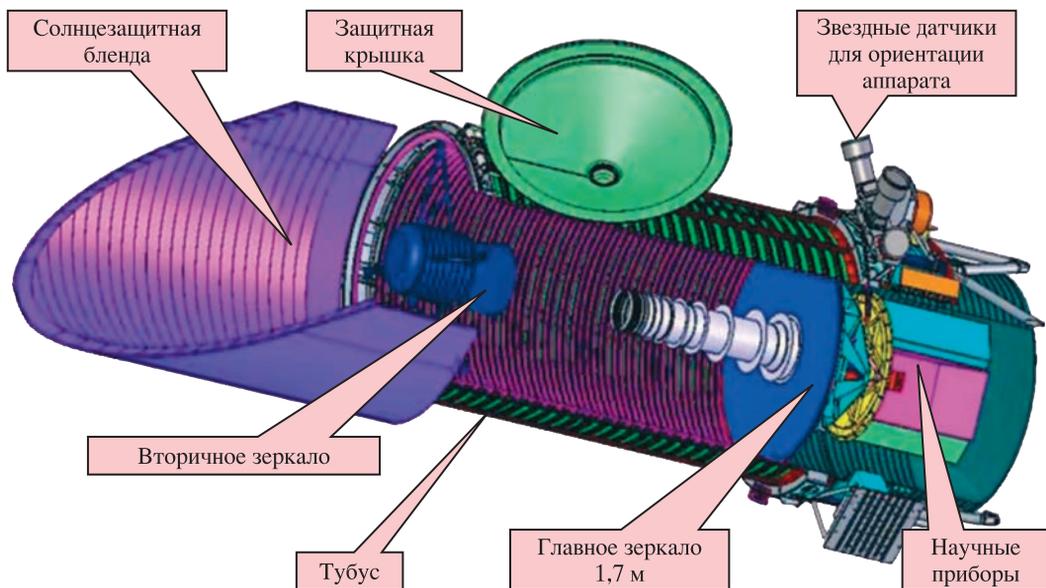
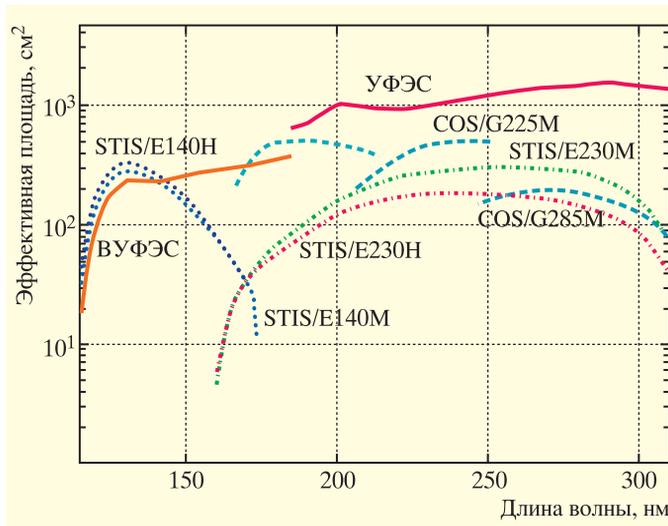


Схема устройства ультрафиолетового телескопа Т-170М (вверху). На испытании телескопа в НПО им. С.А. Лавочкина. Рисунок и фото ИНАСАН.

График сравнения эффективной площади спектрографов “ВКО-УФ” (УФЭС и ВУФЭС) и КТХ (COS и STIS).

звезды (маломассивные звезды первого поколения), коричневые карлики, протопланетные диски, экзопланеты, астероиды, кометообразные тела, газопылевые облака. Межгалактическая среда обладает наиболее мощным потенциальным резервуаром ненаблюдаемого (скрытого) барионного вещества. Наблюдения в УФ-спектре – наиболее эффективное средство изучения этого вещества. Чтобы выявить положение основных очагов звездообразования, необходимо исследовать неионизирующее УФ-излучение в галактиках. Изображения наглядно демонстрируют концентрацию молодых звезд в спиральных ветвях и ядрах галактик. Важными считаются как снимки галактик в ультрафиолете, позволяющие судить о распределении областей звездообразования, их размерах и форме, так и спектры отдельных образований; это ключ к определению возраста входящих в них звезд и оценке ослабления излучения. В совокупности с измерениями в других областях спектра такие наблюдения позволяют



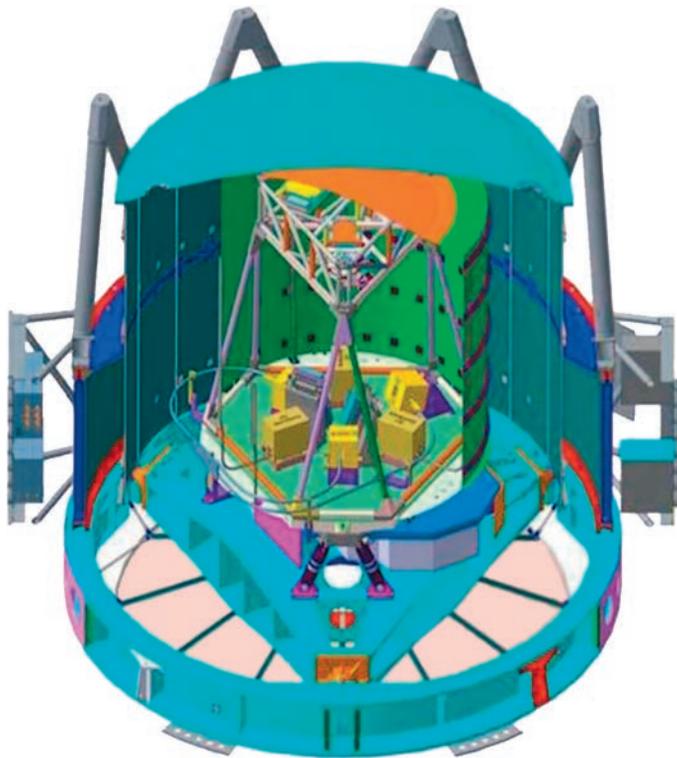
глубже понять процессы, управляющие звездообразованием в галактиках различных типов.

Важными объектами исследования станут катаклизмические двойные звезды (Земля и Вселенная, 1966, № 4; 1972, № 4, 5). Это широкий класс маломассивных тесных двойных систем, содержащих маломассивные (меньше солнечной) оптические звезды, вещество с которых истекает на белые карлики. Известно несколько сотен таких систем, у них в большинстве случаев орбитальные периоды короткие, орбиты круговые. Вещество звезды-донора перетекает на второй компонент – аккректор, вокруг него формируется вращающийся аккреционный диск. В диске могут развиваться неустойчивости, вследствие чего вещество из него может “вываливаться” на аккректор неравномерно, при-

водя к вспышкам. Также неравномерным может быть процесс энерговыделения на поверхности белого карлика. Все детали этих процессов исключительно интересны и важны для понимания физики аккреции. “ВКО-УФ” сможет детально исследовать физику ударных волн и структуру протяженной области взаимодействия, что откроет перспективы для определения физических характеристик взаимодействующих тесных двойных систем и уточнения их эволюционного статуса.

Звезды солнечного типа (например, τ Тельца) на стадиях до главной последовательности дают уникальную возможность для изучения условий, в которых, по-видимому, образуются планетные системы, подобные нашей. Согласно современным представлениям, планеты

Схема блока спектрографов "ВКО-УФ". Рисунок ИНАСАН.



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

Схема блока камер поля "ВКО-УФ", изготавливаемого в Испании. Рисунок ИНАСАН.



планет-эмбрионов через процессы фотоионизации, фотодиссоциации и фотохимические реакции. УФ-спектроскопия позволит изучать в деталях взаимодействие между звездным полем УФ-излучения и молодым протопланетным диском и обнаружить молекулярную компоненту. Недавние исследования химической эволюции дисков демонстрируют, что ультрафиолетовые фотоны, проникающие в пылевой диск, могут определять протекание реакций, приводящих к образованию больших органических молекул. УФ-фотоны ($\lambda > 150$ нм) и фотодиссоциирующие органические молекулы могут играть ключевую роль во внутренних областях протопланетного диска, а фотоны H_2 и CO "контролируют" его внешние слои. Наблюдения экзопланет помогут понять процессы формирования планет и их атмосфер, дальнейшую эволюцию этих систем. "ВКО-УФ" займется поиском и регистрацией авральной эмиссии "горячих юпитеров", обладающих магнитными полями. Данный способ не только прямой, но и единственный для обнаружения магнитного поля у таких объектов. Авроральное УФ-свечение содержит информацию о свойствах этих областей, составе атмосферы и энергиях частиц, бомбардирующих атмосферу. УФ-диапазон дает существенные пре-

имущества в сравнении с оптическим: более высокий контраст и лучшее угловое разрешение позволяют обнаруживать экзопланеты на меньших угловых расстояниях от звезды. Можно ожидать 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?

Ряд уникальных явлений в Солнечной системе может быть найден в ультрафиолетовых лучах. На изображениях хорошо отождествляются облачные структуры верхней атмосферы Венеры, Марса и планет-гигантов, их полярные сияния. В отличие от Земли полярные сияния на Юпитере или Нептуне наблюдаются только в ультрафиолете. Например, в 2000–2011 гг. КТХ передал серию снимков интенсивного свечения вокруг полюсов Юпитера и Сатурна именно в ультрафиолетовой области спектра.

СОСТАВ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Комплекс научной аппаратуры "ВКО-УФ" предназначен для проведения исследований в ультрафиолетовом и оптическом диапазонах

излучения с высоким угловым разрешением. Головная организация по созданию космического комплекса – НПО им. С.А. Лавочкина. Комплекс научной аппаратуры "ВКО-УФ" состоит из телескопа Т-170М, комплекса основных научных приборов и аппаратуры "Конус-УФ".

Телескоп Т-170М представляет собой прецизионный крупногабаритный телескоп, построенный на отражательной оптике с фокусным расстоянием 17 м с главным зеркалом диаметром 1,7 м. Оптическая система телескопа формирует изображения астрономических объектов в фокальной поверхности с полем зрения 30'. Телескоп Т-170М построен по схеме Ричи – Кретьена, работает в спектральном диапазоне 110–700 нм. В инструментальном отсеке расположены основные научные приборы – блоки спектрографов и камер поля, вспомогательные – датчики гида системы управления и контроля, то есть наведения и стабилизации телескопа на выбранный объект.

Необходимая точность наведения на исследуемый астрофизический объект и удержание выбранного объекта во время проведения наблюдений обеспечивается системой гидирования. Система датчиков гида – три идентичные камеры поля, работающие в видимом участке спек-

тра, детекторами служат ПЗС-матрицы. Поскольку наиболее жесткие требования по точности наведения предъявляются при наблюдениях с помощью блока спектрометров (менее 0,1"), конструкция датчиков гида разрабатывается с учетом минимизации углового расстояния в поле зрения телескопа между полями зрения датчиков гида и входными щелями блоков спектрометров. Обеспечение минимальных пространственных размеров между щелями спектрометров и детекторами датчиков гида позволяет гарантировать необходимую точность наведения и стабильность их взаимного расположения в процессе эксплуатации телескопа на орбите. Щели трех спектрометров равномерно расположены на окружности диаметром 20' в поле зрения телескопа. Блок камер поля устанавливается на верхнее основание оптической скамьи, в пространство между узлом главного зеркала и оптической скамьей, блок спектрографов закрепляется на обратной стороне оптической скамьи. Система датчиков гида использует три чувствительные поверхности детекторов излучения, расположенных непосредственно в фокальной плоскости вблизи входных щелей спектрографов.

Блок спектрографов "ВКО-УФ" состоит из трех независимых

спектрографов (каналов), находящихся в одном корпусе. Это вакуумный ультрафиолетовый эшелый спектрограф (ВУФЭС) для работы в спектральном диапазоне 115–176 нм и ультрафиолетовый эшелый спектрограф (УФЭС, диапазон – 174–310 нм), а также спектрограф с длинной щелью (СДЩ) для получения спектров низкого разрешения точечных и протяженных объектов (115–305 нм).

Спектральное разрешение эшелых спектрографов приблизительно соответствует среднему спектральному разрешению спектрографа STIS и значительно выше максимального разрешения спектрографа COS, установленных на КТХ. Канал ВУФЭС имеет примерно в четыре раза меньшую эффективную площадь, чем COS, в то время как канал УФЭС в два раза превосходит COS по этому параметру; оба канала превосходят STIS по эффективной площади на всех длинах волн.

Телескоп T-170M создается в НПО им. С.А. Лавочкина в кооперации с ИНАСАН, ИКИ РАН, ОАО "ЛЗСО" и другими отечественными предприятиями, блок камер поля – в Испании, блок спектрографов в ИНАСАН совместно с ВНИИЭФ, ФИАН, ИКИ РАН, ГОИ им. Вавилова, НИУ ИТМО. Приемники излучения разрабатываются в фирме "E2V" (Великобритания). Служебный модуль

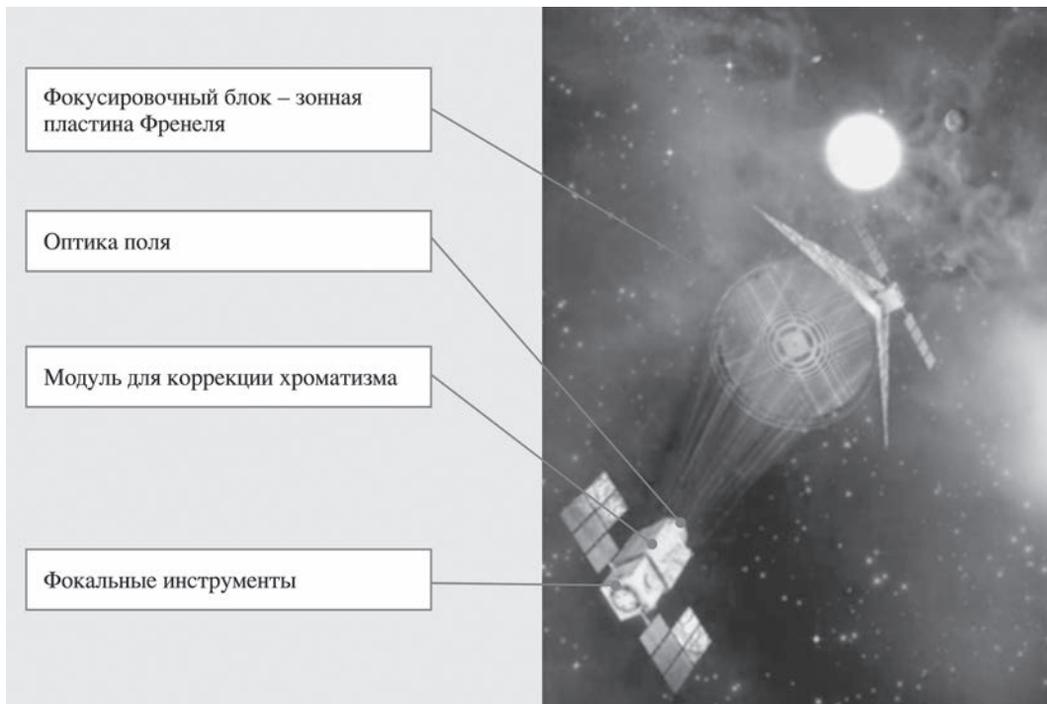
"ВКО-УФ" базируется на унифицированной платформе "Навигатор", созданной в НПО им. С.А. Лавочкина. Эта платформа применяется для вывода космических аппаратов на высокоэллиптические и геостационарные околоземные орбиты, в точки либрации.

Наземный сегмент разрабатывают совместно Россия и Испания. Он включает в себя инфраструктуру по управлению и контролю функционирования космического аппарата, приему, обработке и хранению научных данных.

УФ-ОБСЕРВАТОРИИ
СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Научные планы обсерватории "ВКО-УФ" весьма амбициозны. Она будет работать в кооперации с мощными наземными инструментами, обеспечивающими получение информации в видимом диапазоне, с космическими – в более коротких диапазонах ("Спектр-РГ", "Symbol-X") и длинноволновых ("GAIA", "JWST"; Земля и Вселенная, 2005, № 6, с. 25). В настоящее время уже ведутся работы над проектами космических ультрафиолетовых обсерваторий следующего поколения.

Телескоп на основе зон Френеля. Такой инструмент предложен для программы "Cosmic Vision" (ESA) в качестве основного инструмента космической обсерватории, работающей в точке



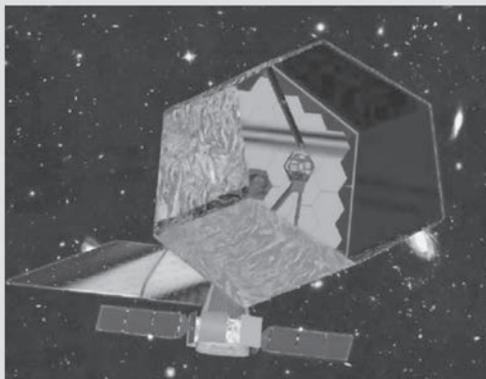
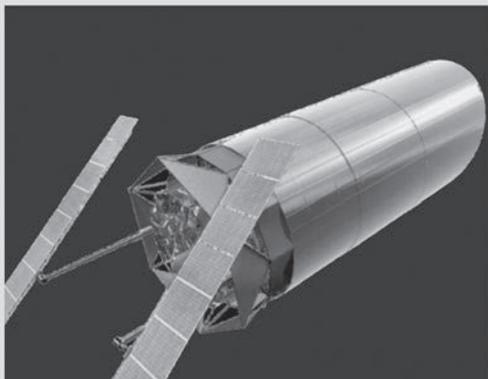
Проект космической обсерватории с телескопом на основе зон Френеля. Рисунок Университета Тулузы, Франция.

либрации L-1. В научные задачи этого проекта (головная организация – Университет Тулузы, Франция) входит изучение экзопланет и поведения материи в экстремальных условиях. Этот сверхлегкий телескоп демонстрирует новые оптические концепции, основанные на дифракционной фокусировке. Телескоп позволяет получать высокий динамический диапазон изображений, одновременно снижая ограничения на размещение и изготовление главных оптических элементов. Эта кон-

цепция должна открыть путь к очень большим апертурам, размещенным в космосе. Космическая обсерватория будет состоять из двух космических аппаратов, оснащенных фокусирующим блоком (зонная пластина Френеля) и оптикой поля, фокальными инструментами и детекторами. Преимущество перед обычными оптическими технологиями состоит в том, что пластины Френеля изготавливаются с допуском 100 мк, то есть в тысячи раз меньше, чем зеркала УФ- или видимого диапазонов.

Фокусировка телескопа осуществляется без каких-либо других оптических элементов – форма и расположение субапертур (отверстий

в фольге) отвечают за схождение пучка вследствие дифракции, 5–10% от общего количества падающего света попадают в четкий фокус. Следствием большого количества субапертур будут изображения с большим динамическим диапазоном. Кроме того, так как в методе фокусировки используется только сочетание вакуума и непрозрачных материалов, он эффективен в очень широком диапазоне длин волн от дальнего ультрафиолета до дальнего инфракрасного участка спектра. Фокусное расстояние таких устройств зависит от длины волны. Однако этот недостаток может быть скорректирован. Отметим только два очень перспектив-



ных направления использования телескопа на основе зон Френеля. Он обладает свойствами, которые делают его идеальным инструментом для наблюдения эволюции протопланетных дисков до превращения их в планеты. Высокий динамический диапазон и разрешение позволяют картировать, например, струи вещества во внутренней области диска тесных двойных систем с беспрецедентным разрешением, причем близость родительской звезды – не помеха.

УФ-спектрограф STIS (эффективная площадь – до 10^3 см^2) на КТХ – один из лучших инструментов, работавших с 2,4-м телескопом (Земля и Вселенная, 2010, № 6). Пропускная способность STIS варьируется от одного до нескольких процентов в зависимости от наблюдений. В случае телескопа Френеля диамет-

ром 3,6 м, оснащенного двухзеркальной оптикой поля и относительно простой отражающей решеткой при эффективности приемника излучения порядка 20%, можно достичь эффективной площади системы около $2-3 \times 10^3 \text{ см}^2$ в зависимости от рассматриваемого спектрального диапазона.

В текущем десятилетии ESA намеревается включить этот проект в перспективную программу. Французские коллеги пригласили российских ученых к участию в проекте. В качестве первого шага рассматривается совместная отработка технологии разделенного инструмента на борту МКС. Возможно, испытают на станции пластину Френеля диаметром 6,5 см, с расстоянием между ее двумя частями 10 м. Кроме проверки концепции эксперимент позволит решить научные

Проект космической обсерватории "ATLAST". Варианты телескопа с монолитным 8-м зеркалом (слева) и 16,8-м сегментированным зеркалом (справа). Рисунки Центра космических полетов им. Маршалла, NASA.

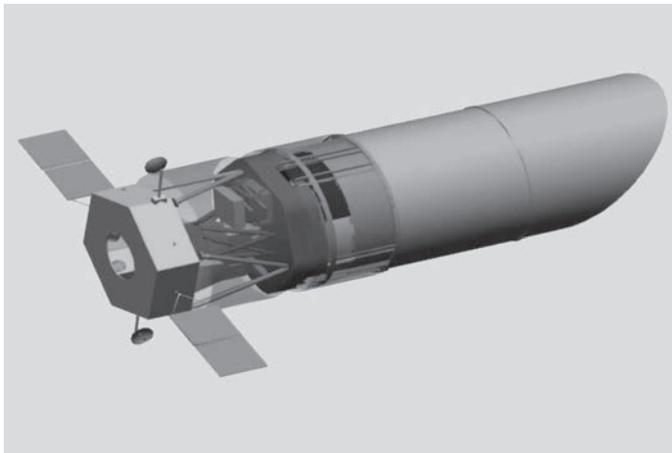
задачи, в частности исследовать поверхность Луны в УФ-диапазоне для определения ее химического состава.

Проект "ATLAST". В более отдаленном будущем просматривается ряд амбициозных проектов, основанных на использовании крупных и очень больших телескопов. Один из них – проект космической обсерватории "ATLAST" (Advanced Technology Large-Aperture Space Telescope – космический телескоп большой апертуры передовой технологии), полет которой запланирован на 2025–2035 гг. Специа-

Проект космической обсерватории "THEIA". Рисунок Принстонского университета, США.

листы NASA рассматривают его в качестве первоочередного после завершения работы КТХ. Обсерватория предназначена для наблюдений в ультрафиолетовом, видимом и ближнем инфракрасном диапазонах (110–2400 нм), ее цель – поиск ответа на вопрос о существовании жизни еще где-то в нашей Галактике, кроме Земли. В случае обнаружения молекулярного кислорода, озона или воды (биомаркеры) в спектре атмосферы экзопланет земного типа ее наличие будет косвенно подтверждено.

Необходимо решить несколько проблем, так как землеподобные планеты очень трудно обнаружить. Например, блеск такой экзопланеты на расстоянии около 10 пк будет $29,8^m$, средний угловой размер обитаемой зоны вокруг ближайших F, G, K-звезд менее 10^{-4} ". Чтобы выделить экзопланету на фоне звезды, система, формирующая изображение, должна обладать угловым разрешением около 10^{-3} ", требуемый фактор подавления света звезд – от 10^{-9} до 10^{-10} . Планеты с биомаркерами, скорее всего, достаточно редки, из-за чего



потребуется просмотреть сотни и тысячи звезд.

"ATLAST" оснастят главным зеркалом диаметром 8–16,8 м. Определены его различные схемы, но с аналогичной оптической конструкцией: 8-м телескоп с монолитным главным зеркалом, 9,2-м или 16,8-м телескоп с зеркалом из множества сегментов. Планируется применить внешнее устройство блокирования света звезд в форме "зонты" – диск диаметром несколько десятков метров с лепестками по кругу разместят на расстоянии нескольких десятков тысяч километров от телескопа. "Зонты" доставляют на орбиту в сложенном виде, затем его разворачивают. Такая методика позволила бы картографировать планетные системы в пределах 10 пк от Земли.

Проект "THEIA". Проект космической обсерватории "THEIA" (Telescope for Habitable Exoplanets and Interstellar/

Intergalactic Astronomy – телескоп для обитаемых экзопланет и межзвездной/межгалактической астрономии) также предложен NASA в качестве основного "преемника" КТХ. На ней будет размещен телескоп с 4-м монолитным главным зеркалом для поиска землеподобных экзопланет. На обсерватории установят основные инструменты: двухканальную УФ-камеру оптических изображений с полем $19' \times 15'$, многоцелевой высокочувствительный УФ-спектрограф, оптимизированный для наблюдений слабых астрономических объектов в диапазоне длин волн 100–300 нм со спектральным разрешением $3 \times 10^4 - 10^5$ и три узкопольные камеры от УФ-до ближнего ИК-диапазона (250–400 нм, 400–700 нм и 700–1000 нм). Для блокировки света звезд при исследовании экзопланет, как и в проекте "ATLAST", намереваются использовать внешний

Проект 10-м телескопа космической УФ-обсерватории. Схема телескопа в упакованном виде при запуске (вверху), обсерватория после разворачивания на околоземной орбите. Рисунки Дж. Грина.

“зонт” диаметром 40 м на расстоянии 55 тыс. км от телескопа при получении изображений в диапазоне 400–700 нм.

Проект 10-м космического телескопа. Профессора Д. Эббетс, Дж. Десино (“Бэлл Аэроспейс”) и Дж. Грин (Университет Колорадо, США) предложили концепцию построения 10-м космического телескопа. Благодаря большой апертуре (10 м) и большой площади главного зеркала (50 м²) телескоп существенно превзойдет все существующие космические обсерватории в УФ- и оптическом диапазонах по угловому разрешению (0,01”) и чувствительности. Эта концепция предполагает внедрение новых технологий: роботизированной сборки телескопа на орбите, использование сегментированного зеркала. В будущем на таких телескопах увеличат число сегментов, их размер и возможность замены инструментов. Обсерваторию с 10-м телескопом выведет на орбиту новая американская РН “Атлас-7”.

В представленной компоновке основные прецизионные элементы конструкции телескопа не



испытывают существенных нагрузок во время запуска. Раскроют крупные элементы два робота-манипулятора вместо большого числа шарниров, активаторов, сенсоров, защелок. После запуска сегменты главного зеркала с помощью манипуляторов достают из контейнеров сервисного модуля и устанавливают на опорном кольце. К настоящему времени накоплен большой опыт использования роботов-манипуляторов, фиксаторов и захватов, эксплуатируемых на МКС и КТХ, а ранее – на космических кораблях “Спейс Шаттл”. Для сборки 16 сегментов главного зеркала требуется два манипулятора.

Проект “Астрон-2”.
В настоящее время в

ИНАСАН разрабатывают проект космической обсерватории “Астрон-2”. Предполагается использовать наработки, стендовую базу, сложившуюся кооперацию исполнителей и научно-технических коллективов проекта “ВКО-УФ”. Новый телескоп проекта “Астрон-2” будет иметь главное зеркало диаметром 2,2 м, а конструкция телескопа будет такой же, как у телескопа Т-170М. В световой пучок после вторичного зеркала вводится корректор поля зрения, позволяющий увеличить поле зрения до 2°. Основной метод исследования – полевая бесщелевая спектроскопия: с помощью призмы получают спектры низко-

го разрешения (до 500) всех точечных объектов. Главная задача – получить глубокий обзор всего неба в УФ-диапазоне.

Ультрафиолетовая астрономия располагает эффективными и часто уникальными средствами исследований практически во всех направлениях астрофизики, и этот гигантский потенциал далеко не исчерпан. Существенное продвижение в наших знаниях о Вселенной астрофизики связывают с запуском в третьем десятилетии XXI в. таких космических обсерваторий, как телескоп на основе зон Френеля и “Астрон-2”.

Информация

Гигантские океанические водовороты

Ученые из Высшей технической школы Цюриха (Швейцария) и Университета Майами (США), проанализировав спутниковые снимки и изучив гигантские океанические водовороты в Тихом океане, сделали вы-

вод, что по структуре они аналогичны черным дырам. Подобно черным дырам у океанических водоворотов обнаружили свойство удерживать внутри себя захваченную ранее воду и любые попавшие в них объекты. Пробы воды показали, что по мере движения водоворотов вдоль Перуанского, а затем Южного Пассатного течения на протяжении более 100 сут их соленость, химический состав и даже температура не изменялись. Водовороты способны переносить жидкость на тысячи километров. Это особенно

важно для Мексиканского залива, где был обнаружен похожий вихрь. Исследование может означать, что утечки нефти в этом регионе могут угрожать всей Атлантике.

Исследователи предположили, что процессы, аналогичные действующим в черных дырах, могут происходить и в атмосферных вихрях на Земле, а также в Большом Красном Пятне на Юпитере.

По материалам Интернет-сайта “Science”,
24 сентября 2013 г.

Александр Дмитриевич Дубяго

В 2013 г. исполнилось 110 лет со дня рождения Александра Дмитриевича Дубяго – выдающегося русского астронома, основателя казанской кометной школы, директора Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта, заслуженного деятеля науки, доктора физико-математических наук.



Профессор А.Д. Дубяго. 1946 г.

А.Д. Дубяго родился 18 декабря 1903 г. в Казани в семье ректора Императорского Казанского университета, известного астронома, директора двух обсерваторий (городской и загородной) дворянина Дмитрия Ивановича Дубяго и его супруги Елизаветы Фёдоровны Дубяго, урожденной Шмелёвой. У Саши были братья Сергей, Андрей, Юрий и сестра Ксения. С раннего детства Саша поражал окружающих неординарными способностями и философским складом ума. В четыре года он самостоятельно выучился читать, а чуть позже – писать и считать. Мальчик, унаследовавший от матери прекрасные лингвистические способности (она владела 12 иностранными языками), хорошо говорил по-немецки и по-французски. Позднее Елизавета Фёдоровна обучила детей английскому и итальянскому языкам. Крестным отцом Саши стал выдающийся астроном Василий Павлович Энгельгардт, друг Дмитрия Ивановича, передавший в дар Казанскому университету оборудование своей частной Дрезденской обсерватории. На основе этого щедрого дара и была создана вторая обсерватория Казанского Императорского университета, названная “Энгельгардтовской”.

Мальчик с детства любил книги, открывающие ему другие миры и страны, читал на русском и немецком языках. “Маленький философ”, как его называли, размышлял о смысле жизни и часто ставил в тупик взрослых неординарными вопросами.

Летом семья Дубяго выезжала в лесную, Энгельгардтовскую обсерваторию, где был построен директорский дом. Дети полюбили загадочный лес, заросшие ромашками поляны, озеро Очки, где катались на лодках. Саша мог часами любоваться звездным небом. Здесь он попал под волшебное очарование богини астрономии Урании, служению которой посвятил жизнь. Когда мальчику исполнилось 11 лет, отец стал брать его с собой на наблюдения, знакомил с созвездиями, учил обращаться со звездными картами. В 13 лет Саша уже самостоятельно изучал переменные звезды. Трудолюбие юного астронома было вознаграждено: летом 1918 г. он открыл Новую звезду в созвездии Орла. Сообщение об этом открытии появилось в научных журналах. Астрономическая общественность избрала юношу членом Русского астрономического общества и наградила Золотой медалью имени Голубева.

Октябрьская революция, тяжелым катком прокатившаяся по всей стране, не пощадила и дружную семью Дубяго. От спокойной обеспеченной жизни не осталось и следа. Осенью 1918 г. от испанки, гриппа, свирепствовавшего в России и в Европе, умерли отец и младший брат Юрочка. Помогали вдове и детям профессора В.А. Баранов и М.А. Грачёв – соратники и ученики Дмитрия Ивановича.

С 15 лет Александр работал в астрономической обсерватории Казанского университета в должности вычислителя, в обязанности которого входило определение поправок точного времени по астрономическим наблюдениям. Под руководством В.А. Баранова Саша вел и астрономические наблюдения на телескопе обсерватории. Многие часы юноша проводил в библиотеке, читая подшивки научных журналов. Елизавета Фёдоровна поощряла и направляла астрономические занятия сына, видя в нем продолжателя дела отца. По вечерам, когда небо затягивалось тучами, Александр часто читал в подлиннике



Дмитрий Иванович Дубяго с супругой. 1880 г.

любимых немецких классиков Г. Гейне и И. Шиллера. Тогда же он начал серьезно заниматься музыкой с известной в Казани преподавателем музыки В.М. Кунавиной. Вместе со старшим сыном В.А. Баранова, Володей, Александр посещал концерты, которые часто устраивались в здании Университета.

В 1919 г. Александр провел серию наблюдений и вычислений эфемерид комет и малых планет. Русское общество любителей мироведения избрало его членом-сотрудником, а через год – членом-корреспондентом.

1920-е годы – перепутье двух эпох. Из старой жизни у семьи Дубяго остались визиты родных и знакомых, посещение концертов, служб в Воскресенском соборе, расположенном напротив университета, рождественских молодежных балов, чтение книг. Новая жизнь внесла “приятные мелочи”:



Профессора кафедры астрономии Казанского университета: А.Д. Дубяго, А.А. Яковкин, В.А. Баранов, Д.Я. Мартынов и И.А. Дюков. Казань, 1929 г.

подозрительность властей к “бывшим”, завтраки, состоявшие из чая с куском черного хлеба, обязательную трудовую повинность – уборку снега и грязи, строевой всеобуч.

В 1920 г. Александр сдал экстерном экзамены за курс гимназии и поступил в Казанский университет на физико-математический факультет, продолжая работать вычислителем на кафедре астрономии. Высокая работоспособность помогала юноше успевать во всем: утром и днем – занятия в университете, вычислительная, библиотека, а в ясную ночь – свидание со звездами. В одну из таких ночей, 24 апреля 1921 г., он обнаружил на небе достаточно яркий туманный объект, оказавшийся новой кометой, принадлежавшей к семейству Нептуна с периодом обращения 79,5 года. По имени открывателя она получила название 1921.I “Комета Дубяго”. После опубликования наблюдений этой кометы А.Д. Дубяго вычислил ее эллиптическую орбиту. Вторую комету, 1923 III он открыл 14 октября 1923 г. В студенче-

ские годы молодой астроном опубликовал большой серьезный труд “Предвычисления появления кометы d'Arre в 1923 г.”, причем комета в 1920 г. имела тесное сближение с Юпитером, что значительно усложняло вычисление ее параметров. Вторая студенческая работа была посвящена определению окончательной орбиты кометы 1909 IV (Daniel). В ней А.Д. Дубяго проявил себя тонким и требовательным исследователем, уже сформировавшимся ученым. Эти работы положили начало школе кометной и теоретической астрономии в Казанском университете.

В феврале 1925 г. А.Д. Дубяго окончил университет по специальности “Астрономия” и был оставлен при кафедре астрономии ассистентом. Здесь он прошел путь от вычислителя до профессора и ученого с мировым именем. За открытие комет и большую наблюдательную деятельность А.Д. Дубяго наградили Золотой медалью им. Г.А. Тихова. Достижения молодого ученого получили известность и за рубе-

жом. Однажды в Казань пришло письмо из США от американского астронома Отто Струве, внука О.В. Струве, учителя Д.И. Дубяго:

“Мистеру Александру Дубяго.

Многоуважаемый коллега!

Ваши открытия комет и вычисления орбиты вызывают удивление всего мира. Позвольте же и мне выразить Вам мои живейшие поздравления. Я рад, что в российской неразберихе еще находятся люди с достаточной энергией, чтобы продолжить работу прошлого поколения. Прилагаю вырезку из газеты “Чикаго Трибьюн”, которая Вас, быть может, заинтересует.

С приветом О. Струве”.

На газетной вырезке была фотография А.Д. Дубяго с подписью: *“Открыватель комет Александр Дубяго, 19 лет, удививший астрономический мир”.*

Имя А.Д. Дубяго, так же как и его отца, получает мировую известность. Он прекрасно знал звездное небо и всегда участвовал в систематических наблюдениях на рефракторе. В начале 1920-х гг. Александр выполнил замечательную работу, связанную с кометой Брукса. После успешного завершения первоначальных наблюдений молодой ученый продолжил изучать движение кометы Брукса, прошедшей в 1922 г. через сферу влияния Юпитера. Единственное ее наблюдение было сделано в 1910 г., в 1918 г. из-за неблагоприятных условий видимости наблюдать ее не удалось. Несмотря на то, что шансы обнаружить комету были очень невелики, ее нашли в 1925 г. на фотографиях, полученных в Симеизской обсерватории. Надо было не только установить вековое ускорение кометы, но и выяснить причины, его вызывающие. Он выполнил огромную работу по предвычислению всех появлений кометы Брукса и предположил, что на комету действует сила, изменяющая любой элемент орбиты, так же как возмущения от планет-гигантов варьируют все элементы эллиптического движения. Глубокие теоретические исследования движения периодических комет – результат



Студенты-астрономы и научные сотрудники Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта. Второй справа – А.Д. Дубяго, в центре – Г.Б. Агафонов, справа – С.В. Некрасова. Казань, 1930 г.

изучения движения кометы Брукса на протяжении всех ее появлений. Объем вычислений элементов ее орбиты, выполненных А.Д. Дубяго, один из самых больших в мире.

Ученый исследовал возможность распада комет под внешним гравитационным воздействием. Им была предложена модель кометы, аналогичная по структуре звездным шаровым скоплениям, имеющим достаточные наблюдательные данные и теоретические исследования.

Глубокое изучение проблемы позволило А.Д. Дубяго представить новую методику получения данных вековых изменений элементов орбит короткопериодических комет. Он считал наиболее вероятным образование комет из пылевой среды, наполняющей Солнечную систему. В 1942 г. Александр Дмитриевич предложил механизм образования уплотнений в пылевой среде. Отдельные рои частиц, движущиеся вокруг Солнца, при приближении к планете, например к Юпитеру, испытывают очень сильные возмущения, благодаря чему рой может быть выброшен на периферию Солнечной системы, где проведет длительное время, достаточное для его уплотнения. Так как в



А.Д. Дубяго принимает сигналы времени. Гравиметрическая экспедиция на Северном Урале. 1933 г.

начальной стадии процесс будет протекать медленно, может происходить обволакивание льдом мелких частиц за счет конденсации газов межзвездной среды. Затем уплотненный рой при возвращении к Солнцу превратится в комету.

Исходя из теории образования кометных ядер, А.Д. Дубяго объяснил происхождение метеорных потоков, связанных с периодическими кометами, определив скорости их распространения вдоль орбит комет-родоначальниц.

Александр Дмитриевич был великолепным вычислителем-виртуозом: в течение 2–3 ч вычислял параболическую или эллиптическую орбиту по трем наблюдениям (тогда никаких компьютеров и ЭВМ не было). С момента организации “Астрономического циркуляра” почти для всех новооткрытых комет он вычислил первые элементы и поисковые эфемериды. Его перу принадлежит более ста серьезных научных исследований, принесших ему заслуженную известность во всем мире. Богатый опыт небесно-механических вычислений Александр Дмитриевич

изложил в книге “Определение орбит” (М., 1949), не утратившей значимости до нашего времени. Она была переведена и издана в США уже после кончины автора.

При всей огромной занятости наукой и наблюдениями Александр Дмитриевич много времени уделял преподаванию. Его лекции, кроме глубины содержания, поражали доходчивостью и прекрасным литературным языком. Читал он много курсов и не только на кафедре астрономии, но и на других факультетах: астрономам – математическую обработку наблюдений, небесную механику, курс теоретической астрономии, историю астрономии; геодезистам – высшую геодезию, теорию фигуры Земли, гравиметрию и другие специализированные курсы для геологов и географов. Такой огромной лекционной нагрузкой преподавателей факультета не имел никто. Ученица А.Д. Дубяго Людмила Яковлевна Ананьева вспоминала: “Любой курс он читал свободно, красиво и как-то весело. Всегда хотелось его слушать. Читая курс математической обработки наблюдений, Александр Дмитриевич демонстрировал на примерах свои блестящие виртуозные способности вычислителя, а мы, решая примеры, показывали полнейшее невежество. Он тут же, подсмеиваясь над нами, учил приемам быстрого счета в уме”. Александр Дмитриевич был активным членом общества “Знание”. Его интереснейшие научно-популярные лекции по астрономии всегда привлекали большую аудиторию. Лекции он читал не только в Казани, но и по всему Советскому Союзу.

Видный ученый, А.Д. Дубяго был удивительно доступным человеком. Он одинаково уважительно относился к академику, уборщице, студенту и товарищу по работе. Несмотря на острый язык, Александра Дмитриевича любили и уважали, а студенты просто боготворили. К мнению профессора прислушивались все ведущие астроно-



Наблюдение полного солнечного затмения 1936 г. Астрономы А.Д. Дубяго – у теодолита, С.В. Некрасова – у астрографа (на заднем плане), Г.Б. Агафонов – у 11-м коронографа. Казахстан, село Явленки.

мы Советского Союза. Создатель новой космогонической теории академик О.Ю. Шмидт писал Александру Дмитриевичу: *“Я никогда не забуду то внимание, которое Вы мне оказали, и ту большую помощь, которую я получил от Ваших советов и замечаний. И теперь на новой стадии я испытываю настоятельную потребность в консультации с Вами”*.

Прекрасный рассказчик, А.Д. Дубяго был всегда желанным в любом обществе. Сотрудница кафедры астрономии КГУ М.Н. Балашова вспоминала: *“Мы, как губки, впитывали слова, мысли, поведение, исходящие от Александра Дмитриевича. Они учили, воспитывали. Таких интеллигентных, скромных, талантливых людей я больше не встречала в жизни. Он очень многому научил нас не только в области астрономии, но и в области человеческих отноше-*

ний, уважению к людям, доброте и терпимости к их недостаткам”. Но круг истинных друзей, близких ему по духу людей, оставался достаточно узким. В 1925 г. на одной из популярных лекций в Казанском университете Александр Дмитриевич познакомился с молодым физиком Б.М. Козыревым. После окончания дебатов молодые люди вместе вышли из аудитории, продолжая обсуждать интересную тему. Проговорив почти всю ночь и обнаружив общность взглядов и мнений, они стали часто видеться. Это знакомство переросло в тесную дружбу. К ним присоединились Д.Я. Мартынов (Земля и Вселенная, 2006, № 2), перешедший в Казанский университет из Симферопольского университета для более углубленного изучения астрономии (позднее он долгое время возглавлял Энгельгардтовскую обсерваторию), а также литера-



А.Д. Дубяго (в центре) с сотрудниками Симеизской обсерватории в Крыму. Справа сидит академик Г.А. Шайн. 1935 г.)

тор и историограф С.Н. Корытников. Все они писали стихи, философствовали, немного рисовали и очень дорожили общением. В семейных архивах сохранились рукописные сборники стихов четырех друзей – лирические и сатирические, философские и футуристические, сопровождаемые шут-



Профессор А.Д. Дубяго проводит практическое занятие со студентами. 1951 г.

ливыми рисунками. Свое содружество они называли “Орден четырех китов” и обращались друг к другу с неизменным словом “магистр”. Но образовывать “ордена”, даже такие шуточные, в 1930-е гг. было очень рискованно. По доносу завистников друзьями заинтересовались органы НКВД. Для троих начались допросы, Александр Дубяго, как потомственный дворянин и сын “реакционного тайного советника”, был арестован. В тюрьме он не терял присутствия духа и не давал его терять сокамерникам. А.Д. Дубяго читал им лекции по науке и искусству, рассказывал интереснейшие истории, анекдоты, которых знал огромное количество. Это дисциплинировало людей, сохраняло чувство человеческого достоинства. Через одиннадцать месяцев ада Александра Дмитриевича выпустили. Обвинения были настолько смехотворны, что это поняли даже чекисты. Он снова появился на кафедре – худой, бледный, но такой же выдержанный и ироничный. Вынужденная “командировка” стоила ему немало нервов и здоровья и, конечно, укоротила жизнь.

У Александра Дмитриевича возобновились лекции и наблюдения, поездки в гравиметрические и геодезические экспедиции. На протяжении десятилетий он был начальником почти всех экспедиций казанских астрономов для определения астрономических пунктов на восточной территории СССР (Северный Урал, Татария, Казахстан). Много сил и умения он отдал теории и практике гравиметрии как участник полевой гравиметрической партии и как автор теоретических исследований об интеграции градиентов силы тяжести. А.Д. Дубяго состоял консультантом по вопросам, связанным с гравиметрической разведкой в Казанском филиале АН СССР и оказывал помощь другим учреждениям в области геодезии и картографии. Он был постоянным членом Комиссии по кометам и метеорам Астрономического совета АН СССР.



А.Д. Дубяго (в центре) со студентами – астрономами Казанского госуниверситета. 1952 г.

Александр Дмитриевич обладал прекрасными литературными способностями. Его эссе по истории астрономии вызывали всеобщий интерес. В переводе А.Д. Дубяго с французского языка вышли в свет “Этюды о метеорах” Ф.А. Бредихина, предваряемые его большой вступительной статьей.

А дома его внимания требовала семья: жена – литератор и поэт, дочь Инга, маленький сын Володя. Возобновились дружеские встречи. К компании примкнули семейства Лаптевых, Норденов и Ключевичей – известных ученых Казанского университета. Все они – лучшие представители поколения, прошедшие через революцию, репрессии и войну, но не утратившие лица в мутном потоке быстротекущих событий. Отмечали вместе праздники, юбилеи. На этих встречах читали стихи, музицировали, играли в шарады, вели задушевные беседы.

В 1954 г., после отъезда Д.Я. Мартынова в Москву, А.Д. Дубяго, не оставляя преподавательской деятельности, стал директором Энгельгардтовской обсерватории, основанной его отцом, Д.И. Дубяго. С глубоким знанием дела и присущим ему тактом он вникал во все детали работы Обсерватории и давал исчерпывающие ответы на сложные вопросы, возникавшие в процессе научной деятельности. Александр Дмитриевич представлял интересы Обсерватории в вышестоящих инстанциях.

В 1959 г., в самом расцвете творческих сил, А.Д. Дубяго ушел из жизни. Он похоронен на маленьком обсерваторском кладбище, недалеко от Южной миры – усыпальницы, где покоится прах его отца. Рядом лежат соратники-астрономы.

“Время течет, оно нам дарит и добро и зло, но и то и другое мимолетно.

Вечна одна лишь вечность... – писал юный Саша в дневнике. – Я беру, что мне дает жизнь, и доволен этим. Счастье состоит в том, чтобы отыскивать прекрасное во всем, что мы видим и чувствуем”.

Именем А.Д. Дубяго названы две кометы и малая планета. В его честь на здании Казанской обсерватории установлена мемориальная доска. Но лучшая память об ученом – развитие и продолжение его идей. Он положил начало новой ветви казанской астроно-

мической школы – кометной астрономии и вырастил учеников, делом жизни которых стало продолжение научных исследований в этом направлении.

И.А. ДУБЯГО,

*кандидат физико-математических наук
Астрономическая обсерватория
им. В.П.Энгельгардта,*

Ю.А. НЕФЕДЬЕВ,

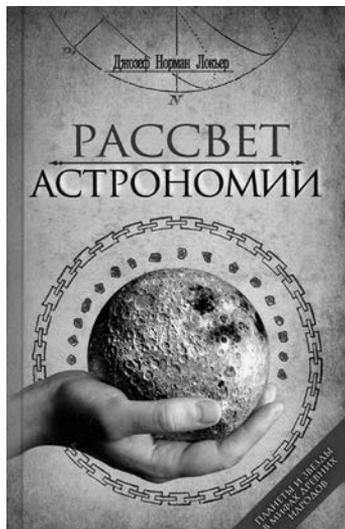
*доктор физико-математических наук
директор Астрономической обсерватории
им. В.П. Энгельгардта*

НОВЫЕ КНИГИ

Истоки астрономии

В московском издательстве “Центрполиграф” в 2013 г. опубликована книга Джозефа Локьера “Рассвет астрономии. Планеты и звезды в мифах древних народов” (перевод с английского Т.М. Шуликовой).

Дж. Локьер – известный английский астрофизик, он заинтересовался теорией астрономической ориентации древних храмовых сооружений. В книге рассматривается гипотеза о том, что в основе культовой архитектуры, мифов, легенд и религиозных обрядов лежат наблюдения человека за небесными явлениями, в частности за движением Солнца, других звезд и Луны. “В данной книге я намерен рассказать о попытках, которые предпринимал, стараясь разобраться, можно ли



составить какие-либо представления о взглядах древних египтян на астрономию из изучения египетских храмов и мифологии разных культов”, – пишет автор.

В книге 38 глав. В главах 1, 6, 21, 22, 33 раскрывается суть древних культов звезд, рассказывается о происхождении богов, народов, обычаев, а также предлагается своя датировка правления

царей. В главах 2, 7–11, 15–20, 30, 32 и 38 описываются древнеегипетские храмы, их архитектура и история создания, даны сведения об ориентации на звезды, связанной с культурами. В главах 3, 29 и 31 подробно освещается проблема символики, связи культов с небесными явлениями. В главах 4 и 5 дается представление о небесной механике и о том, какие способы наблюдения были доступны древним цивилизациям. В главах 12–14, 36, 37 рассказывается о наблюдениях в Древнем Египте Солнца на горизонте, представлениях в то время о строении неба, околополярных и зодиакальных созвездиях. Главы 23–28 – о годовых циклах, календарях и праздниках, созданных древними народами. В главах 34 и 35 говорится о происхождении астрономии в Древнем Египте.

Книга хорошо иллюстрирована, в ней много схем и таблиц. Она рассчитана на любителей астрономии.

Александр Александрович Михайлов

Выдающийся советский астроном академик Александр Александрович Михайлов родился 26 апреля 1888 г. в г. Моршанске Тамбовской губернии в семье купца (Земля и Вселенная, 1968, № 3; 1984, № 2). После окончания местного реального училища в 1907 г. и сдачи дополнительного экзамена по латинскому языку он поступил в Мос-

ковский университет на математическое отделение физико-математического факультета. Александр слушал лекции таких выдающихся ученых, как профессор П.К. Штернберг (по небесной механике, высшей геодезии, гравиметрии и описательной астрономии) и профессор В.К. Цераский (по фотографической фотометрии и звездной астрономии). В 1911 г. он окончил полный курс Московского университета с золотой медалью за сочинение на тему "Обзор исследований о строении звездной системы" и был оставлен при университете на кафедре астрономии и геодезии для подготовки к профессорскому званию. Летом 1911 г. А.А. Михайлов провел несколько месяцев в Потсдамской астрофизической обсерватории, где работал в области фотометрии под руководством Карла Шварцшильда. Осенью 1912 г. стажировался в Пулковской обсерватории по астрометрии. После сдачи магистерских экзаменов и прочтения пробной лекции весной 1914 г. Александра Александровича утвердили в должности приват-доцента. В Московском университете он читал курс лекций "Теория затмений" и "Избранные главы звездной астрономии". В 1912–1914 гг. ученый вычислял элементы орбиты кометы 1906 VI и изучил ее предшествующую траекторию движения. Одновременно занимался теорией картографических проекций и разработал новую равнопромежуточную коническую проекцию,



Академик А.А. Михайлов. 1940-е гг.



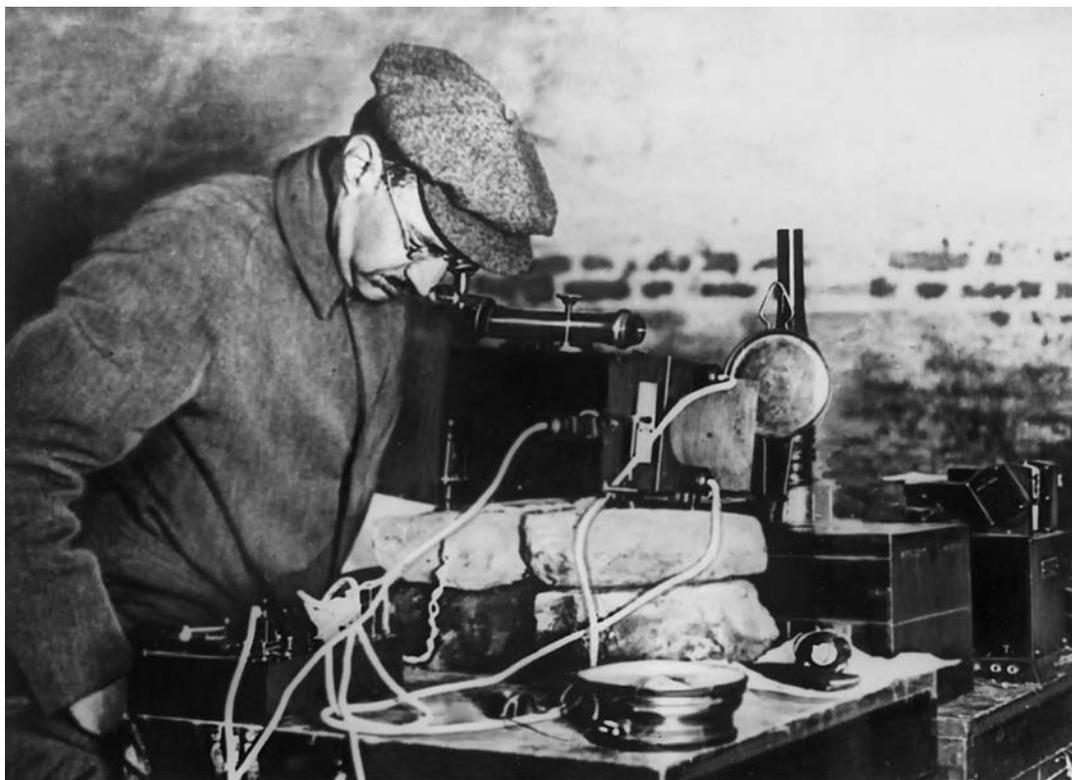
Студент А.А. Михайлов проводит гравиметрические исследования. Моршанск, лето 1910 г.

нашедшую впоследствии применение при составлении звездных карт.

В 1915 г. А.А. Михайлов принял участие в гравиметрических работах на территории Московской губернии, проводимых П.К. Штернбергом (Земля и Вселенная, 1965, № 2), пройдя хорошую школу полевых гравиметрических исследований. С 1911 г. он занимался также проблемой предвычисления солнечных затмений; получив новые научные результаты и обобщив их, в 1917 г. представил магистерскую диссертацию «Теория солнечных затмений». Ее защита не состоялась, так как ученые степени были отменены. Однако осенью 1918 г. Александр Александрович декретом был произведен в профессора Московского университета

и стал читать там курс высшей геодезии (тот же курс преподавал профессор П.К. Штернберг, ушедший в 1918 г. на фронт). Впоследствии А.А. Михайлов читал курсы картографических проекций и научной фотографии. В следующем, 1919 г. его избрали профессором Московского межевого института (ныне Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, МИИГАиК), где он читал курсы теоретической астрономии, сферической астрономии и с 1922 г. – гравиметрии. Позднее, в 1932–1947 гг., он заведовал в МИИГАиК созданной им кафедрой гравиметрии.

В 1920 г. А.А. Михайлова утверждали заведующим кафедрой мироведения в Коммунистическом университете



Профессор А.А. Михайлов у гравиметра в мастерской Астрономической обсерватории ГАИШ МГУ. 1920-е гг.

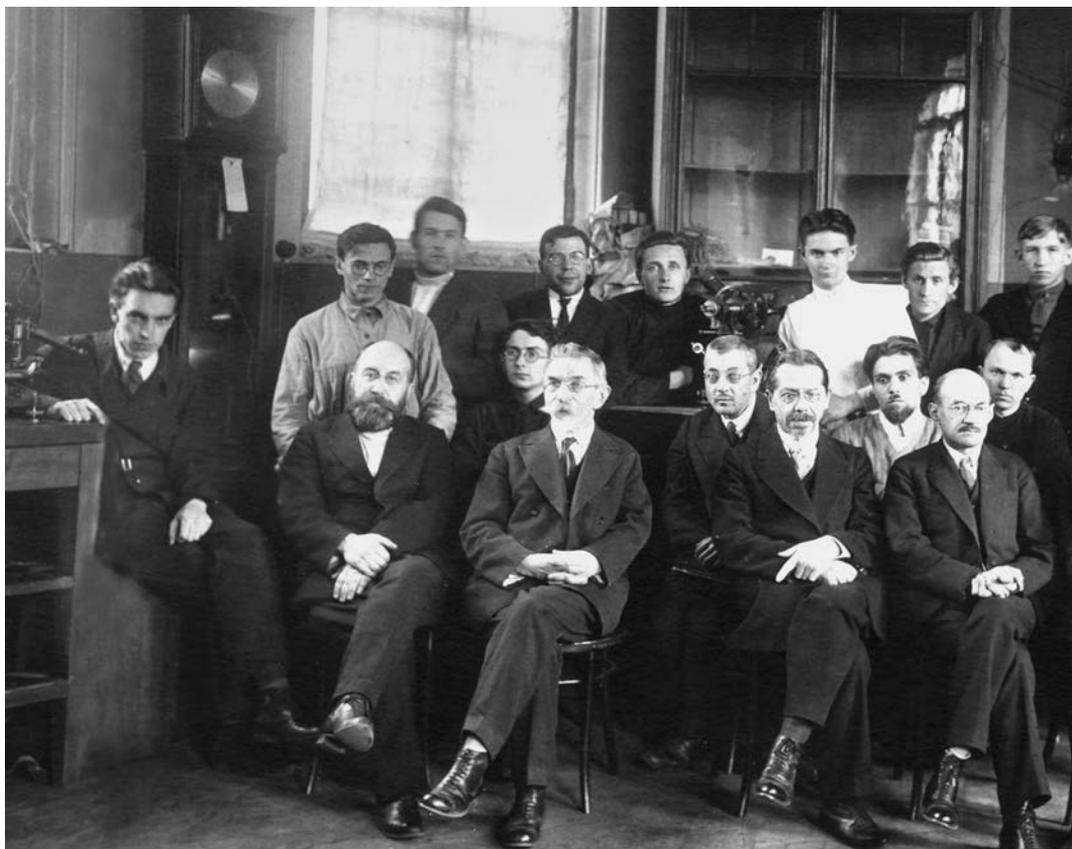
им. Свердлова, которым он оставался до 1932 г., когда кафедру упразднили в связи с реорганизацией. С 1921 г. Александр Александрович работал в Государственном астрофизическом институте, а с 1923 г. – Астрономо-геодезическом институте при МГУ. В трудах Института были опубликованы таблицы А.А. Михайлова для вычисления солнечных затмений. После слияния этих учреждений его избрали профессором Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга при МГУ (Земля и Вселенная, 2006, № 6), в котором он заведовал сектором гравиметрии.

В 1921 г. А.А. Михайлов руководил научной частью экспедиции на Мурманское побережье для наблюдения

солнечного затмения, а также проведения гравиметрических измерений. В 1921–1926 гг. он проводил гравиметрическую съемку в районе Курской магнитной аномалии, руководил маятниковыми измерениями и определил 51 гравиметрический пункт.

В 1926–1931 гг. Александр Александрович занимал должность заместителя председателя Геодезического комитета при Президиуме Госплана СССР. В 1935 г. он становится заведующим гравиметрической лабораторией Сейсмологического института АН СССР и занимает эту должность до 1941 г.

В 1927 г. А.А. Михайлов выезжает в Швецию для наблюдения солнечного затмения, в 1928 г. – в Голландию и Германию для участия в съездах соот-



Группа астрономов Обсерватории на Красной Пресне ГАИШ МГУ. Сидят: М.С. Зверев, третий и четвертый – С.Н. Блажко и М.Б. Набоков, шестой – М.С. Молоденский, восьмой – А.А. Михайлов. 30 сентября 1930 г.

ответственно Международного астрономического союза и Немецкого астрономического общества, в 1930 г. – снова в Германию для научной работы и в Венгрию на съезд Астрономического общества. В 1931 г. он участвовал в Международной сессии научного совета Сейсмологического института Академии наук СССР и был избран членом совета.

Громадное значение для развития гравиметрии в СССР, совершенствования подготовки кадров гравиметристов сыграл «Курс гравиметрии и теории фигуры Земли» А.А. Михайлова, его первое издание вышло в 1933 г., второе, переработанное и дополнен-

ное – в 1939 г. По существу это был не просто вузовский учебник, а научная монография, в которой были обобщены результаты новейших исследований, выдвинуты оригинальные концепции и поставлены задачи, без их решения было бы невозможно дальнейшее развитие данного научного направления.

В 1934 г. в качестве члена советской делегации Александр Александрович вошел в состав оргкомитета 7-й конференции Балтийской геодезической комиссии, в 1935 г. был на 8-й конференции этой комиссии в Таллине, в 1936 г. – на 9-й конференции в Хельсинки. В 1937 г. Совет народных комиссаров СССР назначил его

постоянным представителем СССР в Балтийской геодезической комиссии. В 1938 г. А.А. Михайлов был избран президентом этой комиссии и состоял в ней до выхода СССР из этой организации.

В 1935 г. Президиум АН СССР присудил А.А. Михайлову ученую степень доктора физико-математических наук без защиты диссертации.

В 1936 г. Александра Александровича утверждают членом Президиума Астрономического совета АН СССР (Астросовет; Земля и Вселенная, 2006, № 5). С 1937 г., когда Совет преобразовали в Группу астрономии, – состоял заместителем председателя Группы. В июле 1939 г. Президиум АН СССР утвердил его председателем Астросовета, на этом посту он оставался до 1962 г.

В 1936 г. А.А. Михайлов сконструировал оригинальную установку для исследования эффекта Эйнштейна, заключающегося в искривлении светового луча в гравитационном поле Солнца. Особенно заметно это проявляется в изменении координат звезд, наблюдаемых вблизи Солнца во время полного солнечного затмения. Ученый провел наблюдения со своей установкой во время солнечного затмения 1936 г. в Куйбышеве (ныне Самара) и получил результаты, подтверждающие предсказания Общей теории относительности (ОТО). Он позже принимал участие в наблюдениях многих солнечных затмений, в том числе затмения 1947 г. в Бразилии. Во время наблюдений затмений 1941 г., 1945 г. и 1947 г. использовал собственную установку для проверки ОТО.

Александр Александрович находил время для участия в длительных экспедициях, несмотря на то что занимал множество должностей. Он состоял членом Ученого совета Научно-исследовательского института геодезии, аэрофотосъемки и картографии, Гравиметрического совета при Госплане СССР, экспертных комиссий по астро-

номии, геофизике и геодезии ВАК, консультантом Всесоюзного треста основных геодезических и гравиметрических работ. А.А. Михайлов был редактором отдела астрономии и геодезии в Большой и Малой советских энциклопедиях, отдела астрономии в Технической энциклопедии, второго тома Астрономической энциклопедии, отдела астрономии в физико-математическом реферативном журнале, членом редакционных коллегий “Астрономического журнала”, журналов “Наука и жизнь” и “Мироведение”, сборников “Успехи астрономических наук”.

Наряду с активной научной, научно-организационной и педагогической деятельностью А.А. Михайлов много внимания уделял просветительской и популяризаторской деятельности. С образования в 1908 г. московского кружка (впоследствии Общества) любителей астрономии был его активным членом, исполняя обязанности библиотекаря, заместителя председателя и, наконец, председателя. В январе 1934 г. на первом съезде Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО) А.А. Михайлова избрали членом правления и председателем, после преобразования этого общества в московское отделение ВАГО с 1938 г. был также председателем.

Во время эвакуации в 1941–1942 гг. А.А. Михайлов работал научным руководителем Ташкентской астрономической обсерватории. В 1942 г. вернулся в МГУ и МИИГАиК, где читал лекции до 1947 г.

1943 год ознаменован рядом важных событий в жизни выдающегося ученого. Александра Александровича избрали членом-корреспондентом АН СССР по отделению физико-математических наук и 29 сентября 1943 г. утвердили в звании Общим собранием АН СССР. В том же году скончалась его первая супруга, и А.А. Михайлов женился на Зденке Ивановне Кадла – дочери чешского специалиста, работавшего на Горьковском автозаводе, которая



На 80-летию заведующего кафедрой астрометрии МГУ члена-корреспондента АН СССР С.Н. Блажко. Первый ряд: С.Н. Блажко, А.А. Михайлов, М.Б. Набоков, А.В. Сорокин. Второй ряд: М.С. Зверев, Н.Н. Парийский, В.В. Федынский. Обсерватория на Красной Пресне ГАИШ МГУ, ноябрь 1950 г.

окончила аспирантуру МГУ и защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Для того времени это был довольно смелый поступок. Не меньше мужества А.А. Михайлов проявил, подписав с академиками С.И. Вавиловым и Г.А. Шайном письмо наркому внутренних дел СССР с ходатайством об освобождении из заключения Н.А. Козырева. Благодаря этому письму Н.А. Козырев, репрессированный в конце 1930-х гг. в числе большинства

научных сотрудников Пулковской обсерватории, был освобожден и смог приступить к работе по специальности в Симеизской обсерватории.

После окончания войны Советский Союз возобновил участие в работе международных научных организаций. Для координации международной деятельности как нельзя лучше подходил А.А. Михайлов – авторитетный астроном, блестяще владевший английским, немецким, французским и итальянским языками. В 1946 г. Александра

Александровича командировали в Данию для участия в заседании исполкома Международного астрономического союза (МАС), где избрали вице-президентом МАС на 1946–1948 гг. В том же году его с группой советских астрономов командировали на три месяца в США для ознакомления с астрономическими обсерваториями в связи с необходимостью восстановления Пулковской и Крымской обсерваторий.

В 1947 г. А.А. Михайлова назначают директором Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулкове (Земля и Вселенная, 1977, № 6; 1990, № 1; 2011, № 1). В годы Великой Отечественной войны обсерватория была полностью разрушена. А.А. Михайлов организовал восстановление обсерватории. Под его руководством в Пулковской обсерватории были созданы новые отделы, в том числе радиоастрономический и приборостроения, построены солнечная станция под Кисловодском и Благовещенская широтная лаборатория. В 1948 г. он возглавлял советскую делегацию на Генеральной ассамблее МАС в Цюрихе.

В 1950 г. Совет министров СССР присваивает Александру Александровичу звание “Государственный директор топографической службы второго ранга”. Его избирают членом Бюро отделения Физико-математических наук АН СССР и депутатом Ленинградского городского Совета депутатов трудящихся третьего созыва.

В 1954 г. Пулковская обсерватория была восстановлена, и этому событию посвятили ее торжественное открытие, которым руководил А.А. Михайлов. Уже в 1956 г. его командировали в КНР для составления плана развития астрономии в этой стране и выбора места для широтной станции на международной параллели в Тяньцзыне. В 1957 г. по приглашению Академии наук ГДР Александр Александрович посещает Берлин, чтобы установить более тесное сотрудничество с немецкими коллегами в области астрономии.

В 1958 г. он возглавляет советскую делегацию на состоявшемся в Москве X съезде МАС. В 1959 г. А.А. Михайлов по приглашению Королевского астрономического общества прочитал дарвиновскую лекцию в Лондоне и тогда же был избран иностранным членом Общества. В 1960 г. по приглашению Чехословацкой академии наук ознакомился с деятельностью астрономических учреждений Чехословакии. В том же году он участвовал в работе XI Астрономического конгресса в Стокгольме, где доложил об исследовании обратной стороны Луны.

На состоявшемся в 1961 г. в Калифорнии (США) съезде МАС А.А. Михайлов был избран президентом комиссии МАС № 31. В 1962 г. он принимал участие в работе конференции в Гейдельберге по совершенствованию фундаментальной системы звездных каталогов. В 1963 г. возглавлял советскую делегацию на симпозиуме № 21 МАС (астрономические постоянные) в Париже и был там избран членом Международной комиссии по уточнению величин астрономических постоянных. В январе 1964 г. участвовал в работе этой группы в Гринвичской обсерватории в Англии. В феврале того же года он представлял АН СССР на юбилее Г. Галилея в Университете Йены (ГДР), а в мае участвовал в торжествах по случаю 600-летия университета в Кракове. Несколько позже как председатель Междуведомственного совета по созданию Специальной астрофизической обсерватории (САО) и БТА он посетил место строительства САО на Северном Кавказе. 26 июня 1964 г. А.А. Михайлов был избран действительным членом АН СССР. Во всем мире его труды также получили признание, он состоял членом множества иностранных академий и научных обществ.

15 ноября 1964 г. Александр Александрович покинул пост директора Пулковской обсерватории, ему шел уже 77-й год. Последние годы он очень много работал, написал ряд научных и



*Директор Пулковской обсерватории
А.А. Михайлов. Начало 1960-х гг.*

научно-популярных статей. Научная, научно-организационная, популяризаторская и общественная деятельность занимали все его время. Он заведовал отделом астрономических постоянных ГАО. В 1965 г. составил каталог всех звезд до $6,5^m$ для эпохи 1950.0, списки двойных и переменных звезд, звездных скоплений и туманностей, рассчитал проекцию карт для подготовляемого им Атласа звезд. Изучил вопрос о распределении силы тяжести на поверхности Луны. Прочитал курс по теории фигуры Земли студентам ЛГУ, занимался подготовкой аспирантов. Он редактировал фундаментальный трехтомный «Курс астрофизики и звездной астрономии», вышедший в 1951–1964 гг.

В 1966 г. А.А. Михайлов выступал с лекциями и докладами на сессии КОСПАР в Вене; на пленарном заседании и XIII съезде МАС в Праге, на XVIII конгрессе Международной астрономической академии в Белграде, где был

избран ее вице-президентом, в ряде астрономических обсерваторий ГДР. В 1968 г. он участвовал в Международном салоне по космосу в Риме, в Конгрессе Астронавтической академии в Нью-Йорке, в работе Рабочей группы МАС в США по наименованиям объектов на обратной стороне Луны и ознакомился с работой Лунно-планетной лаборатории и обсерватории Кит-Пик в Аризоне. В 1969 г. посетил Дрезденский технический университет и Тау-тенбургскую обсерваторию в ГДР, его избрали почетным председателем Международного комитета по проведению юбилея Кеплера. В 1970 г. выступил на XIV Генеральной ассамблее МАС в Великобритании и заседании Кеплеровского комитета в Париже, в 1971 г. – на Международном симпозиуме по Луне в Англии и симпозиуме по Кеплеру в Австрии, в 1972 г. – на XXIII Международном астронавтическом конгрессе в Вене и в Обсерватории Варшавского университета. В 1973–1974 гг. он снова в Польше, в 1975 г. – в Болгарии, в 1976 г. – в ГДР.

В 1977 г. Александру Александровичу пошел 90-й год, он перешел на работу в качестве консультанта. Научную деятельность не прекращал вплоть до самой смерти, выступал с докладами, публиковал свои работы.

Академик А.А. Михайлов скончался 29 сентября 1983 г. в Москве. Похоронен на кладбище астрономов Пулковской обсерватории в Ленинградской области.

А.А. Михайлова удостоили многих правительственных наград. Он Герой Социалистического Труда (1978), Заслуженный деятель науки РСФСР (1959), кавалер четырех орденов Ленина (1945, 1953, 1968, 1978), ордена Октябрьской революции (1975), медалей «За доблестный труд в Великой Отечественной войне», «В память 800-летия Москвы» (1948), «250-летия Ленинграда» (1954).

В созданной им научной школе можно было найти имена таких крупных ис-

следователей, как члены-корреспонденты АН СССР М.С. Молоденский, Н.Н. Парийский, М.С. Зверев, Ю.Д. Буланже, доктора наук М.Е. Хейфец, П.Ф. Шокин, Н.Ф. Журавлёв.

Вклад А.А. Михайлова в науку получил всемирное признание. Он избирался вице-президентом Международного астрономического союза (1946–1948), членом Германской академии естествоиспытателей “Леопольдина” (1959), иностранным членом Королевского

астрономического общества Великобритании (1959), членом-корреспондентом Бюро долгот в Париже (1946), членом Международной академии астронавтики и ее вице-президентом (1967–1979), почетным доктором философии Копенгагенского университета (1946), других академий, обществ и университетов.

А.В. КОЗЕНКО,

доктор физико-математических наук

НОВЫЕ КНИГИ

О возникновении жизни на Земле

В издательстве «Книжный дом “Либроком”» вышла книга *В.Н. Флоровской, Ю.И. Пиковского и М.Е. Раменской* “Предбиологическая эволюция углеродистых веществ на ранней Земле. Геологический аспект” (М.: 2013). Она посвящена геологическим и геохимическим предпосылкам возникновения жизни на поверхности нашей планеты. В книге рассмотрены условия, определяющие синтез и направленность эволюции абиогенных углеродистых веществ на ранней Земле. Материалы книги основаны на многолетних исследованиях авторов, проведенных на геологическом и географическом факультетах МГУ им. М.В. Ломоносова под руководством профессора В.Н. Флоровской.



Основная концепция заключается в том, что жизнь и последующее формирование биосферы не могли появиться на Земле как случайное или локальное явление. Жизнь и биосфера возникли как глобальное явление в результате закономерной эволюции нашей планеты, в масштабах геологического времени сразу во многих ее местах с участием многих химических элементов. В качестве природных моделей для исследования был выбран ряд массивов магматических и

вулканических горных пород и гидротермальных месторождений полезных ископаемых, залегающих вне контакта с осадочными толщами, а также продукты современной вулканической и гидротермальной деятельности. Основной методической базой исследования стал люминесцентный метод. Он позволяет проводить диагностику рассеянного углеродистого вещества, присутствующего в горных породах и минералах в очень малых концентрациях, и идентифицировать в них индивидуальные полициклические ароматические углеводороды. Рассмотренный сценарий возникновения жизни на Земле предполагает, что абиогенез на нашей планете был подготовлен эволюцией углеродистых соединений в ходе магматических и постмагматических процессов в недрах, конечными продуктами которых были жидкие, твердые и газообразные углеводороды, а также кислород- и азотсодержащие углеродистые молекулы.

Международная конференция “Эволюция А-звезд”

Весной 2012 г. инициативная группа под руководством профессора Готье Матиса (Европейская Южная Обсерватория, Чили) предложила провести в России международную конференцию на тему “Взгляд на А-звезды в контексте их эволюции, окружения и родственных объектов”.

Почему А-звезды? Спектральный класс звезды определяется температурой ее поверхностных слоев. У всех А-звезд температуры заключены в диапазоне $7,5 \times 10^3 - 10^4$ К, но они могут быть очень разными по своей природе (Земля и Вселенная, 1969, № 4; 1987, № 1). К звездам спектрального класса А относятся:

– несформировавшиеся звезды Ae Херbiga, вокруг них наблюдают остатки протозвездных облаков;

– звезды массой $1,5 - 3 M_{\odot}$ на стадии горения водорода в их ядрах (стадия главной последовательности);

– проэволюционировавшие звезды солнеч-

ных масс, находящиеся на диаграмме Герцшпрунга – Рассела на горизонтальной ветви;

– массивные сверхгиганты массой $5 - 20 M_{\odot}$;

– белые карлики.

У А-звезд обнаружено большое разнообразие физических процессов и явлений, играющих важную роль в формировании и эволюции звезд и других спектральных

классов. К ним относятся магнитное поле, нерадиальные пульсации, процессы диффузии, конвективное и турбулентное перемешивание, истечение вещества с поверхности. Изучение А-звезд позволяет найти подходы к пониманию природы объектов других типов. Например, химически-пекулярные звезды спектрального класса А (Ар-звезды) более 50 лет были единственными объектами, кроме Солнца, у которых ученые надежно установили существование магнитного поля (Земля и Вселенная, 2011, № 4). Сложившиеся представления об А-звездах сейчас используются при анализе более слабых магнитных полей, обнаруженных в последние годы у звезд спектральных типов от К до О.

Почему предложили провести эту конференцию в России? В ведущих астрономических институтах нашей страны существуют давние традиции исследования А-звезд. В Специальной



Председатель Научного оргкомитета Г. Матис (Европейская Южная Обсерватория, Чили).

Постер международной конференции “Эволюция А-звезд”. Макет изготовлен Е.Ю. Кильпио (ИНАСАН).

астрофизической обсерватории РАН доктор физико-математических наук Ю.В. Глаголевский разработал приборы и методики для измерения магнитных полей звезд, такие работы ведутся более 30 лет. В 1980-е гг. под руководством академика А.А. Боярчука (Институт астрономии РАН) в Крымской астрофизической обсерватории (Украина) началось изучение физических параметров и химического состава металлических А-звезд (Am) с сильными линиями цинка, стронция, циркония. В Пулковской астрономической обсерватории РАН ведутся наблюдения и теоретические разработки звезд Ae Хербига. Доктор физико-математических наук В.Л. Хохлова из Института астрономии РАН (ИНАСАН, до 1991 г. Астросовет при АН СССР) заложила основы нового направления в исследовании Ар-звезд. Созданные ею и ее коллегами методы картирования поверхности звезд получили мировое признание и стали особенно актуальными в настоящее время, когда спектральные наблюдения звезд проводятся с высоким

INTERNATIONAL CONFERENCE

Putting A Stars into Context: Evolution, Environment and Related Stars

June 3-7, 2013, Moscow, Russia

MAIN TOPICS:

- Abundances and chemical peculiarities of A-type and related stars in open clusters;
- Formation and evolution of discs and planetary systems around A-type and related stars; A-star multiplicity;
- A-star formation: magnetic field generation;
- Fundamental parameters, chemical abundances and inhomogeneities in A-type and related stars;
- Magnetic fields in Main-Sequence A-type and related stars;
- Pulsation in Main-Sequence A-type and related stars;
- Rotation and hydrodynamical processes in Main-Sequence A-type and related stars;
- Evolution of A stars off the Main Sequence: generic aspects, magnetism and dissipation of chemical peculiarities;
- Evolved A-type stars in the Galaxy and beyond.



SCIENTIFIC ORGANIZING COMMITTEE:
Gautier Mathys (LIAQIESO, Chile)
Maryline Briquet (Université de Liège, Belgium)
Margarida Cunha (Universidade do Porto, Portugal)
Oleg Kochukhov (University of Uppsala, Sweden)
Friedrich Kupka (University of Vienna, Austria)
Francis LeBlanc (Université de Moncton, Canada)
Lyudmila Malchenko (Institute of Astronomy RAS, Russia)
Richard Monier (Université de Nice, France)
Olga Pintado (INSU/GEQ, Tucumán, Argentina)
Hiromoto Shibahashi (University of Tokyo, Japan)
Kazimierz Stepień (Warsaw University, Poland)
Glenn Wahlgren (Catholic University of America, USA)



спектральным и временным разрешением.

Международная конференция “Эволюция А-звезд” состоялась 3–7 июня 2013 г. в ГАИШ МГУ. Она организована усилиями сотрудников ИНАСАН, ГАИШ и Астрономического общества. Сопредседателями локального Оргкомитета выступили академик А.М. Черепашук (ГАИШ МГУ) и доктор физико-математических наук Н.Н. Самусь (ИНАСАН). На Конференцию приехали свыше 80 человек из 24 стран Европы, Америки, Азии, Африки и из

семи астрономических учреждений России.

Хорошо продуманную программу из шести сессий сформировал Научный оргкомитет во главе с Г. Матисом. Выступил с введением в проблему А-звезд известный астрофизик Д. Ландстрит (Канада), а закрывал Конференцию ученый с мировым именем профессор Ч. Каули (США).

Обсуждение началось с вопросов формирования А-звезд. Такие объекты чаще образуются в группах и скоплениях звезд, нежели в одиночку. М. Нетопил (Австрия) и Л. Фоссати (Германия)



рассказали о поисках и изучении химически-pecулярных звезд в рассеянных скоплениях нашей Галактики и ее спутника – Большого Магелланова Облака. Могут ли аномалии химического состава быть связанными с двойственностью звезд – об этом говорил П. Норт (Швейцария). При гравитационном сжатии протозвездного облака остатки “строительного материала” образуют диски вокруг рождающихся звезд. Наблюдательным и теоретическим аспектам дисков вокруг звезд Ae Херbigа посвятили свои доклады В.П. Гринин (Россия), Е. Алесиан (Франция) и Д’Анжело (Нидерланды). Из вещества дисков могут формироваться протопланеты. Как показал Д. Мкртчян

(Таиланд), пока лишь у единственной А-звезды обнаружена планета. Он обратил внимание на хорошие перспективы обнаружения экзопланет у Ар-звезд с помощью высокоточных измерений лучевых скоростей по узким спектральным линиям, характерным для этого типа звезд.

Большую часть своей жизни звезда проводит на главной последовательности. За это время ее фундаментальные параметры (масса, размеры, температура фотосферы) остаются почти неизменными. О том, какие методы используются и с какой точностью определяются физические и химические характеристики звезд, рассказали в своих докладах К. Перро (Франция), Д. Шуляк (Германия)

На первой сессии Конференции. ГАИШ МГУ. 3 июня 2013 г.

и Н. Пржибилла (Австрия). Спектральный класс А отличается от других спектральных классов необычайным разнообразием отклонений в химическом составе звезд от стандартного, установленного в основном при исследовании Солнца и метеоритного вещества. У разных групп звезд содержание отдельных элементов, например циркония у Am-звезд, неодинаково у Ар-звезд, выше солнечного в тысячи раз. Есть звезды, у которых некоторые химические элементы распределены неравномерно по поверх-

ности, образуя “пятна”. В других редкие элементы концентрируются в тонких слоях, расположенных в глубоких слоях или на поверхности. Есть мнение, что у всех А-звезд есть особенности. Почему? Когда мы найдем ответ на этот вопрос, то лучше поймем, как устроены и эволюционируют звезды. Именно эти проблемы рассматривались в докладах Т. Люфтингер (Австрия), Х. Корхонен (Дания), Я. Крлички (Чехия), Т.А. Рябчиковой (Россия) и Д. Ландстрита (Канада).

Изучение области звездной сейсмологии получило мощный импульс после запуска космических обсерваторий “CoRoT” (CNES/ESA, запущен в 2006 г.; Земля и Вселенная, 2007, № 5, с. 61) и “Кеплер” (NASA, 2009 г.; Земля и Вселенная, 2009, № 4, с. 44–45; 2011, № 6). Обсерватории измеряли блеск звезд с высокой точностью, недостижимой для наземных обсерваторий из-за влияния атмосферы. Основная задача “CoRoT” и “Кеплера” – поиск экзопланет (Земля и Вселенная, 2012, № 6). К началу 2014 г. из 2740 кандидатов достоверно подтверждено существование 990 экзопланет в 754 планетных системах. Но помимо этого у многих звезд, в том числе А-звезд, обнаружена переменность блеска, связанная с пульсация-



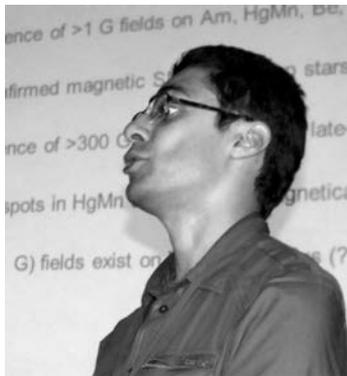
Д. Ландстрит (Канада) делает обзорный доклад “Динамическая диффузия и стратификация химических элементов в А- и В-звездах”. 5 июня 2013 г.

ми разных периодов и разных амплитуд. Такая информация очень важна для уточнения наших представлений о физике звезд. С обзором наблюдательных данных А-звезд, полученных с помощью “CoRoT” и “Кеплера” выступила К. Уттерховен (Испания), а о

теоретических моделях пульсаций звезд рассказал Х. Сайо (Япония). Тема пульсаций отдельных групп А-звезд продолжена в докладах М.Е. Сачкова (Россия) и В. Анточи (Дания). “Кеплер” зафиксировал и другие интересные явления у А-звезд, например дифференциальное вращение и вспышки, как сообщил Л. Балона (ЮАР). Только за пределами земной атмосферы можно наблюдать излучение звезд в рентгеновском диапазоне спектра. Я. Робраде (Германия) рассказал о рентгеновских наблюдениях А-звезд с помощью космических обсерваторий “XMM-Newton” и “Чандра”

Ч. Каули (США) и Т.А. Рябчикова (Россия) обсуждают проблемы химической стратификации в А-звездах. 5 июня 2013 г.





О. Кочухов (Швеция) выступает с докладом "Магнитные поля А-звезд, не являющихся Ар-звездами". 7 июня 2013 г.

(запущены в 1999 г.; Земля и Вселенная, 2000, № 4, с. 59–62; 2011, № 2) и о различии механизмов этого излучения у звезд поздних и ранних А-классов.

Среди звезд главной последовательности звезды спектрального класса А имеют самые сильные магнитные поля – от нескольких десятков гаусс до десятков килогаусс. Магнитное поле, вероятно, играет большую роль в физике А-звезд и возникновении химических аномалий. Различные сценарии генерации звездных магнитных полей обсуждали Р. Арльт и Г. Лау (оба из Германии). Доклады Й. Назе (Бельгия), М. Шоллера (Германия), И.И. Романюка (Россия), О. Кочухова (Швеция) и Ф. Лигнере (Франция) были посвящены анализу измерений магнитного поля у разных

групп звезд, в том числе спектральных классов О-В и красных гигантов классов G-K. Такое комплексное рассмотрение всех данных позволит пролить свет на механизмы генерации магнитного поля и их зависимость от фундаментальных параметров звезды.

По окончании ядерной эволюции примерно 90% звезд становятся белыми карликами. Для понимания заключительных стадий эволюции магнитных А-звезд большой интерес представляет исследование белых карликов с магнитным полем, которых примерно 200. С обзором их свойств выступил Г.Г. Валявин (Россия).

Всего на Конференции прочитано 74 доклада, из них 34 – обзорные, подготовленные по просьбе Оргкомитета, 12 участников получили слово для рассказа о своих новых, зачастую неопубликованных результатах. Среди них – маститые ученые, такие как Э. Гриффин (Канада), и только начинающие свой путь в науке, например аспирантка Т. Ситнова (Россия). Оживленные дискуссии возникали после каждого выступления, а также в перерывах возле стендов с постерами. По единому мнению участников Конференции, научная программа была актуальной, интересной и насыщенной. Конференция способствовала укреплению контактов



Я. Робраде (Германия). Тема его доклада – "Рентгеновское излучение Ар и других групп А-звезд". 7 июня 2013 г.

между группами специалистов разных стран. Все доклады будут опубликованы в отдельном сборнике, и желающие смогут глубже познакомиться с проблемами и успехами в изучении звезд спектрального класса А.

Многие участники Конференции впервые посетили Россию. Мы хотели, чтобы они чувствовали себя здесь, как дома. Во время поездки на теплоходе по Москве-реке экскурсоводы рассказали о достопримечательностях столицы, гости насладились прекрасными видами Воробьевых гор, Красной площади, Кремля, старинных и новых улиц Москвы.

*Л.И. МАШОНКИНА,
доктор физико-математических наук, член Научного оргкомитета
ИНАСАН*

Фото Ю.В. Пахомова

Древняя гавайская астрономия

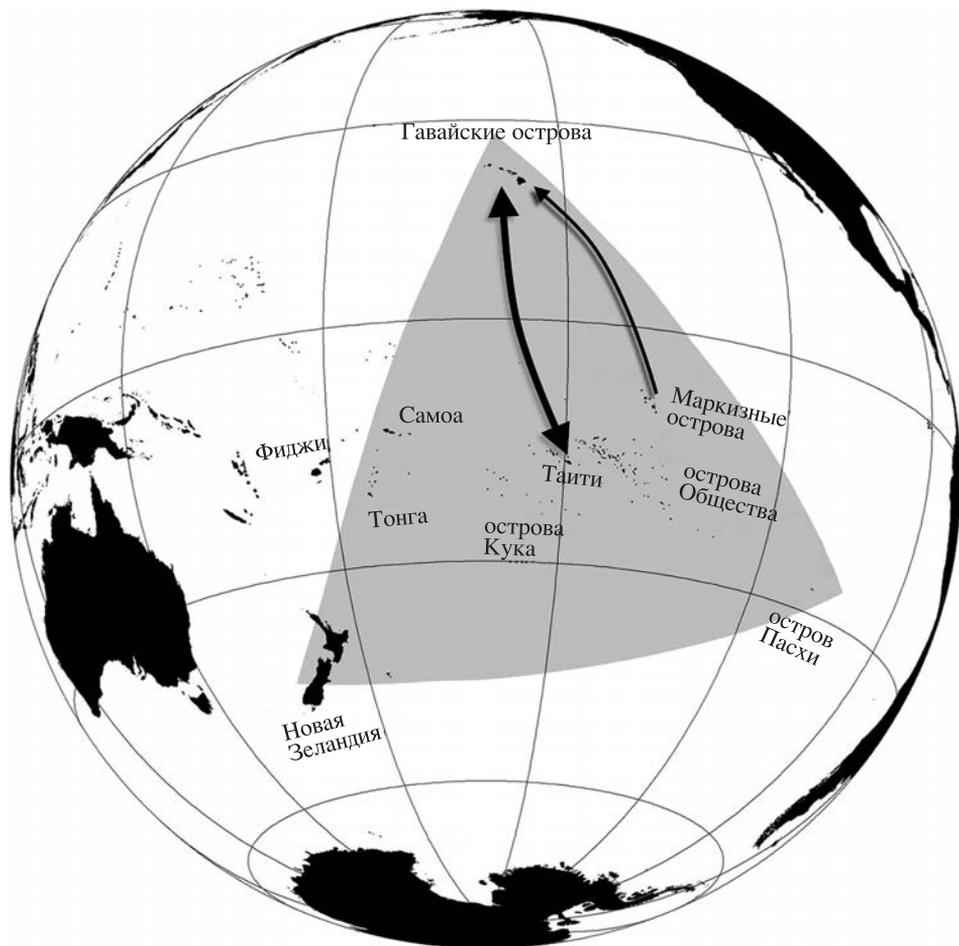
И.П. ВТОРОВ,
кандидат географических наук
Государственный геологический музей
им. В.И. Вернадского РАН

Гавайский архипелаг расположен в тропических водах Тихого океана. Это самые удаленные от материков острова, до ближайшего континента (Северная Америка) отсюда 3,6 тыс. км. Однако Гавайи люди заселили еще 17 веков назад. Ими были полинезийцы, которые за 2,5 тысячелетия до наших дней начали последовательное освоение островов Центральной и Восточной Океании, распространяя свою культуру. Только представьте себе гигантскую территорию в 54,4 млн км², на которой теперь живут эти народы. Она в два раза превышает Монгольскую или Российскую империю в эпохи их расцвета. Этот район Тихого океана представляет собой Полинезийский треугольник: на севере – Гавайи, на западе – Новая Зеландия, на востоке – остров Пасхи. Освоение столь изолированных друг от друга островов считается величайшим мореходным подвигом человечества. Капитан Кук, открывший для европейцев Гавайские острова в 1778 г., удивлялся тому, как люди каменного века смогли без карт и приборов исследовать треть поверхности Земли.

На поиски новых территорий полинезийцев толкали не только голод и войны, но и стремление узнать, куда

каждый год улетают перелетные птицы. Люди понимали, что они указывают направление на новые земли. Дальние экспедиции планомерно организовывались и были хорошо оснащены. Полинезийские каноэ выдалбливали из стволов крупнейших деревьев и скрепляли между собой наподобие катмарана для лучшей устойчивости. Такие плавательные средства, в отличие от европейских парусников, преодолевали коралловые отмели и легко передвигались на веслах во время шторма. Основным двигателем служил парус, сплетенный из длинных листьев пандануса. На самых крупных судах помещалось до 100 человек с запасом инструментов, продовольствия и рыболовных снастей. Для освоения новых земель на борт брали не только семена и саженцы десятков видов съедобных, лекарственных и технических растений, но и домашних животных.

Как же удавалось найти новый остров в океане? Гавайские мореплаватели узнавали о приближении к суше лишь за несколько десятков километров. Вестниками служили необычные формы облаков, изменение направления волн и морские птицы. Для того чтобы проложить регулярные марш-

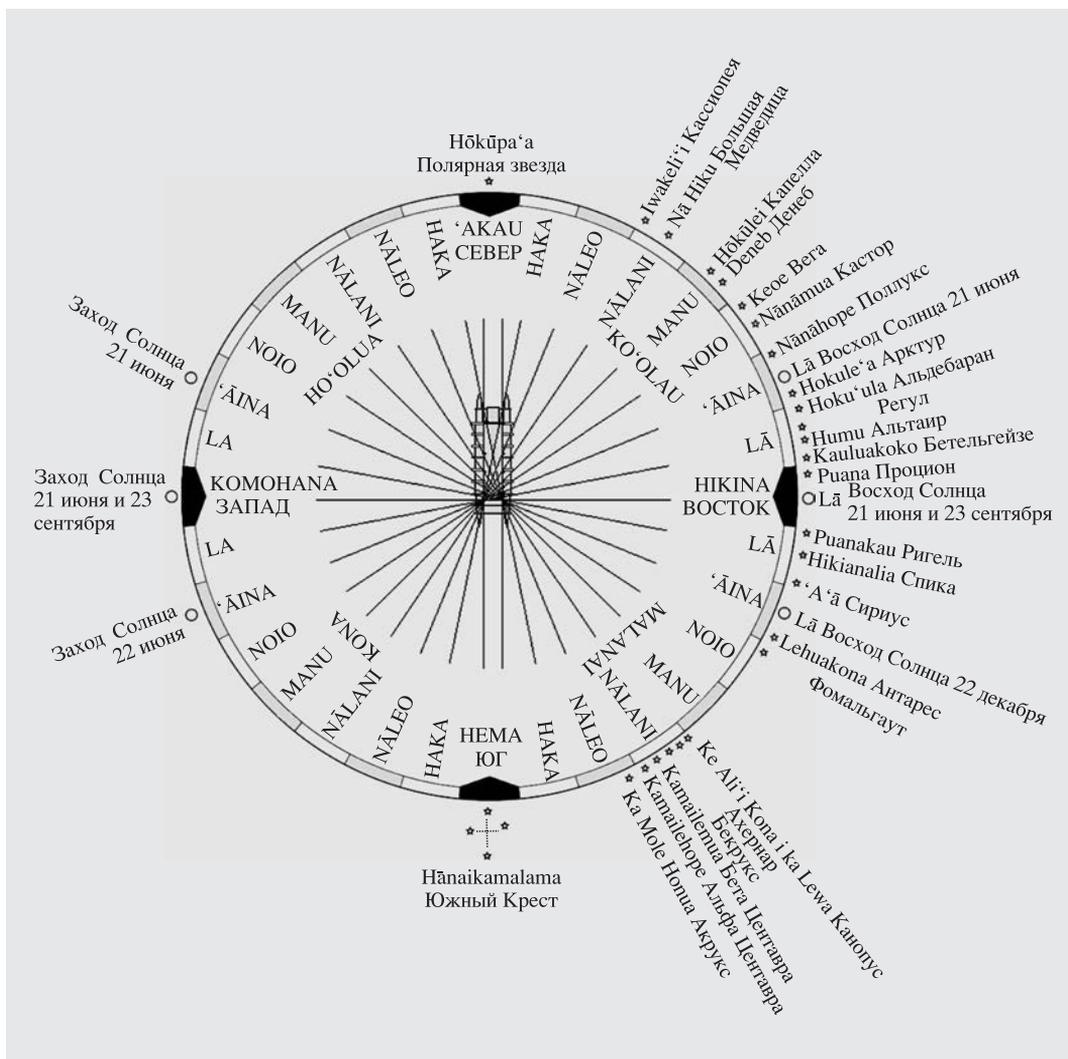


руты на сотни и тысячи километров, была создана система ориентации по звездам. В условиях отсутствия письменности хранителями накопленного опыта были знатоки преданий, которых гавайцы называли Кахуна. Обучали навигаторов несколько таких учителей, которые проверяли друг друга. Информацию заучивали наизусть в форме легенд и песен. На песке чертили схемы островов, господствующих ветров и течений. В дорогу с собой брали карты в виде рамок, плетеных из веток. Рамку ориентировали на звезды, прутья разной толщины символизировали курсы, ветры и течения. Места пересечения веток связывали между собой или привязывали к ним раковины для обозна-

Полинезийский треугольник и древние маршруты плавания гавайцев.

чения островов. Такие навигационные рамки сохранились в музеях и до сих пор используются на Маршалловых островах.

Путь до Таити (около 4 тыс. км) древние мореплаватели преодолевали примерно за месяц. Полинезийцы знали, что такое коварные боковые экваториальные течения, и удерживали все изменения курса в своей памяти. Транстихоокеанская связь существовала с XII в. по XVI в., пока не были вырублены все необходимые для постройки больших каноэ крупные деревья.



Гавайский звездный компас и каноэ в его центре. По схемам Полинезийского общества мореплавателей.

К этому времени численность гавайского населения значительно выросла и достигла 800 тыс. человек. Память о тех временах сохранилась в легендах и песнях. Немыми свидетельствами былых путешествий служат каменные указатели направлений к разным островам, а также пролив Кеалаикахики – “Путь на Таити”.

Каждый народ имел в древности свои, в основном мифические представления о ночном небе, но лишь навигаторы систематизировали накопленные в фольклорной астрономии знания о звездном небе и применяли их на практике. Знатков навигационной астрономии на Гавайях называли Килохоку – “наблюдатель звезд”. Предсказатели по звездам (астрологи) не имели отношения к навигации и лишь “читали знаки и приметы на ночном небе” для вождей. Гавайским звездочетам повезло с местоположением. Тропическая ночь наступает быстро

и длится летом 11 ч, а зимой – 13 ч. Только три созвездия не появляются над островами, еще десять видны частично, зато остальные 75 современных созвездий можно наблюдать и изучать в течение всего года. Из 20 ярчайших звезд гавайцы использовали в навигационных целях 17. До нас дошло 200 гавайских названий звезд, но лишь небольшую их часть удалось расшифровать, поскольку первые словари новой письменности гавайцев составляли миссионеры, которые плохо разбирались в астрономии.

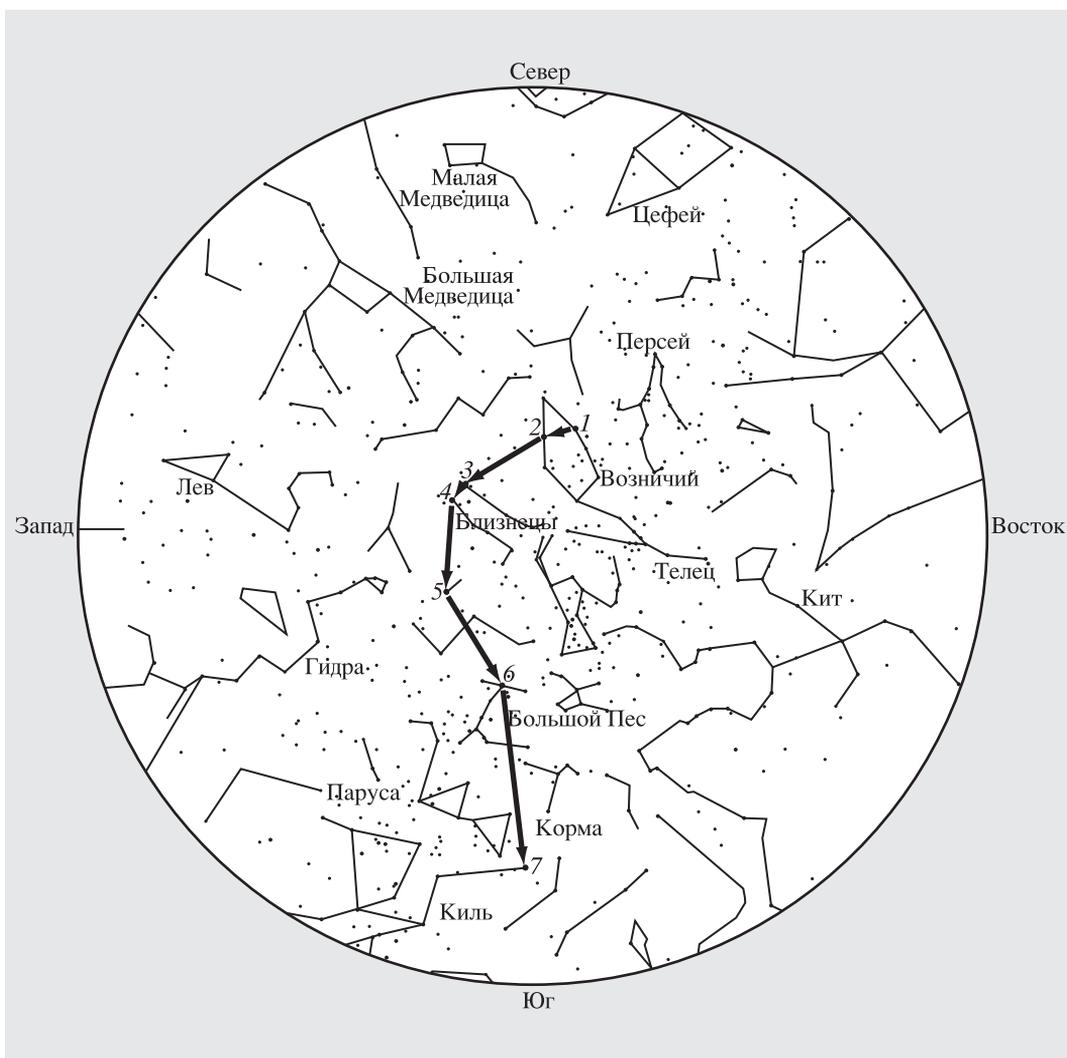
У полинезийцев существовал звездный компас, который “включался” после захода Солнца. Поэтому точная навигация была возможна только в темное время суток, а днем команда отдыхала в тени паруса. Мореходы легко определяли по звездам стороны света. Кроме того, они выделяли восемь направлений ветра, каждое из которых имело собственное название. Но главными для гавайцев были яркие путеводные звезды, которые сразу после заката восходили на востоке в неизменной последовательности и в определенных местах горизонта. Это была, в сущности, горизонтная народная астрономия, когда физический горизонт сливается с естественным, географическим. Гавайский небесный компас имел 32 деления, что позволяло отмечать направления на нужные звезды несколько точнее, чем при разделении круга небесного экватора на 24 ч, по прямым восхождениям, как это было в европейской астрономии (если не использовать во втором случае минуты и секунды). Концы восьми поперечных балок, скрепляющих каноэ, служили своеобразными опорными указателями на эти 32 направления, лучами сходящимися к боковым канатам, которые крепили переднюю парусную мачту. Путеводные звезды служили гавайским мореходам для определения курса на нужный остров с точностью в несколько градусов. По такому компасу они следили также за направлением

ветра, сверяли движение волн и траекторию полета птиц.

На широте Гавайских островов Полярная звезда, или Хокупаа (“неподвижная звезда”), лишь немного приподнята над горизонтом. Одновременно на юге хорошо заметен Южный Крест. Позднее гавайцы изобрели более точный навигационный измерительный инструмент, чем “небесный компас”. Он представлял собой широкий сосуд из тыквы, наполненный водой. Через боковые отверстия (как сквозь диоптры) нацеливались на Полярную звезду. Сверху сосуд был затянута сетью с 36 ячейками, узлы которой соответствовали ярким звездам, отражавшимся в воде. Этот астрономический прибор, как видим, – народный вариант астролобии. Звезды, которые находились в зените, указывали географическую широту места, а те, что поднимались над горизонтом, – азимут.

По высоте Солнца, по-гавайски Ла, определяли время дня, а также наступление лета (когда оно в полдень было в зените и не отбрасывало тени). Гавайцы считали, что “место рождения Солнца” находилось на востоке, а “дом Солнца” был на западе. Самая известная легенда у них была связана с полубогом Мауи, который затормозил Солнце и сделал летние дни длиннее, чтобы его мать, богиня Хина, успевала доделать свою работу. Согласно легендам, именно она выплеснула на небо все звезды и Луну из своего тыквенного сосуда.

Фазы Луны, или Махина, были хорошо изучены гавайцами. Они знали, что солнечный год не совпадает с двенадцатью лунными циклами (месяцами), поэтому, как и древние греки, по мере необходимости добавляли неполный (13-й) месяц. Гавайские месяцы содержали по 30 дней, каждый имел свое название. Дни с определенными фазами Луны, например в форме яйца, выделялись как праздники, и тогда были запрещены охота и рыбалка. Год делился на зимний (влажный) сезон, Хооило



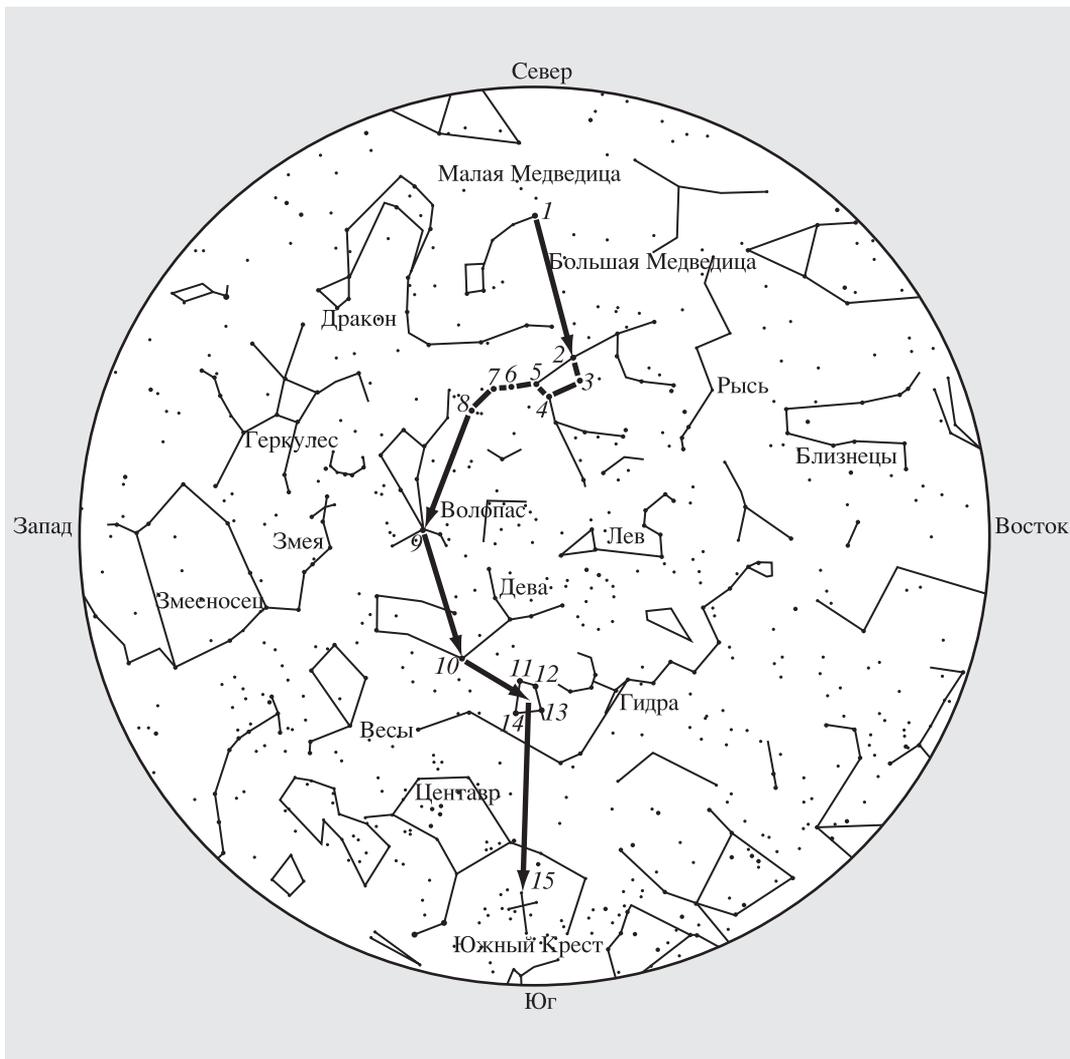
Гавайский звездный путь "Ковш вождя Мака", видимый на Гавайях с ноября по апрель.

(с ноября по апрель), и на летний (более сухой и теплый) – Кау (с мая по октябрь).

Гавайцы понимали разницу между светилами (планетами) – Хокуаза, "блуждающими среди звезд", и неподвижными друг относительно друга звездами. Единственной полностью статичной считается Полярная звезда. Меркурий они называли Укалиа-

ли – "следующий за вождем", потому что он находится рядом с Солнцем. Видимая перед восходом Венера называлась "утренней звездой", Хокуао, а появлявшаяся на вечернем западном небе – "убегающей звездой", Хокукаухахи. Островитяне считали их разными планетами. Марс называли "красной звездой" – Хокуула. Юпитер за свою яркость именовался "сильным" – Каавэла. Сатурн – Макулу – "капля тумана".

Островитяне верили, что затмения вызывают боги, которые захватывают Солнце или Луну, предвещая войну или



смерть вождя. Вместе с тем они обладали и реальными астрономическими познаниями. По положению Луны определяли время наступления морских приливов. У каждого полинезийского острова была своя звезда, или “маяк”, которая в своем суточном движении именно над ним проходила через точку зенита (“на кончике мачты”). Для широты острова Таити, например, такой звездой остается яркий Сириус – Хокухоокелеваа, “звезда, указывающая, как и морские птицы, дорогу к острову”. Таким образом, задав курс, направление по “звездному компасу”, надо было

Гавайский навигационный “Хребет” на звездном небе.

просто идти по нему, наблюдая за положением звезды-“маяка”, которая постепенно поднималась над горизонтом к зениту.

Полинезийцы знали, что каждый год звезды возвращаются на свои места, поэтому именно по ним они определяли наступление того или иного сезонного события. Важнейшим указателем служило звездное скопление Плеяды –

НАВИГАЦИОННЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ “КОВШ ВОЖДЯ МАКА”

№	Названия звезды и созвездия	Звездная величина	Координаты	
			α_{2000} (ч, мин, с)	δ_{2000} (°, ', ")
1	Капелла (α Возничего)	0,08	5:16:41,3	+45:59:53
2	Менкалинан (α Возничего)	1,90	5:59:31,7	+44:56:51
3	Кастор (α Близнецов)	1,58	7:34:35,9	+31:53:18
4	Поллукс (β Близнецов)	1,14	7:45:18,9	+28:01:34
5	Процион (α Малого Пса)	0,37	7:39:18,1	+5:13:30
6	Сириус (α Большого Пса)	-1,46	6:45:08,9	-16:42:58
7	Канопус (α Киля)	-0,72	6:23:37,2	-52:41:44

Таблица II

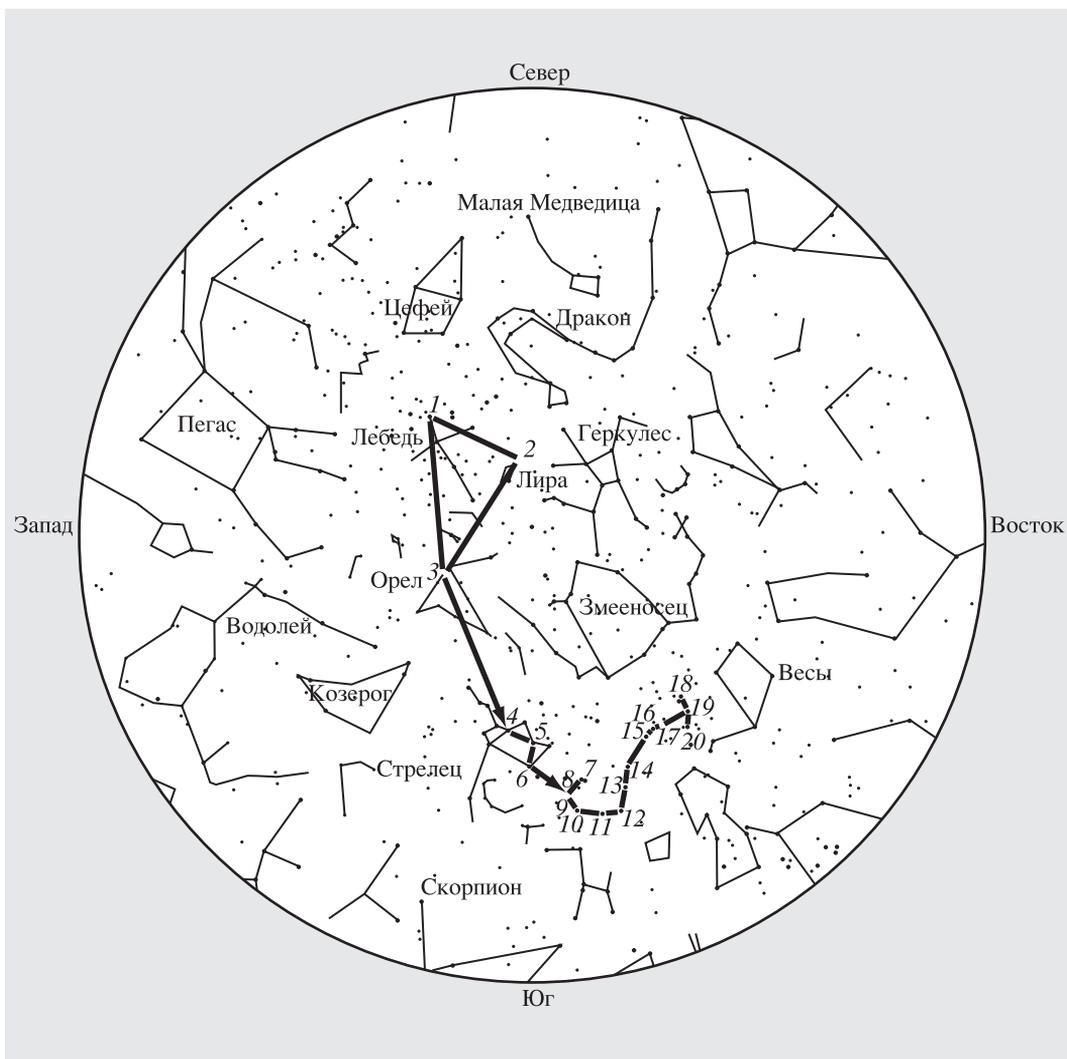
НАВИГАЦИОННЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ “ХРЕБЕТ”

№	Названия звезды и созвездия	Звездная величина	Координаты	
			α_{2000} (ч, мин, с)	δ_{2000} (°, ', ")
1	Полярная звезда (α Малой Медведицы)	2,02	02:31:50,5	+89:15:51
2	Дубхе (α Большой Медведицы)	1,79	11:03:43,6	+61:45:03
3	Мерак (β Большой Медведицы)	2,37	11:01:50,4	+56:22:56
4	Фекда (γ Большой Медведицы)	2,44	11:53:49,8	+53:41:41
5	Мегрец (δ Большой Медведицы)	3,31	12:15:25,5	+57:01:57
6	Алиот (ϵ Большой Медведицы)	1,77	12:54:01,7	+55:57:35
7	Мицар (ζ Большой Медведицы)	2,27	13:23:55,5	+54:55:31
8	Бенетнаш (η Большой Медведицы)	1,86	13:47:32,3	+49:18:48
9	Арктур (α Волопаса)	-0,05	14:15:39,6	+19:10:57
10	Спика (α Девы)	0,97	13:25:11,5	-11:09:41
11	Альгораб (δ Ворона)	2,94	12:29:51,8	-16:30:56
12	Гиенах (γ Ворона)	2,58	12:15:48,3	-17:32:31
13	Минкар (ϵ Ворона)	2,98	12:10:07,4	-22:37:11
14	Краз (β Ворона)	2,64	12:34:23,2	-23:23:48
15	Гакрукс (γ Южного Креста)	1,63	12:31:09,9	-57:06:47

Макалии, “сплетение сетей”. Оно получило название по имени жадного вождя Мака, который забрал у людей и животных весь урожай, положил его в сеть и забросил на небо – так образовались Плеяды. Однако маленькая крыса спасла всех от голода. Она поднялась на самую высокую гору, оттуда по радуге добралась до Плеяд, прогрызла дыру в сети, и все плоды посыпались на Землю. Появление Плеяд на вос-

точном небе после новолуния в ноябре означало наступление гавайского Нового года. В это время собирали основной урожай и отдавали налоги. До сих пор этот праздник отмечают главным гавайским фестивалем культуры Махакики.

Млечный Путь считался у гавайцев “разделителем звезд” – Хокунохоаупуни, по степени его подъема над горизонтом ночью определяли ночное вре-



мя. Когда Млечный Путь касался на западе горизонта, говорили, что “сеть заброшена и поймана рыба” – Уахуликаиа. Метеоры у гавайцев назывались “падающими звездами”, Хокухелей, а кометы – “дымящимися или текущими звездами”, Хокупухипака.

Для обозначения различных ступеней неба и космоса тоже существовали свои термины. Разные слои атмосферы называли “воздух над землей”, “облачный свод”, или “небо, где летают птицы”, “высокое небо” и “высший небесный свод”. На разных уровнях находились “вечно прекрасное Солнце”,

Гавайский звездный путь “Рыболовная леска”, видимый на Гавайях с мая по октябрь.

“ярко светящая Луна”, а выше всех – “вечно почитаемые звезды”. Аналогичное деление неба на несколько слоев использовали древние индейцы, например майя.

Гавайские созвездия имели свои названия, связанные со зрительным впечатлением или с местной фауной и флорой. Звезды в районе пояса и меча Ориона ассоциировались с “копьями”, “парусом” или даже с “пауком”. В этом

НАВИГАЦИОННЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ “РЫБОЛОВНАЯ ЛЕСКА”

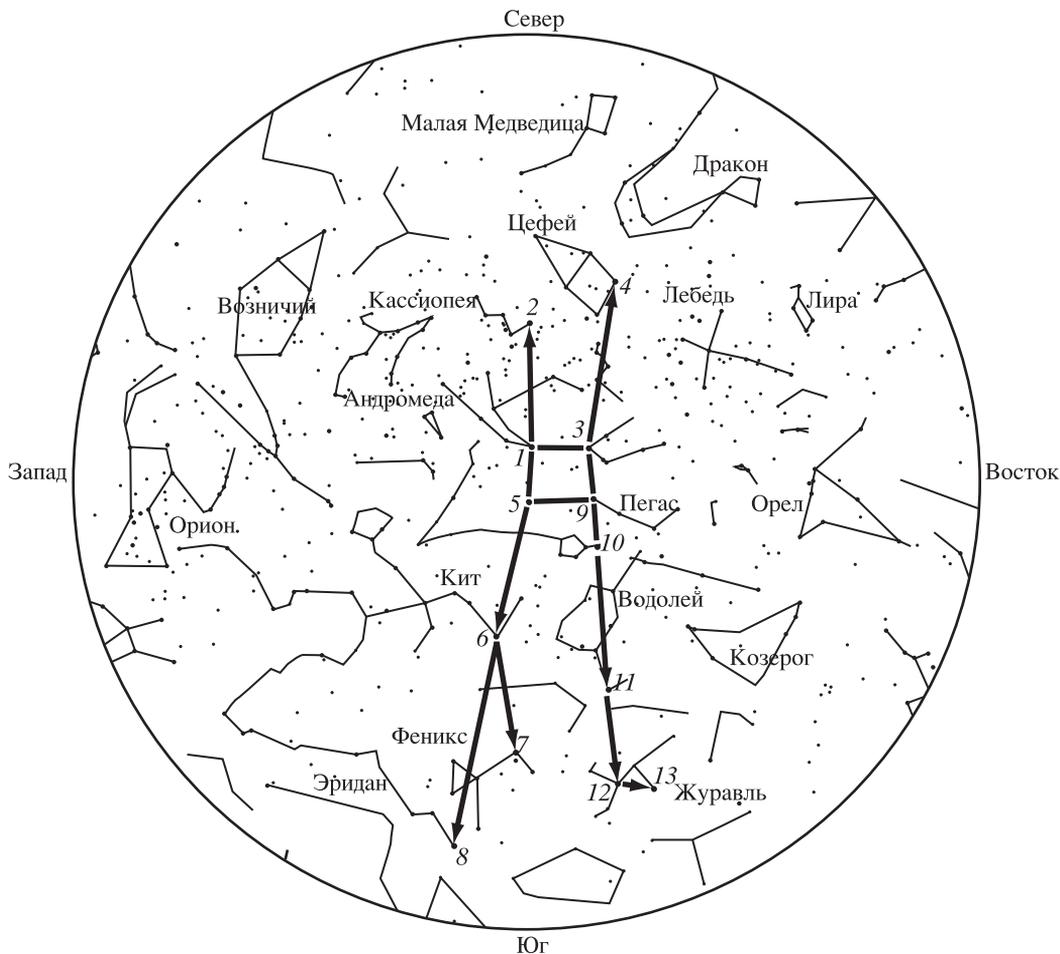
№	Названия звезды и созвездия	Звездная величина	Координаты	
			α_{2000} (ч, мин, с)	δ_{2000} (°, ', ")
1	Денеб (α Лебедя)	1,25	20:41:25,8	+45:16:49
2	Вега (α Лирь)	0,03	18:36:56,2	+38:47:01
3	Альгаир (α Орла)	0,76	19:50:46,9	+8:52:06
4	Нанто (ϕ Стрельца)	3,16	18:45:39,3	-26:59:27
5	Каус Медиа (δ Стрельца)	2,70	18:20:59,6	-29:49:41
6	Каус Аустралис (ϵ Стрельца)	1,85	18:24:10,3	-34:23:05
7	Шаула (λ Скорпиона)	1,63	17:33:36,4	-37:06:13
8	Гиртаб (κ Скорпиона)	2,41	17:42:29,1	-39:01:48
9	Аполлон (ι^1 Скорпиона)	3,03	17:47:35,0	-40:07:37
10	Саргас (θ Скорпиона)	1,87	17:37:19,0	-42:59:52
11	Граффias (η Скорпиона)	3,34	17:12:09,1	-43:14:21
12	ξ^2 Скорпиона	3,59	16:54:34,9	-42:21:41
13	Денебакраб (μ Скорпиона)	3,04	16:51:52,1	-38:02:51
14	Вей (ϵ Скорпиона)	2,29	16:50:09,7	-34:17:36
15	Альниуат (τ Скорпиона)	2,81	16:35:52,9	-28:12:58
16	Антарес (α Скорпиона)	0,91	16:29:24,4	-26:25:55
17	Алнийт (σ Скорпиона)	2,88	16:21:11,2	-25:35:34
18	Акраб (β Скорпиона)	2,58	16:05:26,1	-19:48:19
19	Джубба (δ Скорпиона)	2,32	16:00:19,9	-22:37:18
20	Вришика (π Скорпиона)	2,91	15:58:51,0	-26:06:51

созвездия красная звезда Бетельгейзе называлась Каулуакоко (“блестящая кровавая звезда”), а голубой Ригель – Пуанакау (“подвешенный цветок”). В форме созвездия Волопаса гавайцы видели крупную морскую птицу фрегата – Хокуива. В ковше Большой Медведицы гавайцы, как и мы, насчитывали семь звезд и называли это созвездие просто “семерка” – Нахику. Выделялись и другие, меньшие группы звезд (частью астеризмы известных нам созвездий), которые напоминали им треугольники, квадраты, ограды и цветочные гирлянды.

Гораздо важнее для гавайцев были навигационные пути, соединяющие самые яркие звезды. По ним можно было определять стороны света, даже если небо было частично закрыто облаками. У гавайцев существовало четыре

“семьи” таких звездных путей для различных сезонов и маршрутов.

Первая навигационная звездная линия называлась “Ковш вождя Мака для вычерпывания воды из каноэ” – Кекаомакалии. Она соединяла семь ярких звезд и тянулась с севера на юг. Ее началом (вершиной ковша) была яркая звезда Капелла в созвездии Возничего, которая соединялась этой линией со звездой Менкалином (β Возничего) – Хокулей в гавайском созвездии “Звездная гирлянда”. Затем проходила по “головам” в созвездии Близнецов – звездам Кастор (Нана муа – “первая звезда”) и Поллукс (Нана хопе – “последняя звезда”), вела к звезде Прокцион (Пуана – “цветок”) в созвездии Малого Пса, тянулась к ярчайшему Сириусу (другое название Аяя – “ярко горящий”) и заканчивалась на чуть менее



яркой звезде Южного полушария – Канопусе (Кеали йоконаикалева – “вождь южных небес”). Эта линия, поднимаясь на востоке, по мнению гавайцев, “зачерпывала” звезды созвездий Ориона и Тельца с Плеядами.

Самый длинный навигационный путь назывался Каивикауамоо – “Хребет”. Эта линия также указывала направление с севера на юг. Она проходила через все небо от Полярной звезды до Южного Креста. Между ними располагался весь ковш Большой Медведицы. Далее линия тянулась к яркой красноватой звезде Арктур (Хокулейя – “звез-

Гавайский звездный путь “Великий квадрат”.

да счастья”), которая служила “маяком”, проходя через зенит именно над Гавайскими островами. Путь лежал через Спикку (Хикиналия – “яркая звезда”) и четыре звезды астеризма Мее (“голос радости”), что соответствует созвездия Ворона. На юге хребет соединялся с Южным Крестом, который гавайцы называют Ханайакамалама (“замести-

НАВИГАЦИОННЫЙ ЗВЕЗДНЫЙ ПУТЬ “ВЕЛИКИЙ КВАДРАТ”

№	Названия звезды и созвездия	Звездная величина	Координаты	
			α_{2000} (ч, мин, с)	δ_{2000} (°, ', ")
1	Альферац (α Андромеды)	2,06	0:08:23,2	+29:05:26
2	Каф (β Кассиопеи)	2,27	0:09:10,6	+59:08:59
3	Шеат (β Пегаса)	2,42	23:03:46,4	+28:04:58
4	Альдерамин (α Цефея)	2,45	21:18:34,7	+62:35:08
5	Альгениб (γ Пегаса)	2,84	0:13:14,1	+15:11:01
6	Дифда (β Кита)	2,01	0:43:35,3	-17:59:12
7	Анкаа (α Феникса)	2,38	0:26:17,0	-42:18:22
8	Ахернар (α Эридана)	0,46	1:37:42,9	-57:14:12
9	Маркаб (α Пегаса)	2,48	23:04:45,6	+15:12:19
10	β Рыб	4,52	23:03:52,5	+3:49:12
11	Фомальгаут (α Южной Рыбы)	1,16	22:57:39,0	-29:37:20
12	β Журавля	2,11	22:42:40,0	-46:53:05
13	Альтаир (α Журавля)	1,71	22:08:13,9	-46:57:40

тель Луны”), потому что по нему можно было определить положение невидимой в темные безлунные ночи линии горизонта.

Еще один звездный путь ассоциировался у гавайцев с “Рыболовной леской” – Манаикалани. Звезды известного нам “летнего треугольника” – Вега (гавайское Кеое или полинезийское Рапануй) – α Лирь, Денеб (Пирайетей – “белая морская ласточка”) – α Лебедя и α Орла Альтаир (Хуму – “сыновья навигатора”) – формируют у гавайцев “навигационный треугольник”. Он также помогал гавайцам находить стороны света. От Альтаира в направлении к югу этот путь проходит по созвездиям Стрельца и Скорпиона. Звезды хвоста Скорпиона образуют изгиб, очень похожий на “рыболовный крюк” – Камакау-нуиамау. Согласно легенде, именно его забросил на небо Мауи, чтобы поймать Млечный Путь, его еще называли Мангороа – “длинная акула”. Этим же волшебным крюком Мауи, по другим легендам, цеплял и придвигал поближе целые острова.

Четвертый звездный путь образовывали две линии, соединявшие “Вели-

кий квадрат”, который еще называют Калупеокавелло – “парящий воздушный змей Кавело”. Он совпадает с квадратом главных звезд Пегаса. Для гавайцев его звезды символизировали четырех предков верховного вождя. От него на север шли два пути. Левый – к яркой звезде Каф (Полойула – “блестящая красным”) у края в W-образном созвездии Кассиопеи. Правый – к звезде Альдерамин (Камойи – “верховный вождь”), α Цефея. Левый путь вел на юг от квадрата к ярчайшей звезде созвездия Кита – Дифде (Пийикей – “яркая, как день”). Здесь он раздваивался: одна его ветвь шла к самой яркой звезде созвездия Эридана – Ахернару (Каланикаулелеава – “главная королева”), а другая – к ярчайшей звезде созвездия Феникса – Анкаа (Каикилани – “младшая королева”). Правый путь вел к наиболее яркой звезде созвездия Южной Рыбы – Фомальгауту (Ку канилоко – “славный бог Ку”) и заканчивался на ярчайшей звезде созвездия Журавля – Альнаире (Налани – “небесный вождь”).

Современная астрономическая деятельность в Полинезии началась в

1769 г., когда Джеймс Кук специально прибыл на Таити для наблюдения прохождения Венеры по диску Солнца. Сегодня изучение Вселенной продолжается на вершинах гавайских вулканов Халеакала и Мауна Кеа. Здесь расположены десятки оптических и радиотелескопов, намечаются новые международные астрономические проекты.

Задача автора была показать гавайское небо, каким его видели древние гавайцы, и таким образом открыть еще одну неизвестную нам страницу в истории астрономии и географических открытий. Звездное небо превратилось для полинезийцев в навигационный инструмент, который эти опытные мореплаватели сами разработали и с успехом использовали на безбрежных просторах Тихого океана. В настоящее время уникальное наследие древних гавайцев изучает и применяет на практике Полинезийское общество мореплавателей (Polynesian Voyaging

Society), которое в 1976 г. организовало несколько успешных дальних плаваний с Гавайских островов на точных копиях старинных океанских каноэ. Население островов Полинезии, мимо которых они проплывали, с гордостью и восторгом приветствовало в их лице древних покорителей Тихого океана. В 2006 г. на острове Гавайи был открыт астрономический, культурный и образовательный центр Имилоа (Imiloa Astronomy Center of Hawai'i), где в музейных экспонатах и в планетарии посетители прослеживают путь от древней к современной астрономии. Таким образом, астрономия стала для историков и этнографов важной опорой в деле изучения и возрождения гавайских культурных традиций.

Автор статьи благодарит кандидата физико-математических наук А.И. Еремееву и астрометриста Л.П. Грибко (ГАИШ) за ценные уточнения и дополнения и за обозначение параметров звезд.

Информация

Взрыв в центре Галактики

Астрофизики из Университетов Кембриджа, Колорадо и Сиднея выяснили, что 2 млн лет назад в центре нашей Галактики, где находится сверхмассивная черная дыра массой $10^{10} M_{\odot}$, произошел чудовищный

взрыв. Его следы были обнаружены в 210 тыс. св. лет от нас в Магеллановом потоке – гигантском газовом “перешейке”, связывающем ближайших соседей – Большое и Малое Магеллановы Облака. Это событие случилось около 300 тыс. лет назад. Суммарная энергия взрыва составила 10^{48} Дж, что в сотни триллионов раз больше энергии, которую излучает Солнце за год.

По оценкам ученых, вспышка, едва видная с Земли, была примерно в 10 раз менее яркой, чем полная

Луна. Выделилось значительное количество гамма- и рентгеновского излучения, но эпицентр находился так далеко, что практически все оно поглотилось веществом Галактики и не повлияло на земную жизнь. Ученые полагают, что в 2014 г., когда к черной дыре подойдет небольшое газовое облако G2, в центре Галактики может произойти новая не слишком яркая вспышка.

Журнал “Astrophysical Journal”, vol. 776, сентябрь 2013 г.

Панспермия и механизмы возникновения жизни во Вселенной

А.Д. ПАНОВ,
кандидат физико-математических наук
НИИЯФ МГУ

Гипотеза панспермии может означать не только переадресацию вопроса о происхождении жизни с Земли “в другое место” космоса, но и другие механизмы появления жизни (Земля и Вселенная, 1981, № 6). Они увеличивают вероятность возникновения жизни на много порядков по сравнению с предбиологической эволюцией на любой изолированной планете и приводят к почти одновременному появлению жизни на одной молекулярно-биологической основе сразу на многих планетах Галактики.

В выпуске альманаха “Эволюция” за 2013 г. опубликована статья В.А. Анисимова “Гипотеза земного абиогенеза в свете данных палеонтологии, молекулярной биологии и анализа состава молекул ДНК”.

В ней на основе обратной экстраполяции зависимости “минимальной длины генома” от времени делается вывод, что геологическая история Земли просто не могла по времени вместить абиотическую предбиологическую эволюцию, поэтому место ее протекания находится вне Солнечной системы. Следовательно, на Землю жизнь занесена из космоса, в процессе межзвездной панспермии. Использованная экстраполяция — явно сформулированное предположение, поэтому и все содержание статьи — только развернутая гипотеза. Статья В.А. Анисимова сопровождается замечаниями — комментариями докторов биологических наук А.В. Маркова и Н.Н. Иорданского. В них справедливо отмечается гипотетический характер

используемой В.А. Анисимовым экстраполяции, но, помимо этого, приводятся и возражения методологического характера против гипотезы панспермии. С этими возражениями мы не можем согласиться в полной мере.

А.В. Марков пишет об одной из распространенных причин неприятия внеземного абиогенеза научной общественностью — это стремление не плодить сущности без необходимости: *“Если Земля — пока единственное место во Вселенной, где обнаружена жизнь, то естественно предположить, что здесь она и родилась”*. Иными словами, гипотеза происхождения жизни должна выбираться по “принципу простоты”, при этом именно земная гипотеза наиболее элементарна. Мы хотели бы обратить



внимание на то, что “аргумент от простоты” содержит, по сути, логическую ошибку или, как минимум, существенную долю субъективности в отношении оценки того, что считать простотой. Гипотеза земного происхождения жизни рассматривается здесь как самая простая по умолчанию, но в действительности существуют еще более простые гипотезы, и при этом вполне научные.

Действительно, если известная нам жизнь имеет земное происхождение, то следует предположить: на Земле имела место достаточно сложная абиогенная эволюция, которая и привела к появлению первых слож-

ных самореплицирующихся молекул (Земля и Вселенная, 1983, № 1; 1986, № 5). Значит, неизбежна дополнительная гипотеза абиогенной эволюции, так как в условиях Земли случайная “самосборка” таких молекул из отдельных элементарных блоков исключена по вероятностным соображениям. Однако, как показал В.А. Мазур, в рамках практически любых инфляционных космологических сценариев объема пространства, содержащего обычную материю в форме звезд, планет и т.д., оказывается столь велик (“инфляционно велик”, по терминологии В.А. Мазура), что вероятность случайного самозарождения жизни без

Так художник изобразил предбиологическую эволюцию в результате панспермии. Рисунок Э. Кристи.

всякой предварительной эволюции где-то в этом гигантском объеме чрезвычайно близка к единице. (Необходимо отметить, что инфляционная космология не только подтверждается наблюдениями, но и дала нетривиальные предсказания, часть которых тоже уже была подтверждена, а часть еще ждет проверки.) Эта гипотеза проще гипотезы земного происхождения жизни: она не требует дополнительного предположения о существовании нетриви-

ального абиогенеза. Если никаких других способов возникновения жизни кроме случайного самозарождения не существует, то и вероятность обнаружить ее в случайной заданной области пространства размером меньше космологического горизонта событий оказывается исчезающе малой. Это, однако, не является аргументом против случайного самозарождения. Если мы существуем, значит, мы — свидетели реализации такого маловероятного события.

Заметим, что в рамках механизма случайного самозарождения практически везде в обозримом космосе жизнь может появиться лишь в результате панспермии. Следовательно, наиболее вероятно, что именно на нашей планете жизнь появилась благодаря панспермии — и это вывод из гипотезы формально более простой, чем земная. Гипотеза самосборки имеет также одно проверяемое (в принципе) следствие: где бы в Галактике ни была обнаружена жизнь, она будет существовать на одной универсальной молекулярно-биологической основе, так как два независимых случайных самозарождения жизни в пределах Галактики можно полностью исключить.

Хотя гипотеза случайного самозарождения

жизни в определенном смысле проще, чем гипотеза предбиологической эволюции на Земле, автор настоящей статьи во все не утверждает, что ему ближе именно эта, более простая гипотеза и нужно сосредоточиться на ее изучении. Вывод из приведенного нехитрого анализа: нельзя переоценивать значение принципа простоты, так как в понимании его может оказаться слишком много субъективного или оно может оказаться основанным просто на недоразумении (по мнению автора, это имеет место при возникновении жизни на Земле).

Другое возражение философски-методологического характера против гипотезы панспермии приведено у Н.Н. Иорданского: *“Гипотеза панспермии, которую поддерживает в своей статье В.А. Анисимов, по сути дела, игнорирует саму проблему происхождения живых существ из компонентов неживой материи, просто подменяя ее предположением о заносе каких-либо зачатков жизни на Землю из космоса. По отношению собственно к проблеме происхождения жизни эта идея изначально является совершенно неплодотворной”*. Иными словами, гипотеза панспермии не имеет отношения к решению проблемы происхождения жизни, но только пере-

адресует вопрос к какому-то неопределенному “другому месту” на просторах Вселенной.

На первый взгляд, возражение совершенно неотразимо. Но в действительности гипотеза панспермии может означать другие механизмы возникновения жизни с очень нетривиальными следствиями.

Предположим, что жизнь возникает как результат некоторой естественной химической предбиологической эволюции (не благодаря случайному самозарождению). Никто пока не может оценить теоретически или экспериментально продолжительность такого процесса на планетах. По этой причине мы предполагаем столь огромную временную шкалу абиогенной эволюции, которая не умещается в геохронологическую историю Земли. Это предположение не является совершенно произвольным. Действительно, хотя оно следует уже из анализа В.А. Анисимова, его можно получить и из совсем простого наблюдения. Эволюция первых фаз существования жизни на Земле (первобытная прокариотная биосфера, одноклеточная эвкариотная биосфера) была очень медленной, по крайней мере в отношении качественных изменений биосферы. С развитием биосферы (многоклеточ-

ные, позвоночные и т.д.) скорость процесса все возрастала. Например, многоклеточные организмы получили массовое распространение в ходе Кембрийского взрыва около 570 млн лет назад, в то время как одноклеточные процветали до этого около 3 млрд лет. То есть чем выше эволюционный уровень системы, тем быстрее она развивается. Но химическая абиотическая эволюция – это уровень, предшествующий жизни, поэтому более примитивный, чем любые фазы развития биосферы. Ожидаемая продолжительность абиотических фаз эволюции – многие миллиарды или даже десятки миллиардов лет, которые не вмещаются не только в геологическую историю Земли, но и в историю Вселенной.

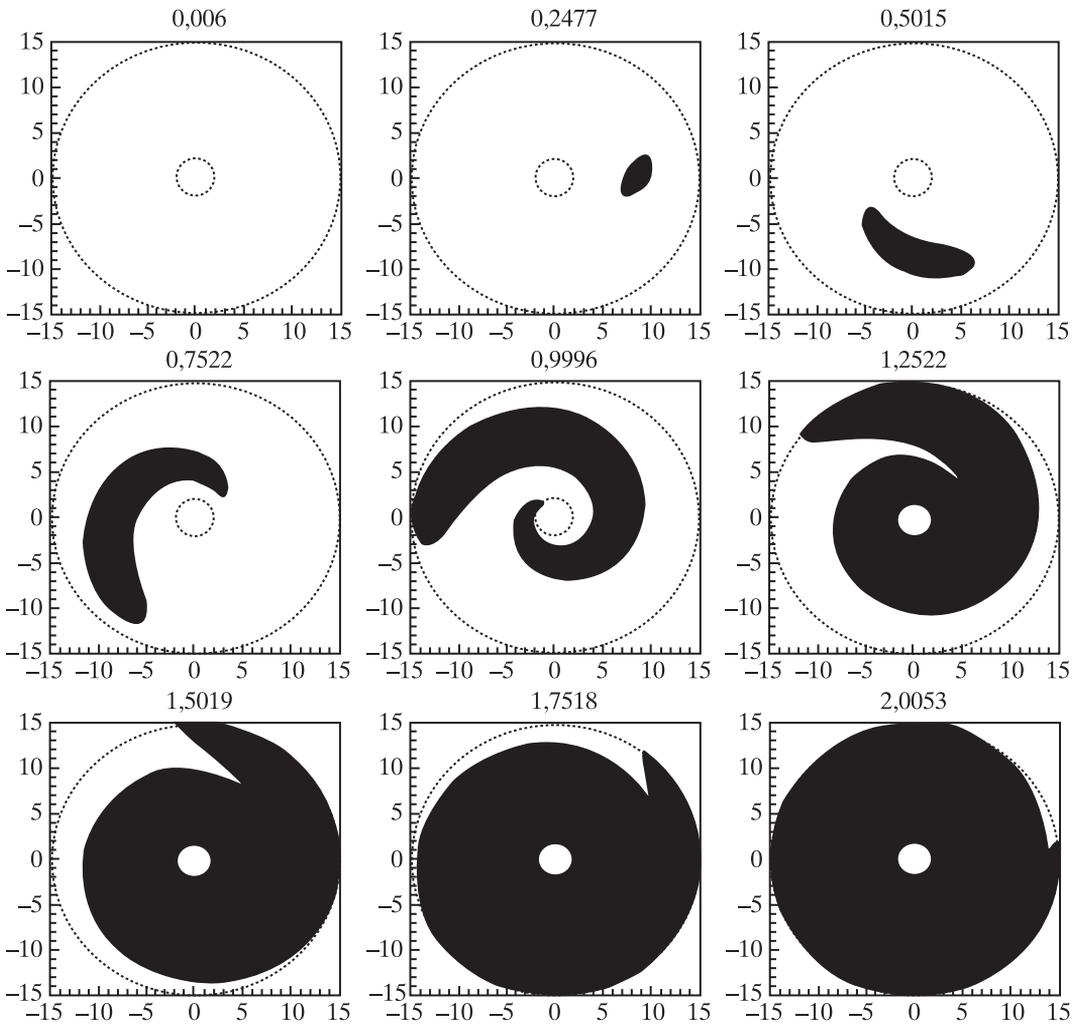
Если предположение о чудовищно длительной естественной шкале планетарной предбиологической эволюции верно, то жизнь, во всяком случае, не могла возникнуть на Земле, а попала сюда в результате панспермии. Но откуда же она взялась вне Земли, если даже возраста Вселенной могло не хватить на естественную абиогенную эволюцию? Возможный ответ состоит в том, что местом предбиологической эволюции была не какая-то отдельная планета, но вся Галактика как единая система, и

это обстоятельство могло многократно увеличить скорость предбиологической эволюции. Рассматриваемый ниже механизм предбиологической панспермии и когерентной общегалактической предбиологической эволюции принадлежит автору, но наблюдение, согласно которому такая эволюция может быть во много раз быстрее планетарной, принадлежит Г.А. Скоробогатову (2004).

Если естественная шкала времени абиогенной планетарной эволюции велика, то панспермию жизни заведомо следует считать возможной, иначе на Земле не было бы жизни. Так как продукты предбиологической химической эволюции должны быть менее чувствительны к трудностям космического путешествия (жесткое излучение, холод, вакуум), чем любые биологические системы, то, тем более, должна быть возможна панспермия абиогенных продуктов эволюции – предбиологическая панспермия. Возможность предбиологической панспермии приводит к интересным результатам.

Какое время необходимо для распространения предбиологической “инфекции” по Галактике? Уточним сначала некоторые детали механизма панспермии. Предположим, вопрос касается

распространения некоторого абиогенного продукта, характеризующегося высокой гибкостью и конкурентоспособностью по сравнению с другими подобными системами. Попав на планету, пригодную для адаптации, такой продукт может быстро (за сотни или тысячи лет) распространиться по всей планете, вытесняя более слабые местные системы. С поверхности планеты предбиологические системы могут попадать в космос вместе с осколками грунта, выбиваемого с планеты крупными метеоритами, из-за чего планета сама становится источником панспермии такого продвинутого продукта эволюции. Родительская звезда этой планеты будет окружена облаком “инфекции”, и если такая инфицированная звездная система пролетает неподалеку от другой звезды, то последняя может быть заражена инфицированным облаком и сама станет источником панспермии. Скорость распространения инфекции по космосу будет определяться пекулярной скоростью звезд. Распространение волны панспермии не будет иметь диффузионного характера, но будет иметь характер автоволнового процесса, распространяющегося с некоторой средней постоянной скоростью. Типичная скорость пекулярного



Модель распространения волны панспермии по диску нашей Галактики. Время, соответствующее приведенным фазам эволюции волны, указано в галактических годах. Галактика вращается против часовой стрелки. В качестве начальной точки для волны панспермии выбрано положение Солнца в Галактике (30 тыс. св. лет от центра).

хаотического движения звезд имеет решающее значение. Ее величина (30 км/с) – типичная скорость волны панспермии в Галактике.

Для моделирования волны панспермии может быть использован принцип Гюйгенса. Каждая область Галактики,

до которой дошла волна панспермии, сама становится источником сферической волны, распространяющейся со скоростью примерно 30 км/с. Такая модель содержит много упрощений, например типичные пекулярные скорости различны для разных расстояний

от центра нашей Галактики, но годится для качественной оценки. Из-за дифференциального характера вращения Млечного Пути его охват волной панспермии полностью завершится за два галактических года (период обращения Солнца вокруг центра Га-

лактики – галактический год – равен 216 млн лет), а 70% Галактики заселяется за 300 млн лет. Это и есть характерное время галактической панспермии.

Итак, мы имеем две шкалы времени: длинная, $T_{\text{chem}} \sim 10$ млрд лет и более, это длительность естественной химической предбиологической эволюции на изолированных планетах, другая – короткая, $T_{\text{pansp}} \sim 300$ млн лет, это масштаб продолжительности галактической панспермии. Из существования этих двух сильно различающихся шкал времени следует, что абиогенная эволюция на отдельных планетах не могла протекать независимо от других планет, так как каждая планета находится под непрерывным давлением гораздо более быстрого, чем местные процессы абиогенеза, инфицирования со стороны всей остальной Галактики.

Предположим, что некоторая конкурентоспособная предбиологическая система случайно появляется на планете, находящейся в стадии абиогенной эволюции. Тогда в течение короткого времени, порядка T_{pansp} , этот продукт распространяется по большей части Галактики, вытесняя менее эффективные локальные системы благодаря механизму естественного отбора. Из-за условия

$T_{\text{pansp}} \leq T_{\text{chem}}$ этот процесс должен синхронизировать (с точностью T_{pansp}) предбиологическую эволюцию во всем Млечном Пути. Жизнь в конце концов зарождается почти одновременно на всех планетах с подходящими условиями для ее существования, с одним генетическим кодом и одинаковой хиральностью. Предбиологическая эволюция и возникновение жизни благодаря панспермии могут быть самосогласованным коллективным процессом в масштабе всей Галактики, но не процессом, локализованным на отдельных планетах, как это обычно предполагается.

Если такой механизм действительно работает, тогда вскоре после появления жизни где-то в первый раз она уже нигде не сможет возникнуть в процессе естественной планетарной абиогенной эволюции, так как естественные предбиологические процессы неконкурентоспособны по сравнению с гораздо более быстрым процессом заражения планеты через панспермию. Как только на планете складываются условия, пригодные для жизни, она немедленно оказывается инфицированной из космоса. Возможно, именно это и произошло на Земле, чем и объясняется невероятно быстрое зарождение жизни после

появления воды в жидком состоянии.

Теперь заметим, что механизм предбиологической панспермии не только синхронизирует абиотическую эволюцию по всей Галактике, но также может существенно ее ускорять. Действительно, любой случайный успех предбиологической эволюции на одной из порядка 10^9 планет Галактики, где она может протекать, становится достоянием и всех остальных планет практически немедленно (точнее, за характерное время T_{pansp}). Другими словами, вероятность такого успеха по сравнению с процессом на отдельной планете увеличивается в 10^9 раз! Скорость предбиологической эволюции увеличивается примерно в той же пропорции. Следующее удачное событие произойдет уже на другой планете и снова почти немедленно станет достоянием всех. Даже если возникновение жизни на отдельных изолированных планетах крайне маловероятно, оно может стать вполне возможным в общегалактическом когерентном течении предбиологической эволюции.

Описанный выше сценарий самосогласования абиогенной эволюции в Галактике может быть лишь частью реально действующего механизма. Хорошо известно, что синтез сложных

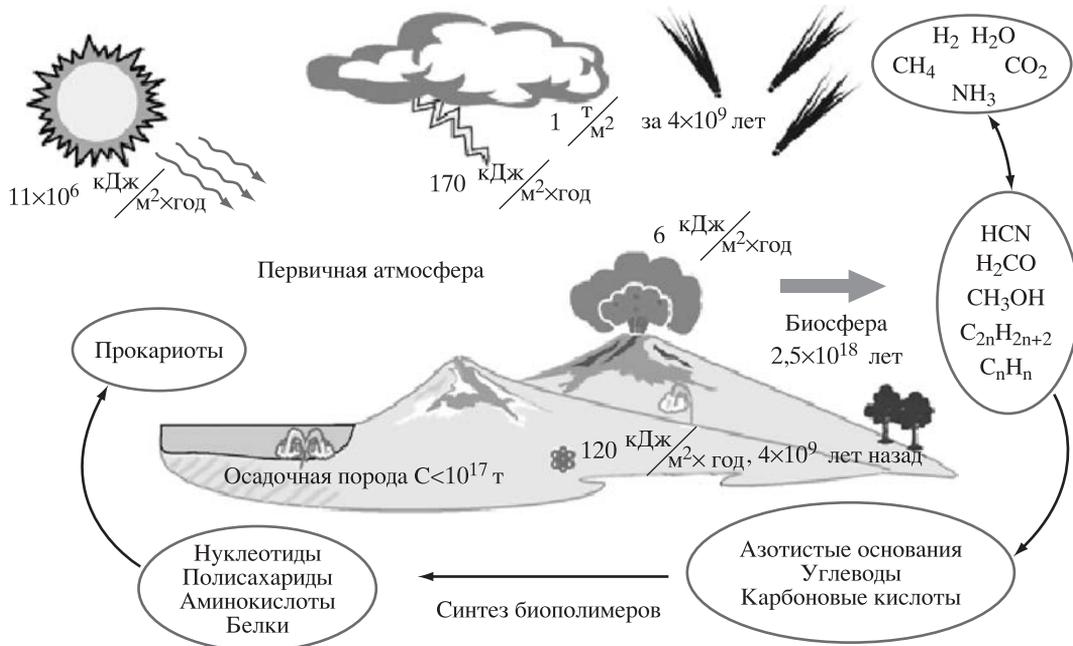


Схема образования земной биосферы.

органических соединений может происходить не только на поверхности планет, но и в космосе, в газопылевых облаках. Химические реакции в водном растворе при нормальной температуре протекают гораздо быстрее, чем в условиях космоса, однако заключенная в межзвездных облаках масса эволюционирующего вещества (H, C, N, O) на много порядков превосходит массу органического вещества на поверхности всех планет Галактики. Поэтому предбиологическая эволюция в косми-

ческом пространстве может оказаться в каком-то отношении не менее эффективной, чем на поверхности планет. Роль химических реакторов могут выполнять и кометы (Земля и Вселенная, 1987, № 1; 1998, № 1). В реальности предбиологическая эволюция может быть результатом очень сложного взаимодействия и конкуренции процессов, происходящих в открытом космосе, в ядрах комет и на планетах при участии межзвездной абиогенной панспермии разных типов.

Таким образом, гипотеза панспермии может быть далеко не только "переадресацией вопроса о происхождении жизни". Она может означать существенно новые механизмы эволюции, кото-

рые, в частности, могут отвечать за ее многократное ускорение и за синхронизацию абиогенного процесса во всей Галактике.

Проверяемое предсказание модели – это единство молекулярной основы жизни во всей Галактике, но оно относится к однотипным "экологическим нишам", в которых могут существовать живые организмы. В Галактике может существовать несколько типов таких ниш, например ледяные углеводородные экосистемы, как на Титане, водные экосистемы, как на Земле и, возможно, на Марсе. Так как предбиологические системы одних ниш не будут конкурировать с системами других ниш, то рассмотренный выше

механизм синхронизации может работать для каждой ниши отдельно, порождая специфический для нее тип жизни, но единый в Галактике.

В заключение отметим, что это предсказание напоминает предсказание рассмотренной

выше модели спонтанного самозарождения жизни, которая тоже предсказывает единую молекулярно-биологическую основу жизни во всей Галактике. Различие состоит в том, что в модели спонтанного самозарождения следу-

ет ожидать одного типа жизни для всей Галактики, а в модели когерентной галактической эволюции их может быть несколько, по одной для каждой ниши. Таким образом, модели могут быть разделены по их следствиям.

Информация

Планеты-скитальцы

Одинокие планеты могут рождаться без участия звезд. К такому выводу пришла группа астрономов под руководством Госты Гама из Технологического университета Чалмерса (Швеция), изучив необычные молекулярные облака. По их оценкам, в нашей Галактике может насчитываться до 200 млрд планет-скитальцев (Земля и Вселенная, 2011, № 5, с. 77). Ранее предполагали, что все они когда-то

были выброшены в результате сложных гравитационных взаимодействий из своих родительских звездных систем. Авторы открытия считают, что рождаются такие экзопланеты вне звезд. Исследовалась эмиссионная туманность Розетка (NGC 2237), находящаяся в 4600 св. лет от нас в созвездии Единорога. Туманность представляет собой гигантскую область ионизованного водорода, где происходят активные процессы звездообразования. Ученые заметили, что рядом с туманностью есть множество газопылевых облаков (глобул) размером 30 а.е. и массой 13 $M_{\text{Ю}}$, удаляющихся от нее со скоростью около 80 тыс. км/с.

Радионаблюдения позволили измерить плотность и физические характери-

стики глобул. Оказалось, что они довольно компактные и многие из них имеют плотное ядро (до тысячи частиц на кубический сантиметр). Часть глобул в будущем сколлапсируют под действием собственной гравитации и образуют свободно летающие планеты. При этом в центре самых массивных облаков рождаются коричневые карлики.

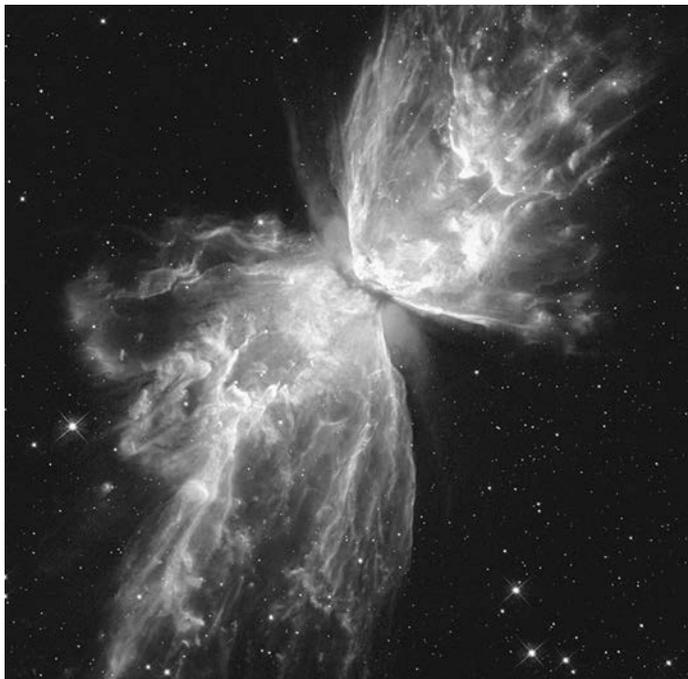
Следующий шаг – картирование внутренней структуры некоторых глобул с помощью нового радиотелескопа ALMA в Чили. Эти планеты могут быть обнаружены, когда запустят большие космические инфракрасные обсерватории следующего поколения.

По материалам РИА Новости, 28 августа 2013 г.

Необычные биполярные туманности

Группа американских астрономов из Манчестерского университета с помощью КТХ и телескопа NTT Европейской Южной Обсерватории в центральной части Млечного Пути изучила 130 диффузных туманностей, различных по строению и особенностям. Ученые разделили их, в зависимости от характеристик и форм, на три типа – эмиссионные (планетарные), отражательные и остатки сверхновых. Большинство туманностей имеют сферический вид, но часть – асимметричны. Выяснилось, что 10% планетарных туманностей ориентированы в пространстве в одном направлении, то есть биполярны. Это может быть обусловлено взаимодействием ударных волн сбрасываемой оболочки с поверхности формирующегося белого карлика (например, NGC 6543 Кошачий Глаз, MyCn 18 Песочные Часы, Mz3 Муравей). “Любая выделенная ориентация космических объектов неожиданна, и в особенности необъяснимой она кажется в густонаселенной центральной области нашей Галактики”, – заключил Альберт Жильстра, один из исследователей.

Наблюдения показали, что большие оси некоторых биполярных туманностей зеркально симметричны и похожи на крылья бабочек,



Биполярная туманность NGC 6302 Бабочка (созвездие Скорпиона), находящаяся в 4 тыс. св. лет от Земли. Ее структура – одна из самых сложных среди структур туманностей данного типа. Центральная звезда ярко светит в УФ-диапазоне, однако скрыта от прямых наблюдений плотным пылевым тором. Он пересекает яркую полость ионизованного газа. 2009 г. КТХ. Фото NASA.

они ориентированы вдоль плоскости нашей Галактики. Как полагают, это объясняется влиянием магнитных полей в центральной части нашей Галактики, которые в прошлом могли быть значительно сильнее, чем сегодня.

Биполярные туманности могут напоминать песочные часы, восьмерку или бабочку. Например, на бабочку похожи отражательные туманности NGC 6302 в Скорпионе и Sharpless 2-106 (S106) в Лебеде (см. стр. 4 обложки). Свое имя Sharpless 2-106 получила в честь астронома Стюарта Шарплесса, который об-

наружил ее в 1950 г. В центре туманности размером 2 св. года находится молодая звезда массой $15 M_{\odot}$, температура ее поверхности около 250 тыс. градусов. В туманности идет активное звездообразование с колоссальным выделением энергии. Разогретые газопылевые облака распространяются по туманности со скоростью более 200 км/с. Процесс формирования примерно 150 новых звезд в туманности начался 100 тыс. лет назад.

Пресс-релизы NASA и ESO, 5 сентября 2013 г.

Мой телескоп

Сейчас трудно вспомнить, когда я начал интересоваться астрономией. В 1980-х гг., еще в начальных классах, всматривался в небо. Прочитал учебник Б.А. Воронцо-

ва-Вельяминова "Астрономия" с числом "10" на корешке, внимательно смотрел научно-популярные передачи по телевизору. Самым первым моим телескопом была

труба из конструктора юного астронома, но в нее ничего нельзя было разглядеть, кроме Луны. Позже, в 1995 г., я купил малый школьный рефрактор и поставил его на самодельную вилочную монтировку с приводом, вместе с фотообъективом "Таир-3" ($F = 300$ мм, $D = 67$ мм). В рефрактор диаметром 60 мм тоже мало что можно было увидеть, и потому знакомство с небом состоялось по собственным фотографиям. Некоторое время я даже был уверен, что галактики и туманности видны только на снимках, а для визуального наблюдения нужны темное небо и телескоп диаметром не менее 200 мм. Как же я был удивлен, когда через два года купил телескоп "Мицар" и первый раз посмотрел в него! Стали видны галактики не только из каталога Мессье, но и из NGC! А координатные круги позволяли наводить телескоп на звезды и планеты даже днем! Самое необычное дневное наблюдение – соединение Венеры и Юпитера 17 мая 2000 г., когда между ними было всего 30" и одна планета медленно проходила мимо другой.

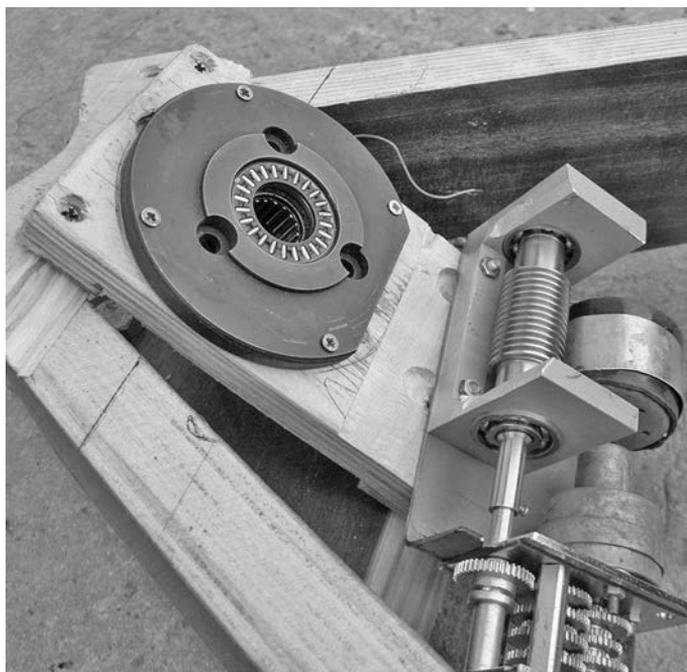
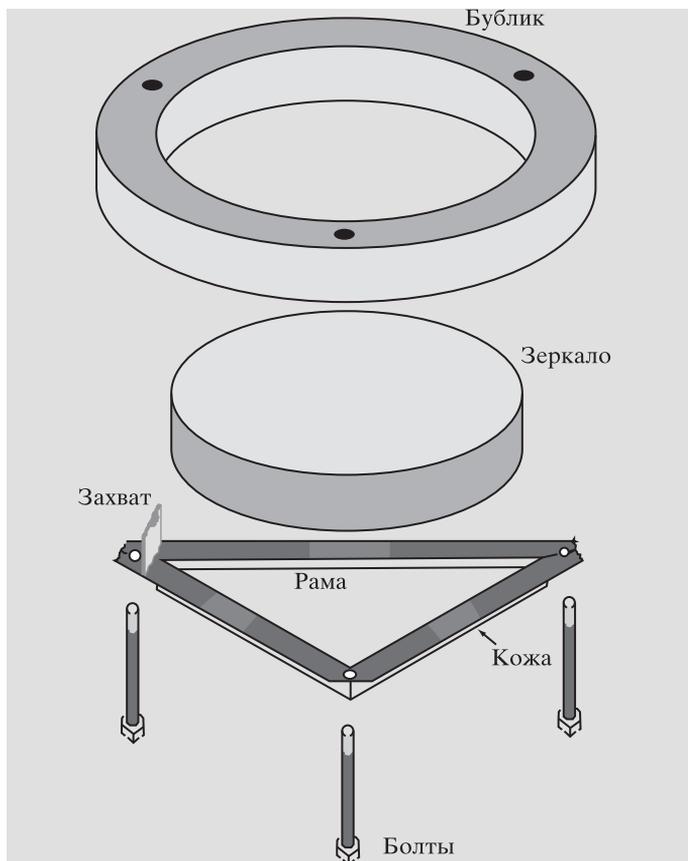
Но времена идут, и наступает момент, когда возможностей теле-



И.В. Виньяминов со своим телескопом-рефлектором системы Ньютона. Апрель 2010 г.

Основание монтировки телескопа.

скопа “Мицар” стало не хватать. С самого начала решил, что хочу мобильный инструмент, который можно разобрать и перевозить на поезде, так как автомобиля у меня нет. Это означает, что надо все делать самому. В 2007 г. по объявлению на Астрофоруме купил комплект зеркал, главное зеркало диаметром 300 мм. Но с чего начинать строительство трубы – не знал. На Астрофесте-2008 увидел замечательный биноклярный рефлектор необычной конструкции. Как правило, трубы телескопов на монтировках Добсона сделаны так: главное зеркало вставляется в короткий кожух или фанерный короб, к ним же крепятся горизонтальные полуоси и трубки фермы. Но в упомянутом биноклярном телескопе трубки фермы крепятся сразу к оправе главного зеркала, к ней же крепятся большие дуги, они скользят по фторопластовым направляющим на вилке монтировки Добсона. В моей конструкции эти дуги сделаны в виде широких секторов. Думаю, такая конструкция проста в изготовлении, наиболее легкая и мобильная. После Аст-



Южный подшипниковый узел с редуктором.



Нижняя часть фермы телескопа с главным зеркалом.

рофеста-2009 принялся делать трубу. Через месяц закончил строительство телескопа системы Ньютона ($D = 300$ мм,

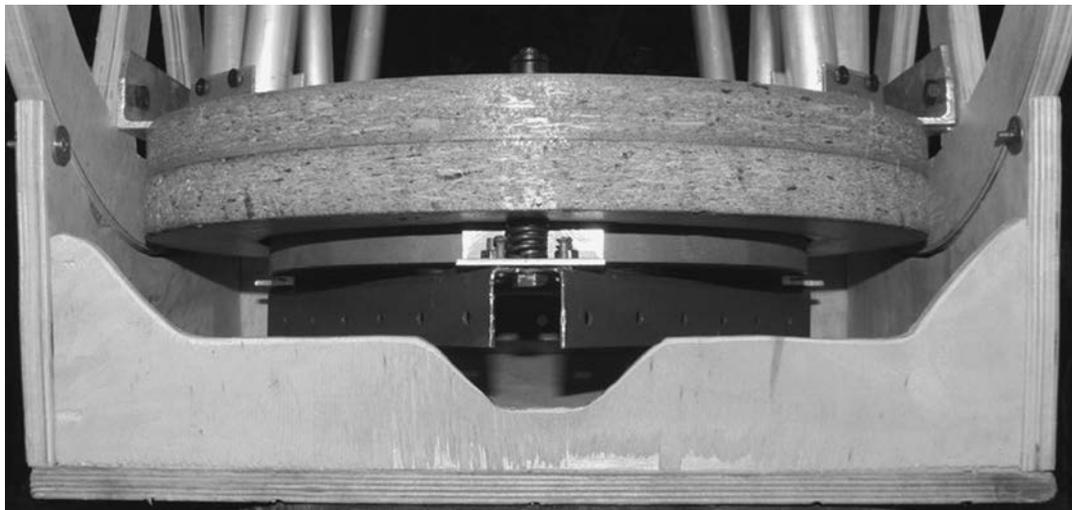
$F = 1470$ мм) и уже видел в него первые звезды. Особых сложностей при изготовлении не испытывал, не было необ-

ходимости в каком-нибудь профессиональном оборудовании, потребовались только бытовая дрель и электрический лобзик. Из-за зеркала толщиной около 50 мм вес трубы получился свыше 18 кг. Обычно монтировка Добсона делается без возможности наклонять трубу ниже горизонта. Если из такой монтировки делать экваториальную модификацию, то нельзя будет наблюдать объекты с отрицательным склонением. Поэтому я сразу делал основание своей монтировки таким, чтобы ее наклонять на угол широты места, а трубу наводить на склонения до -26° ; то есть монтировка Добсона стала экваториальной.

Модернизацию монтировки под экваториальный вариант я создал не сразу, потому что понадобились старый громкоговоритель и большой токарный станок. Идея такая: сначала делается основание из многослойной фанеры толщиной 25 мм; вид сверху напоминает букву "А", в острие которой наклонно расположен полярный подшипниковый узел из трех подшипников – осевой между двумя ради-



Верхняя часть фермы телескопа с окулярным узлом.



Оправа главного зеркала телескопа.

альными упорными. На них опирается громкоговоритель той стороной, где был магнит, а другая, широкая сторона катается на двух роликах, установленных на основании (на перекладине буквы "А"). К широкой стороне громкоговорителя прикручивается болтами фанерная вилка монтажки Добсона, на которой крепится труба. Рядом с южным подшипником ставится двигатель и редуктор с червяком, а на громкоговорителе на фрикционной посадке — червячная шестерня. Вал магнитофонного двигателя соединен через пружину (гибкий вал) с редуктором от синхронного двигателя (2 об/мин). После него — еще один редуктор, 8/1, таким образом, червяк вращается со скоростью 1 оборот за 8 мин. Основание опирается на три болта, причем

два из них можно легко удлинить или укорачивать для точного наведения на полярную ось.

Не сразу удалось достать громкоговоритель диаметром 400 мм, затем долго искал станок, позволяющий обрабатывать детали такого размера. Потом заказал на заводе червячную пару и промежуточный редуктор к ней. Вся конструкция приводится в движение двигателем от кассетного магнитофона, работающего от четырех батареек. Вес всего телескопа с экваториальным основанием немного превышает 32 кг.

В 2010 г. я и астроном-любитель Алексей Грудцын отправились на поезде на крымский слет "Южные Ночи", для чего разобрали телескоп и положили детали в два рюкзака. Разборка, транспортировка и неторопливая сборка телескопа заняли всего 2 ч.

Впечатления от наблюдений самые при-

ятные. Были прекрасно видны многочисленные диффузные и планетарные туманности, шаровые скопления, отдельные наблюдатели даже заметили спиральные ветви в галактике M51! Особенный комфорт мы ощущали от часового привода. Как же замечательно рассматривать какую-нибудь компактную планетарную туманность с увеличением в 300 раз, когда объект постоянно в центре поля зрения!

В настоящее время я провожу наблюдения в саду возле частного дома на северной окраине Воронежа. Хотя мой телескоп не предназначен для фотографирования, с него возможна фотосъемка с выдержкой до двух секунд, этого вполне достаточно для Луны, планет и их спутников, а также для ярких планетарных туманностей.

*И.В. ВИНЬЯМИНОВ
г. Воронеж*

КТХ исследует галактику

В 2013 г. на фотографиях, полученных КТХ, ученые исследовали скрытую газопылевыми облаками структуру спиральных рукавов галактики IC 2560, рас-

положенной в 110 млн. св. лет от Земли в маленьком созвездии Насоса (Antlia Pneumatica). Название ему дал в 1754 г. французский астроном Никола Луи де Лакайль в честь изобретения воздушного насоса. Эта соседняя галактика – часть скопления, содержащего более 200 гравитационно связанных галактик. В отличие от большинства других скоплений у созвездия Насоса, скорее всего, нет доминирующей крупной галактики.

Галактика IC 2560 относится к Сейфертовским второго типа, характеризующимся чрезвычайно ярким активным ядром и очень сильными линиями эмиссии водорода, гелия, азота и кислорода. Из области вокруг центральной сверхмассивной черной дыры в галактическом ядре выбрасывается огромное количество раскаленного газа со скоростью несколько тысяч километров в секунду.

Пресс-релизы NASA и ESA,
10 сентября 2013 г.



Спиральная галактика IC 2560 в созвездии Насоса (110 млн. св. лет от нас). Снимок сделан в 2013 г. КТХ. Фото NASA/ESA.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: март – апрель 2014 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Март		
1	8	Новолуние
1	20	Марс переходит от прямого движения к попятному
3	4	Сатурн переходит от прямого движения к попятному
6	10	Юпитер переходит от попятного движения к прямому
8	13	Луна в первой четверти
10	10	Луна проходит в 5° южнее Юпитера
11	20	Луна в апогее
14	10	Меркурий в наибольшей западной элонгации (28°)
16	17	Полнолуние
19	1	Луна проходит в 3° южнее Марса
20	16	Весеннее равноденствие
21	3	Луна проходит в 1° южнее Сатурна
22	21	Венера в наибольшей западной элонгации (47°)
24	1	Луна в последней четверти
25	4	Марс проходит в 4,8° севернее звезды Спика (α Девы)
27	7	Луна проходит в 3° севернее Венеры
27	18	Луна в перигее
29	0	Луна проходит в 5° севернее Меркурия
30	18	Новолуние
Апрель		
2	7	Уран в соединении с Солнцем
6	21	Луна проходит в 6° южнее Юпитера
7	8	Луна в первой четверти
8	15	Луна в апогее
8	20	Марс вступает в противостояние с Солнцем
14	15	Луна проходит в 4° южнее Марса
15	17	Полнолуние
17	7	Луна проходит в 1° южнее Сатурна

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
22	7	Луна в последней четверти
23	0	Луна в перигее
25	20	Луна проходит в 3° севернее Венеры
26	3	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
29	6	Новолуние

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

Таблица II

ЭФЕМЕРИДА СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°		
					восход	заход	восход	заход	восход	заход	
	ч	м	°	'	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	ч : м	
Март	1	22	47	-07	46	06:40	17:49	06:52	17:37	07:13	17:16
	11	23	24	-03	54	06:22	18:03	06:27	17:57	06:36	17:48
	21	00	00	00	02	06:03	18:16	06:02	18:17	05:59	18:19
	31	00	37	03	58	05:44	18:28	05:36	18:36	05:22	18:50
Апрель	10	01	13	07	46	05:26	18:41	05:11	18:56	04:45	19:22
	20	01	50	11	21	05:08	18:54	04:47	19:15	04:08	19:54
	30	02	28	14	37	04:52	19:06	04:24	19:35	03:31	20:27

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время восхода Солнца 6 апреля 2014 г. в Санкт-Петербурге (широта – 59°57', долгота – 2°01^м, 2-я часовая зона – московское время UT + 4^ч). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 6 апреля, получаем 5^ч12^м. Вычтем из него долготу места, прибавим 4^ч, получим 7^ч11^м.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости	
								45°	55°	65°		
	ч	м	°	'	"							
Меркурий												
Март	01	21	19,4	-13	42	0,8	9,1	0,28	-	-	-	
	11	21	41,1	-14	09	0,2	7,6	0,50	-	-	-	
	21	22	24,1	-11	48	0,0	6,5	0,64	-	-	-	
	31	23	17,5	-07	09	-0,2	5,8	0,76	-	-	-	
Апрель	10	00	17,9	-00	32	-0,6	5,3	0,87	-	-	-	
	20	01	26,5	+07	39	-1,4	5,0	0,97	-	-	-	
	30	02	45,4	+16	18	-1,9	5,1	0,98	-	-	-	

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Венера												
Март	01	23	52,8	-02	10	-4,8	32,9	0,36	2,6	2,3	1,4	Утро
	11	00	35,2	+01	58	-4,7	28,7	0,43	2,4	1,9	0,5	Утро
	21	01	18,3	+06	11	-4,5	25,3	0,49	2,1	1,6	-	Утро
	31	02	02,3	+10	18	-4,4	22,7	0,54	2,0	1,4	-	Утро
Апрель	10	02	47,8	+14	07	-4,3	20,5	0,58	1,8	1,1	-	Утро
	20	03	34,9	+17	28	-4,2	18,7	0,63	1,7	0,9	-	Утро
	30	04	23,9	+20	08	-4,2	17,3	0,66	1,6	0,7	-	Утро
Марс												
Март	01	13	45,5	-07	53	-0,5	11,6	0,95	8,8	8,7	8,4	Ночь
	11	13	43,6	-07	39	-0,8	12,7	0,97	9,2	9,0	8,6	Ночь
	21	13	36,7	-07	02	-1,0	13,8	0,98	9,7	9,4	8,9	Ночь
	31	13	25,4	-06	04	-1,3	14,6	1,00	10,2	9,7	8,9	Ночь
Апрель	10	13	11,3	-04	56	-1,5	15,1	1,00	10,3	9,6	8,5	Ночь
	20	12	56,9	-03	50	-1,4	15,1	0,99	9,7	8,7	7,5	Ночь
	30	12	44,7	-03	01	-1,2	14,6	0,98	8,9	8,0	6,2	Ночь
Юпитер												
Март	01	06	44,8	+23	16	-2,3	42,4	0,99	10,3	11,4	13,4	Вечер
	11	06	44,8	+23	17	-2,2	41,1	0,99	9,5	10,4	12,2	Вечер
	21	06	46,1	+23	17	-2,1	39,8	0,99	8,6	9,5	11,0	Вечер
	31	06	48,8	+23	14	-2,1	38,6	0,99	7,8	8,5	9,8	Вечер
Апрель	10	06	52,7	+23	10	-2,0	37,4	0,99	7,0	7,7	8,6	Вечер
	20	06	57,7	+23	04	-1,9	36,3	0,99	6,1	6,6	7,3	Вечер
	30	07	03,6	+22	56	-1,9	35,3	0,99	5,3	5,7	5,9	Вечер
Сатурн												
Март	01	15	25,3	-16	16	0,4	17,4	1,00	6,3	5,8	4,7	Утро
	11	15	25,1	-16	14	0,4	17,7	1,00	6,6	6,1	4,9	Утро
	21	15	24,3	-16	09	0,3	18,0	1,00	7,0	6,3	4,9	Утро
	31	15	22,8	-16	01	0,3	18,2	1,00	7,4	6,6	5,0	Ночь
Апрель	10	15	20,7	-15	52	0,2	18,4	1,00	7,7	6,8	5,1	Ночь
	20	15	18,2	-15	42	0,2	18,6	1,00	8,1	7,1	4,9	Ночь
	30	15	15,4	-15	30	0,1	18,7	1,00	8,3	7,0	4,1	Ночь

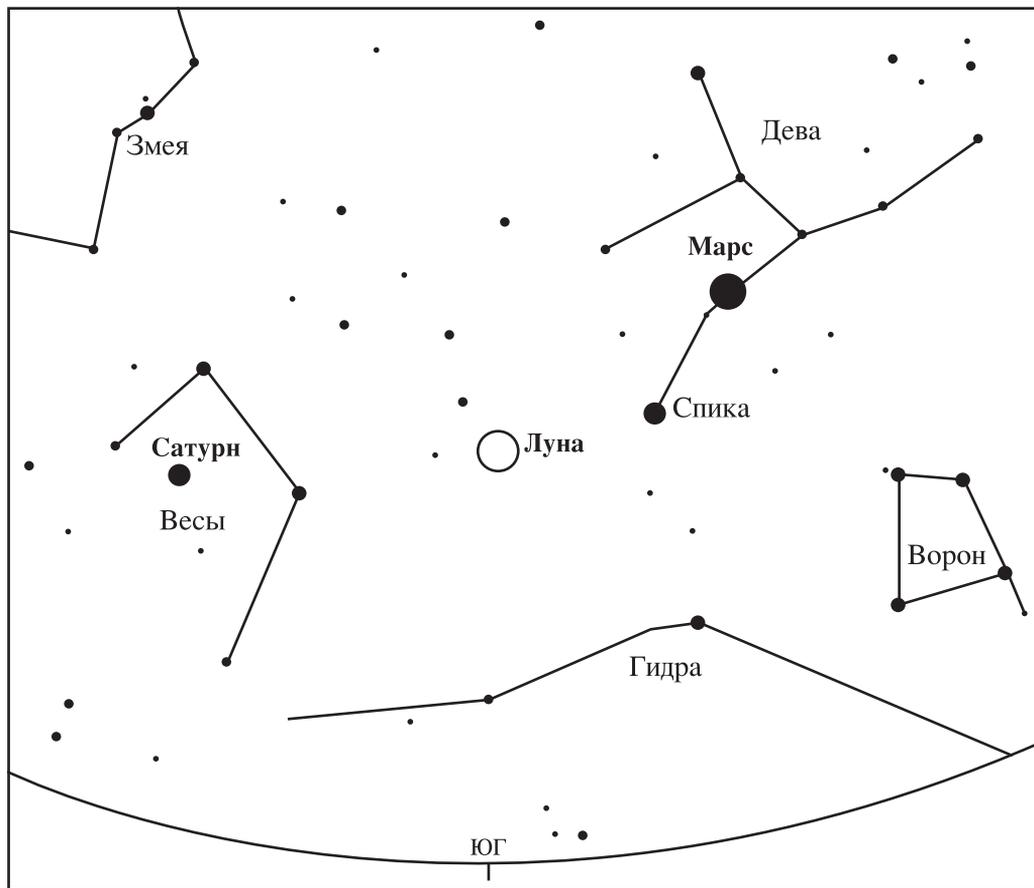
Примечание. Координаты даны на момент 0^h по Всемирному времени, F – фаза планеты.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

Меркурий в марте и апреле не виден.

Венера видна в утреннее время в средних и южных широтах нашей стра-

ны, продолжительность видимости планеты в начале марта немногим более двух часов и постепенно уменьшается. В северных широтах утрен-



Вид южной части звездного неба в Москве 16 апреля 2014 г. в 2^ч00^м по московскому времени. Отмечено положение Марса, Сатурна и Луны.

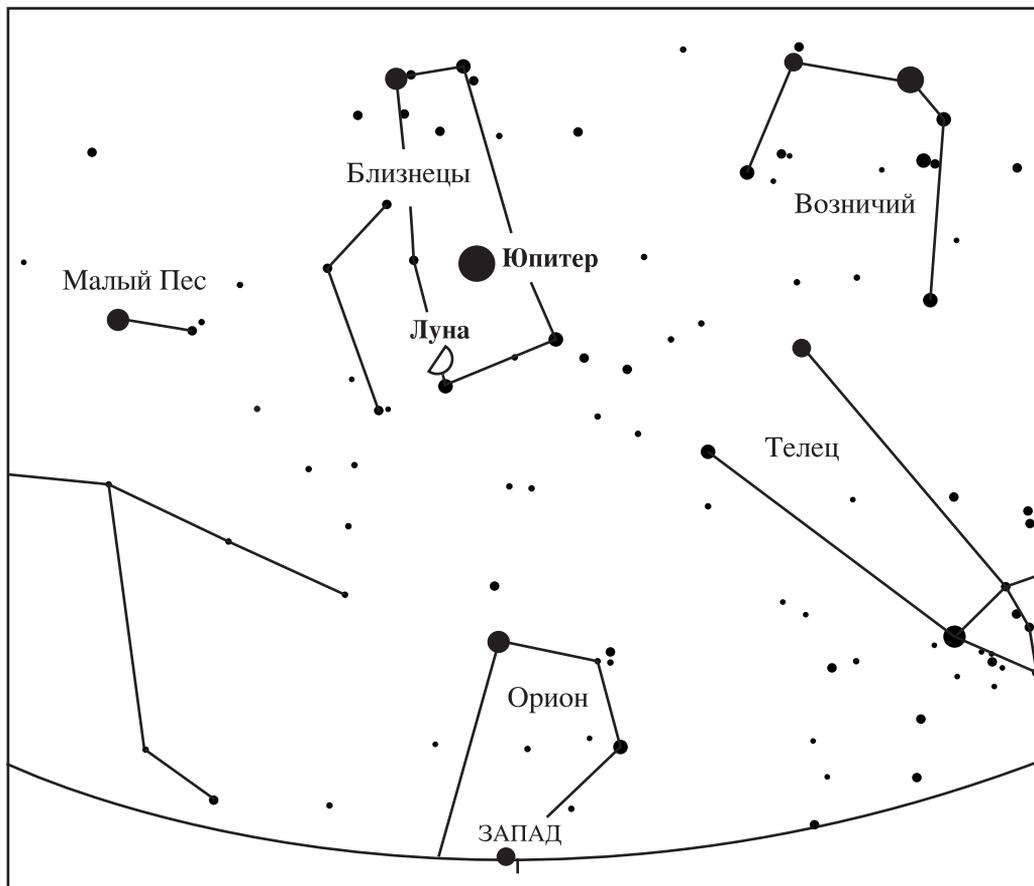
няя видимость планеты заканчивается в середине марта. 21 марта Венера в наибольшей западной элонгации. Утренняя планета постепенно удаляется от Земли. Видимый угловой диаметр планеты уменьшается с 33" в начале марта до 17" в конце апреля. Луна пройдет недалеко от Венеры 27 марта и 25 апреля.

Марс перемещается по созвездию Девы. Условия видимости планеты в этот период наиболее благоприятны. 1 марта Марс переходит от попятного движения к прямому, 25 марта пройдет в 4,8° севернее звезды Спика (α Девы). 8 апреля Красная планета вступает в противостояние с Солнцем. Видимый

угловой диаметр планеты в противостоянии достигнет 15". Луна пройдет недалеко от Марса 19 марта и 14 апреля.

Юпитер виден в вечернее время, он медленно перемещается по созвездию Близнецов. 6 марта Юпитер переходит от попятного движения к прямому. Продолжительность видимости этой планеты-гиганта постепенно сокращается, и в самом конце апреля Юпитер виден уже менее шести часов. Луна пройдет недалеко от него 10 марта и 6 апреля.

Сатурн в марте и апреле медленно перемещается по созвездию Весов. 3 марта планета переходит от прямого движения к попятному. Условия для



Вид западной части звездного неба в Москве 7 апреля 2014 г. в 0^ч00^м по московскому времени. Отмечено положение Юпитера и Луны.

наблюдения Сатурна хорошие. Его видимый угловой диаметр увеличивается с 17,4" в начале марта до 18,7" в кон-

це апреля. В телескоп хорошо видны кольца Сатурна. Луна пройдет недалеко от него 21 марта и 17 апреля.

*В.И. ЩИВЬЁВ
г. Железнодорожный (Московская обл.)*

Водопады

Г.Ф. УФИМЦЕВ,
доктор геолого-минералогических наук
Институт земной коры СО РАН, Иркутск

Научные описания водопадов скудны, в учебниках или обзорных монографиях по геоморфологии и землеведению характеристики водопадов укладываются

в 1–1,5 страницы и часто повторяют давно сказанное. В справочниках и энциклопедических словарях термины, связанные с водопадами, отличаются разночтением. Напри-

мер, термин “катаракт” обозначает различные типы водопадов. В народной терминологии часто встречаются весьма звучные и запоминающиеся слова, которые



От порога и до ступенчатого водопада: Днепровские пороги (а), водослив Виллинкоски в Финляндии (б), водоскат Иматра в Финляндии (в), ступенчатый водопад Кивач в Карелии (г).



Струйные склоновые водопады: Медовый около Кисловодска и Мугер в Эфиопии.

стоило бы использовать при создании соответствующей понятийно-терминологической системы: *воркун* – пережатый или покаты́й водопад; *прядун* – водопад или ручей, падающий со скалы; *падун* и *упад* – это, по-сибирски, водопады. При изучении свободно падающей воды следует ожидать выявления особенностей ее эрозионной деятельности в различных геоморфологических условиях.

Есть два крайних предела уклонов водных масс: горизонтальный уровень в озерах и вертикальный – у водопадов в речной эрозии и сопутствующих ей процессах. Это воздействие падающей водной массы на ложе. Водопады в геоморфологическом отношении не только вертикальные или крутые уклоны ложа водотока, половина их скрыта

водной поверхностью и представляет собой котловину под водопадом, выработанную благодаря сверлящему действию крупных обломков на ложе. Этот процесс называется эворзией, а плоды его деятельности – эворзионными котлами. Мы наблюдаем большие водопады в половине их формы, а вторая скрыта под водой. Так, глубина котла под уступом Ниагарского водопада примерно равна его высоте. Ниже водопадов, где в прошлом были эворзионные котлы, глубина водотоков заметно уменьшается за счет накопления руслового аллювия, скрывающего неровности коренного ложа. Эти слои называются плиточным аллювием и обладают небольшой толщиной. При заполнении эворзионных котлов ниже водопадов мощность плоти-

кового аллювия может быть десятки метров, а условия и особенности его формирования ниже водопадов требуют изучения.

Важны особенности формирования долин ниже водопадов. Великие водопады наглядно демонстрируют нам разительные отличия долин выше и ниже по течению. В верхнем бьефе водоток течет часто без четких бортов в долине, а ниже располагается ущелье. Такую ситуацию мы видим у Ниагарского водопада, на водопаде Игуасу в Бразилии, где в верхнем бьефе водоток буквально расплывается и сверху охватывает вершину глубоко врезанной нижней части долины. У водопада Виктория на р. Замбези поток шириной около 2 км выходит к уступу и падает с него на более чем 100 м. Ниже водоток собран в



Водопад-каскад в Норвегии.

струю шириной в десятки метров, она заключена в ущелье с угловатыми излучинами, составляющими правильную систему. Водопад Виктория расширяется поперек течения вдоль ослабленной трещины или разлома. По отношению к долине он производит бортовую эрозию (но не боковую), и поэтому формируется система глубоких врезанных излучин. Подобное явление демонстрирует водопад Хафрарсфосс в Исландии, расположенный в зоне молодого разлома и создающий ущелье с излучинами. В Ниагаре и Игуасу выработка узких долин ниже по течению происходит

через бортовую водопадную эрозию. В верхнем течении Рейна, недалеко от городка Нойхаузен, располагается Рейнский водопад. Современное русло реки образует около него крупный изгиб, между тем как древняя долина Рейна, заполненная четвертичным аллювием, обладает спрямленностью. В процессе "водопадной бортовой эрозии" главным оказывается не отступление параллельно самому себе и вверх по течению уступа водопада, а его увеличение в ширину ускоренной проработкой ослабленной тектонической зоны с последующей выработкой ущелистых излучин, подобных врезанным мандрамам. Это лишь один случай структуры про-

цессов водопадных систем.

Существуют особенности строения и геоморфологической деятельности водопадов на склонах или в устьях висячих небольших долин, например в долине Барскоона на северном склоне Терской-Алатоо в Тянь-Шане. Их водные струи падают на десятки метров, и в то же время водопады располагаются практически на склонах или в висячих устьях боковых долин без заметного отступления вверх по течению. Это обусловлено многими факторами: струйным характером, малым содержанием увлекаемого материала, играющего роль абразивной добавки. В перигляциальных зонах (поло-

сы шириной 100–150 км, располагающиеся вокруг окраин равнинных материковых оледенений), где водотоки насыщены твердым стоком, водопады невелики. Они сопряжены с глубокими долинами-щелями (клямами), известной из них является долина р. Ааре в Бернских Альпах; есть они на Кавказе, Алтае, в Южном Прибайкалье (долина р. Кынгарги у курорта Аршан на южном склоне Тункинских Гольцов).

Водопады представляют нам массу возможностей для геоморфологических исследований. Необходимо их классифицировать по разным качествам. Самый простой случай – деление водопадов по объемам падающей воды и размерам водопадных уступов (ширина, высота). Здесь мы встречаемся и с гигантами Игуасу или Ниагара, и с узкими водными струями, падающими со скальных уступов. Водопады бывают соприкасающиеся с уступами (субстратом), свободно падающие и испаряющиеся, не достигая оснований уступов (в тропиках). Они могут быть равнинными и горными. Великие водопады свойственны высоким равнинам и предгорьям, где речные потоки объединяются в крупные



реки; в горах водопады имеют большую высоту падения и струйный характер. Водопады подразделяются на тальвеговые (в днищах долин), уступные (на уступах террас), висячие устья боковых долин, щелевые, или понорные, а также расположенные на бортах долин. У щелевых водопадов вода падает не с поверхности уступа, а вырывается из щелей ниже его бровки. Они встречаются на горах-тепучах Гвианского нагорья, где связаны с кармана-

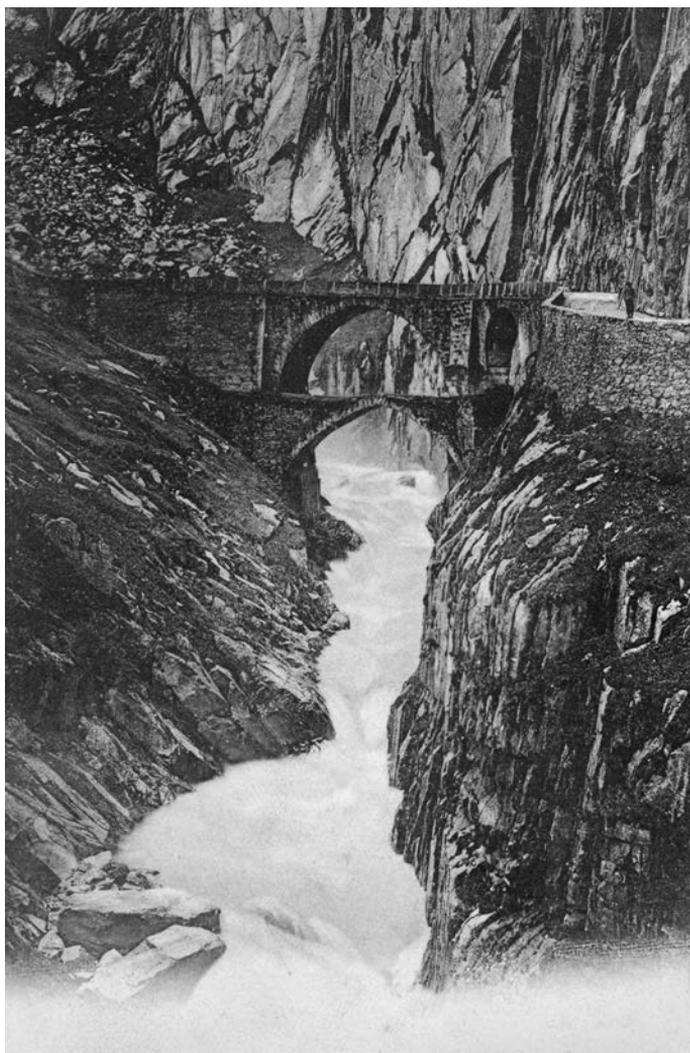
ми коры выветривания на плоских вершинах. Понорные образуются в карстовых областях, они часто падают на склонах из подрезанных пещерных ходов. Существуют и подземные водопады.

Необходима морфологическая классификация водопадов, учитывающая рельеф тальвегов долин и уступов на них, характер перемещения водных масс. Важно разделить водопады на типы по форме тальвегов (ложе рек) и их уступов, определяющие



Водопад на Голубом Ниле в Эфиопии.

особенности водных потоков. Горизонтальный уровень воды в озерах, пологие уровни с небольшими скоростями течений – это речные плесы. При появлении заметных уклонов на реках формируются перекаты: стремнины, быстрины, шиверы. Различия между ними четко не обозначаются; эти термины чаще используются в качестве синонимов. Среди водных потоков выделяются пороги – перекаты с крупными глыбами или скалистыми выступами. В таких водопадах мы можем видеть первый шаг в сторону водопадных систем. Примерами могут служить области позднеплейстоценового покровного оледенения в Финляндии и Карелии, где водные потоки имеют скальные ложа и находятся в стадии морфологической молодости. Стремнины с заметными наклонами водной поверхности на финском и коми языках называются “коски”, по-русски их лучше называть водосливами (единые и без больших порогов части рек с заметным падением воды). Близка к водопадам Иматра – водоскат на реке Вуокса (Южная Финляндия), опускаю-



Водоскат под Чёртовым мостом в Швейцарии.

Водопад на р. Ольховка по пути к скале Лермонтова, расположенной в 30 км от Кисловодска.

щийся на 18,4 м на протяжении около 1,5 км. Дальнейшая “трансформация” водного потока прослеживается на р. Суне в Карелии – ступенчатый водопад Кивач с отдельными вертикальными падениями воды высотой до 11 м, разделенными пологими ступенями, протяженность которых превышает высоту уступов.

Водопады следующей разновидности – это каскады, чередование водопадений, разделенных ступенями, ширина которых значительно меньше высоты разделяющих их уступов. Вода течет по крутым склонам, не имея заметных в них углублений за счет отступления. Это небольшие водопады на склонах, уступах террас и в устьях висячих долин. Далее следуют



“настоящие” водопады с вертикальным падением воды с уступов, с хорошо развитыми в их основаниях эвразионными котлами.

Морфологический ряд текущей воды можно представить в такой последовательности: озеро – плес – перекат – водослив – водоскат – каскад – водопад. Водопадения по форме могут быть струйными (многоструйными как, например, водопад Игуасу) и в виде единых близких к вертикальным водяных

стен (Ниагара). Уступы, на которых возникают водопады, отличаются многообразием. Обычно говорят об уступах, появляющихся при эрозии. Линии водопадов в смежных долинах, например на пологой наклонной поверхности у Атлантического побережья США, – редкие элементы структуры гидрографических и геоморфологических систем. Чаще всего они представляют собой части тектонических уступов. Подобные ситуации можно наблюдать на юж-



Большая часть водопада Ниагара, выработавшая долину ниже по течению, – типичный пример бортовой эрозии (а, б).



Водопад Игуасу в Бразилии. Воды реки перед падением распластываются и размывают борта каньона.

ном склоне – сбросовом уступе Тункинских Гольцов. Сопряженные системы высоких водоскатов наблюдаются на реках висячем крыле Главного Центрального надвига в подошве Высоких Гималаев. Такие линии водопадов составлены преимущественно либо водоскатами, либо ступенчатыми водопадами.

В пределах возвышенных равнинных областей великие водопады приурочены к ступеням, у которых бровки оформлены пологозалегающими слоями устойчивых горных пород. Быстрые вре-

зы в основных долинах приводят к образованию висячих устьев притоков и струйных водопадов или каскадов на склонах. Близкие им образования – каскады на ригелях и уступах в днищах ледниковых долин. Сродни водопадам в устьях висячих долин и каскады на уступах озерных или морских террас, встречаемые на Командорских и Курильских островах. На обвальных плотинах горных озер каскады могут начинаться как на их бровках, так и вырываться в виде струй из обвальных масс. Особые

группы водопадов составляют формирующиеся на выходе карстовых понор (естественные отверстия на дне карстовых воронок и котлов) на бортах долин, щелевые водопады струятся из карманов коры выветривания в экваториальных регионах Земли.

Многообразны факторы формирования водопадов. Это геологические молодые тектонические деформации и эрозионные процессы. Сюда же относятся обвалы и оползни, вулканические и карстовые процессы. Существенный фактор возникновения и эволюции водопадов – насыщенность потоков твердым материалом, в эрозионных процессах играет роль абразива. Мы должны помнить о всеобщности климата, когда решающее значение имеют количество атмосферных осадков и характер их выпадения в течение года. В средних и высоких широтах водопады в холодное время года превращаются в ледпады, а в низких широтах в сезон дождей количество водопадов может резко возрастать, особенно при муссонах. В таких условиях дно рек бывает покрыто травертиновыми (известковый туф) натеками за счет испарения воды при рас-

пластывании водотоков на верхних бьефах, например в Южном Китае.

Совершим ряд путешествий к водопадам. Я хочу рассказать о “моих” водопадах, о встречах с этими удивительными творениями природы. Самый первый мой водопад – это водоскат на р. Куй на тектоническом уступе южного склона Безымянного хребта (Центральное Забайкалье, сентябрь 1963 г.). В зоне краевого надвига тальвег реки имеет перепад высот более 100 м и наклон не менее 20°. Русло реки завалено глыбами, водные струи через

них и вокруг них образуют каскады. В соседних долинах по зоне краевого разлома наблюдаются лишь перегибы тальвегов и сужения долин.

Запомнившийся мне малый водопад – это тонкая струйка воды, стекающая по выпуклой скальной поверхности у дороги, ведущей к Адамову Пику в центральном нагорье Шри-Ланки, типичный “прядун”. Рядом в долинах р. Маскелля и других можно было видеть много водопадов, в том числе в руслах довольно крупных рек. Самый большой “мой” водопад – Ниагарский, со

стенной падающей воды в канадской части водопада, называемой Конской Подковой, с неумолчным монотонным шумом. Его мощь оставляет неизгладимое впечатление, в солнечную погоду он украшен радугой и всегда туманной дымкой. Наиболее замечательные, чарующие водопады, что я видел, – это каскады на уступах высоких террас на острове Беринга. Здесь водные потоки скатываются по уступам без заметных эрозионных врезов. Эти каскады имеют парковый облик и напоминают водопады Тиволи под Римом, за-



Водопады в Тиволи, восточнее Рима. Художник Ф.М. Матвеев. Первая половина XIX в.

печатленные на пейзажных полотнах русских художников начала XIX в., посещавших Италию в качестве стипендиатов Академии художеств. Наряду с морскими берегами изображения водопадов были в числе первых пейзажных работ, созданных русскими живописцами.

Самый высокий виденный мною водопад – каскад Дудхсагар высотой несколько сотен метров, падающий с западного склона-уступа плоскогорья Декана в сторону Аравийского моря в районе Гоа в Индостане. Разглядеть его с одной точки трудно, он утопает в джунглях. Его надо рассматривать по частям: нижнюю часть каскада – от подошвы уступа, а верхнюю – из окна поезда, следующего по железной дороге, поднимающейся серпантинном на плоскогорье.

Необходимо рассказать о водопадах, оставивших заметный след в развитии русской географической науки. Это водопады в приустьевой части долины Жомболон на Окинском плоскогорье Восточного Саяна, куда совершил свое первое научное путешествие Пётр Алексеевич Кропоткин (Земля и Вселенная, 2010, № 3). В 1860-х гг. в петербургских газетах появилась информация о том, что в Восточном Саяне, на р. Оке, есть водопады, может, даже такие, как Ниагарский. Восточно-Сибир-

ский отдел Русского Географического общества предложил П.А. Кропоткину проверить эту информацию. Поездка на Окинское плоскогорье, в сущности, сделала его ученым и путешественником; чтобы убедиться в этом, достаточно ознакомиться с его отчетной работой “Поездка в Окинский караул”.

Нередко и группы озер, и водопады образуют сочетания, их можно назвать водопадными регионами. Примером этого являются районы с экваториальным климатом и геоморфологическим разнообразием – Шри-Ланка и Гвианское нагорье. В геоморфологической структуре последнего наиболее важны две ступени, или два яруса, рельефа: нижняя увалисто-волнистая поверхность выравнивания с неглубокими врезками в нее долин магистральных рек и возвышающиеся над ней изолированные горные массивы (тепуи) с уплощенными вершинами и вертикальными стенками высотой более 1000 м. На плоских вершинах распространены хаотический скальный рельеф – это обнаженный фронт выветривания, “затерянный мир” А. Конан Дойля. Годовая сумма атмосферных осадков превышает 5–6 тыс. мм/год, это определяет водность рек и практическую оголенность коренных пород: даже равнинные реки имеют скальные ложа

и поперечные выступы. В среднем течении р. Карони есть три крупных (по водности) водопада: Ага, Фукита и Таюкай. На скальных стенках островных массивов-тепуев располагаются многочисленные струйные водопады, включая высочайший на Земле водопад Анхель с перепадом высот более 1050 м, который к тому же падает не с вершины Аюан-Тепуя, а вырывается ниже бровки склона из раскрытой трещины – обычная для этих мест ситуация. У струйных водопадов водные массы часто находятся в свободном полете и, следовательно, производят эрозионную работу, в том числе в основаниях уступов. В полете вода испаряется, часто вплоть до полного преобразования ее в туман, так что склоны тепуев скрыты облачностью, а их плоские вершины открыты. Водопадные элементы географического ландшафта здесь двух основных типов: невысокие и полноводные водопады в нижнем холмисто-увалистом ярусе рельефа и высочайшие (многие сотни метров) щелевые и струйные водопады на уступах островных возвышенностей.

На острове Шри-Ланка в предгорьях, в полосе денудационной равнины многочисленны невысокие (первые метры) водопады на крупных реках. В центральной части нагорья водопады меньших размеров, шириной



Водопад Хафрагилсфосс в Исландии. Хорошо заметны щели, продолжающие водопад-ный уступ и их бывшие позиции ниже по течению.

в десятки метров и высотой до 30–40 м. Они располагаются в приустьевых частях долин, дренирующих “ступень чайных холмов”, представляющую собой средний уровень “предгорной лестницы” поверхностей выравнивания. С крутых или с обратным уклоном скальных стенок, возвышающихся над этой ступенью, на нее падают каскады и струйные водопады высотой во многие десятки метров (Рамбода и др.). Это уже типичные “горные водопады”.

Среди великих водопадов особенные черты имеет Кабарега (Мерчисон-Фоллс) на р. Викто-

рия-Нил в Уганде. Мощный водоток одного из истоков Нила втискивается в узкую щель, ограниченную скальными щелками, и уподобляется склоновому струйному водопаду.

Климатические условия в тропиках для формирования водопадов наиболее благоприятны. Процессы выветривания в этом поле проявлены в той мере, что преобладают глинистые продукты, легко вовлекаемые в перенос. У рек в таких условиях практически скальные ложа, а неоднородности в геологическом строении быстро отражаются в морфологии тальвегов долин.

В экваториальных условиях наиболее устойчивы лишенные растительного покрова скальные склоны и их пережимы с обратными уклонами, что определяет быстрый скат осадков в днища долин. Годовые количества атмосферных осадков здесь выше 2 тыс. мм/год.

Совершим прогулку по водопадным районам нашего Отечества. Климатические особенности отличают район северного склона Большого Кавказа, а окрестности Кисловодска и его курортный парк – пример разнообразия морфологических видов водопадов. Среди этих водопадов – Лер-



Водопад Свальбард, расположенный примерно на половине пути от материковой Норвегии к Северному полюсу.

монтовский (небольшое падение, малый расход воды, значительная ширина, нависающий уступ в тальвеге реки). Рядом располагаются Медовые водопады (струйные падения воды с крутого борта долины). В нижней части Кисловодского курортного парка около мостика Дамский Каприз – небольшой водоскат высотой около 1 м. В верхней части парковой зоны есть небольшие струйчатые водопады-прядуны. Они выработали глубокие гроты на отвесных склонах эрозионных уступов в верховьях долин Джинальского хребта. Постоянное увлажнение коренных

пород над водопадными уступами стимулирует процессы выветривания и выработку крупных гротов.

Восточнее долины Енисея, в области распространения сибирских траппов, субгоризонтально залегающие вулканические покровы формируют в тальвегах долин плосковершинные со скалистыми склонами останцовые горы (“полканы”). Здесь струйные водопады и каскады на скальных стенках оформляют узкие долинные котловины озер плато Путорана, расположенного на северо-западе Красноярского края. Последние иногда обозначаются как “озе-

ра-трещины”: зоны растяжения на периферии сводового поднятия Путорана, проработанные (переуглубленные) плейстоценовыми ледниками. Геоморфологические ситуации напоминают норвежские фиорды, где распространены склоновые струйные водопады и каскады, но небольших размеров. В протяженных магистральных долинах южнее Путораны есть довольно крупные долинные водопады. Несколько большей информацией мы обладаем о водопадах Восточного Саяна и расположенных вокруг Байкала. По реке Шумилихе в Баргузинском заповеднике каска-

ды приурочены к ригелям ледниковых долин. Небольшой водоскат характерной формы находится в устье р. Ледяной севернее Кедровских мысов на западном побережье Северного Байкала. На южной скуле мыса Котельниковского р. Куркула в приустьевой части образует antecedентную долину, прорезающую береговой низкогорный массив, в котором водоток падает с уступа высотой несколько метров. Река покидает широкую долину, выходящую к Байкалу севернее мыса Котельниковского, резко поворачивает на юг и формирует узкую antecedентную долину в береговом низкогорье.

Водопады, разнообразные по форме, за-

нимают особое место в комплексе эрозионно-аккумулятивных процессов в речных долинах. Процесс попятной эрозии в водопадах представлен в самой "чистой" форме, но есть случаи, которые демонстрирует водопад Виктория на р. Замбези, где попятная эрозия трансформируется в своеобразную форму бортовой деятельности и распространяется по всей высоте борта долины в отличие от боковой эрозии. Благодаря этой бортовой эрозии вырабатываются борта ущелистых долин, в плане представляющих собой угловатые извилины, лишь внешне напоминающих врезанные меандровые излучины. Здесь мы встречаемся с интерес-

ной формой геоморфологической конвергенции.

Другая особенность водопадных систем (в их верхних бьефах) – распластывание водотоков перед эрозионными уступами. Сами водопады приобретают подковообразный облик и таким образом участвуют не только в отступании вверх по реке, но и активно вырабатывают крутые борта долин ниже по течению. Такую ситуацию бортовой эрозии наиболее наглядным образом демонстрирует водопад Игуасу.

Увидеть в природе хотя бы небольшой водопад – это счастливое событие. Падающие вертикально водные струи и завораживают, и вносят в наши души прекрасное, навек запоминаемое.

Информация

Глобального потепления не предвидится

Ведущие ученые-климатологи признали, что прогнозы о глобальном потеплении и сокращении толщины ледяного покрова Антарктики были ошибочными. По данным доклада Межправительственного совета по борьбе с измене-

нием климата (МСБИК), с 1951 г. уровень температуры на планете повышается со скоростью 0,12°C в десятилетие. В предыдущем исследовании МСБИК приведены более динамичные темпы – 0,13°C, это существенное отличие в долгосрочной перспективе.

Между тем многолетние замеры позволили сделать вывод, что с 1997 г. температура на нашей планете не претерпела никаких значительных изменений. Более того, реконструкция температуры средневековой климатической аномалии

950–1250 гг. показала ее идентичность температуре начала XXI в.

Ученые объясняют эти противоречия в исследованиях тем, что компьютерные модели, на основе которых составляются прогнозы, не учитывают естественную изменчивость климата, преувеличивая эффект влияния промышленных выбросов оксидов углерода на температуру воздуха, природных вод и почвы.

По материалам информ-
агентств,
19 сентября 2013 г.

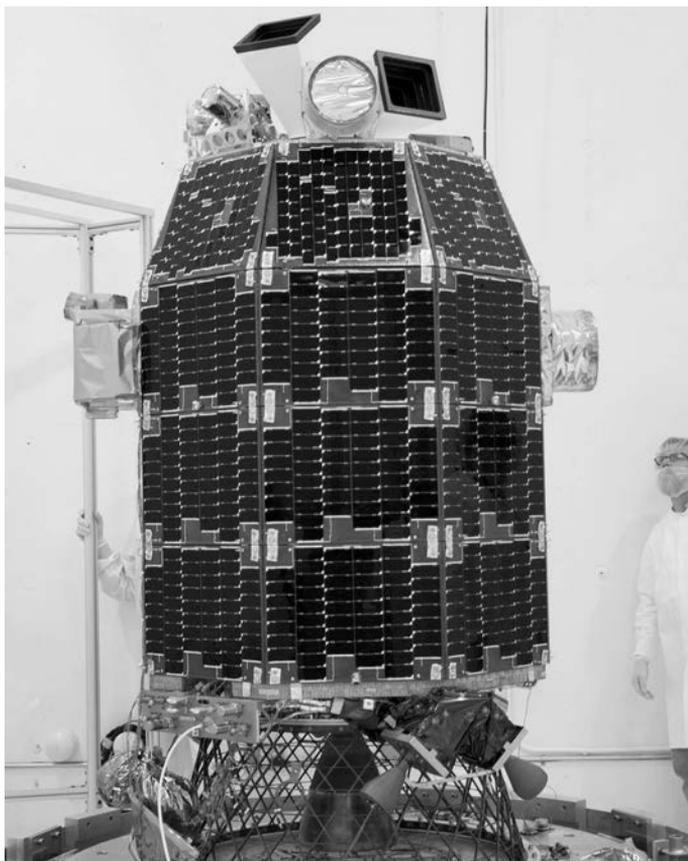
Новый американский ИСЛ

7 сентября 2013 г. РН “Минотавр-5” (“Minotaur-V”), стартовавшая с американского космодрома на острове Уоллопс (штат Вирджиния), успешно вывела АМС “LADEE” (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer – исследователь лунной атмосферы и пылевого окружения) на низкую околоземную орбиту высотой 197×300 км. Это первый запуск пятиступенчатой РН “Минотавр-5”, созданной частной корпорацией “Orbital”. 13, 21 сентября и 1 октября станция выполнила три маневра для повышения апогея орбиты. Она оставалась 23 дня на высокоэллиптической околоземной орбите высотой 200×278 тыс. км с наклоном $37,65^\circ$. 6 октября во время подлета к Луне станция с помощью бортового двигателя произвела торможение и вышла на первоначальную окололунную орбиту высотой в апоселении 750 км. 12 октября “LADEE” перешла на круговую окололунную орбиту высотой 235 км. Затем в течение 30 сут высота окололунной орбиты постепенно понижалась до рабочей – около 50 км (см. стр. 1 обложки). Научные исследования “LADEE” на около-

лунной орбите высотой 12–150 км продлятся 100 сут – до марта 2014 г.

“LADEE” построена по принципу конструктора: различные блоки в дальнейшем могут быть использованы при сборке других АМС для полета к Луне или околоземным астероидам. Эта лунная станция (размеры – $1,85 \times 1,85 \times 2,37$ м, масса – 383 кг, в том числе масса на-

учной аппаратуры – 49,6 кг) предназначена для исследования газопылевой оболочки Луны. Напомним, что в 1 см^3 лунной атмосферы 10 тыс. атомов гелия, аргона, натрия и некоторых других элементов. Примерно такая же плотность у земной атмосферы на высоте орбиты МКС – более 400 км, где молекулы газов почти не взаимодействуют друг

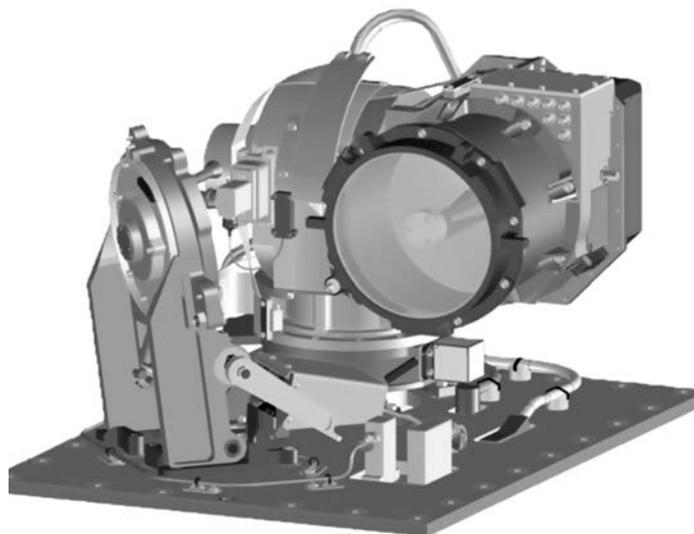


Подготовка к запуску АМС “LADEE” в Исследовательском центре Эймса (NASA). Корпус станции покрыт панелями солнечных батарей. Вверху установлены датчик пыли и спектрометр ультрафиолетового и видимого диапазонов, слева – нейтральный масс-спектрометр, справа – демонстратор технологии космической лазерной связи, внизу – двигатели. Фото NASA.

Демонстратор технологии космической лазерной связи AMC "LADEE". Рисунок NASA.

с другом. В задачи полета "LADEE" входит определение общей плотности, состава и изменчивости экзосферы Луны; причины рассеянного свечения у горизонта, которое астронавты кораблей "Аполлон" наблюдали в 10 км от лунной поверхности вскоре после захода Солнца и перед рассветом; размеров, формы и пространственного распределения частиц космической пыли. Ученые рассчитывают выяснить, как падение метеоритов влияет на газопылевую оболочку и как ведет себя электризованная пыль. Результаты исследования помогут понять, есть ли смысл открывать на Луне обсерватории, узнать, какое влияние может оказать лунная атмосфера на будущих колонистов. Планируется провести испытания системы двусторонней лазерной связи, которая позволит увеличить скорость передачи данных до 622 Мбит/с – это в десять раз больше скорости существующих систем дальней космической связи.

На борту аппарата размещены три прибора и де-



монстратор для проведения эксперимента по лазерной связи между Луной и Землей. Спектрометр, работающий в ультрафиолетовом и видимом диапазонах, предназначен для изучения состава лунной атмосферы (аналогичный установлен на марсоходе "Кьюриосити"). Он реагирует на воду или на молекулы гидроксила, которые образуются при разрушении воды под действием солнечного ультрафиолета. Нейтральный масс-спектрометр регистрирует плотность и состав экзосферы Луны (такой же работал на КА "LCROSS"), датчик пыли – частицы космической пыли размером 0,1–1 мкм (такого же назна-

чения инструменты первого поколения находились на AMC "Галилео", "Улисс" и "Кассини").

«С "Лунным орбитальным разведчиком" ("LRO"), который еще работает на окололунной орбите, мы исследовали значительную часть поверхности Луны, с помощью зондов "GRAIL" мы проникли в ее недра, а теперь с "LADEE" мы начинаем исследовать таинственную лунную атмосферу», – сказал на пресс-конференции заместитель руководителя NASA Джон Грансфельд.

Пресс-релизы NASA,
7 сентября, 6 и 12 октября
2013 г.

Трещины на Европе

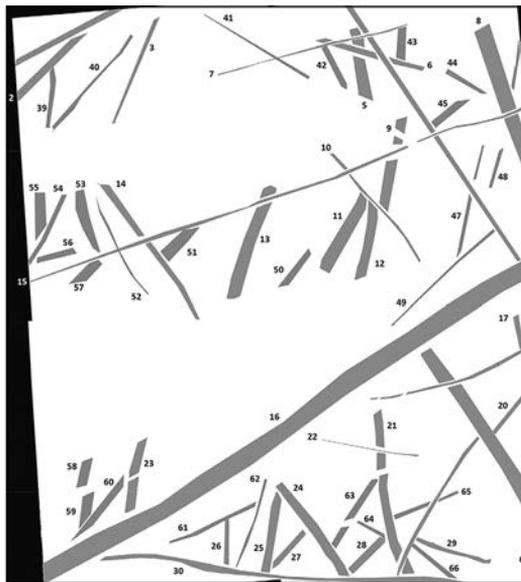
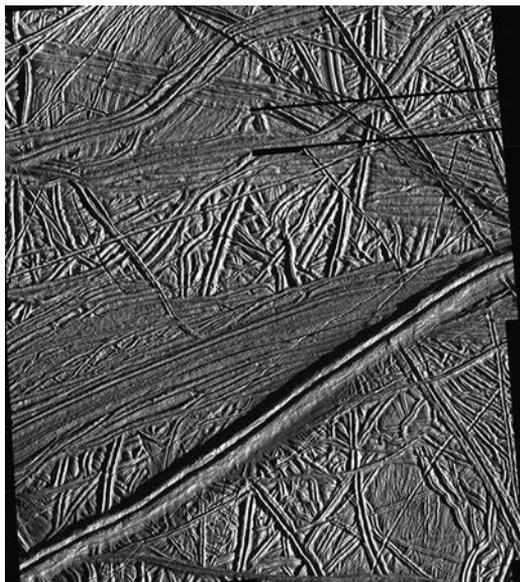
Детальный анализ многочисленных трещин (линеаментов) на ледяной поверхности Европы выявил, почему они возникают. Первая причина: из-за гравитационного воздействия Юпитера ледяная кора Европы испытывает переменные нагрузки, приливная волна подледного океана поднимается на 30 м, образуя трещины. Вторая причина: колебания угла наклона оси вращения (прецессия) этого спутника Юпитера.

Трещины постоянно трансформируются, изменяя со временем направление движения. Это происходит потому, что ледяная кора вращается немного с другой скоростью, чем ядро, подобно коре и ядру Земли.

Мозаичное изображение района экватора Европы, составленное из снимков, полученных в 1996–1999 гг. АМС “Галилео” во время шести пролетов вблизи этого спутника (см. стр. 2 обложки, вверху), сопоставили с тремя моделями возникновения на нем трещин. Согласно первой, ледяная оболочка вращалась быстрее Европы, приверженцы второй модели утверждают, что она вращалась с разным углом наклона к оси, а сторонники третьей – что трещины образовывались случайным

образом. Как выяснилось, на возникновение трещин влияет не вращение разных слоев спутника, а колебания угла наклона оси. Он может меняться до нескольких градусов в день, завершая полный цикл прецессии за несколько месяцев. Если изменения в наклоне оси вращения велики, то нагрев подледного океана Европы увеличивается, значит, ледяная кора, скорее всего, значительно меньше сотни километров, как считалось ранее. Это улучшает перспективы исследования водоема на спутнике Юпитера, по количеству воды превосходящего все океаны Земли.

Пресс-релиз NASA,
18 сентября 2013 г.



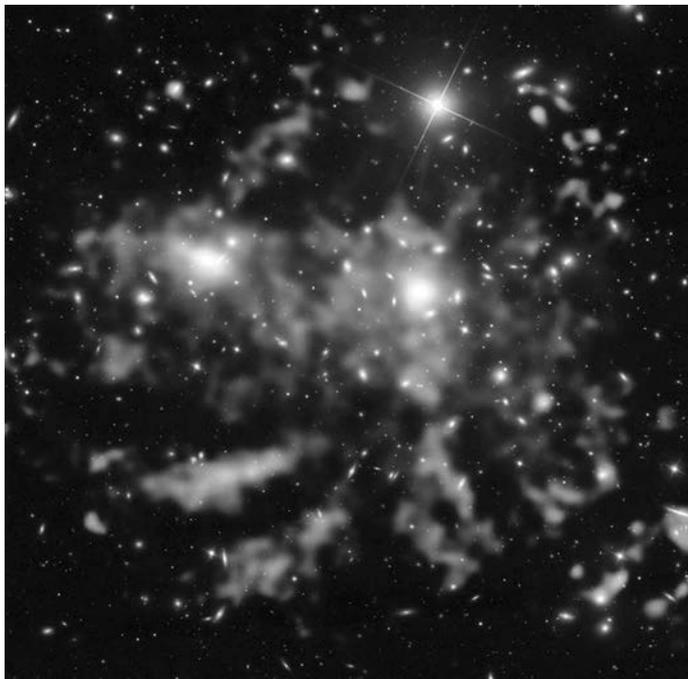
Фрагмент области Ярких Равнин (Bright Plains) в районе экватора Европы, спутника Юпитера. Слева – сеть пересекающихся трещин в ледяной коре, образовавшихся из-за колоссальных приливов и отливов, справа – морфологическая схема того же участка. Фото и рисунок NASA/JPL.

Исследование сверхскопления

Астрономы обнаружили громадные рукава раскаленного газа, где в галактическом сверхскоплении Волосы Вероники (скопление Кома, Abell 1656; 323 млн. св. лет от нас) идет звездообразование. Это одно из крупнейших сверхскоплений во Вселенной (55,4 млн. св. лет), оно состоит из скопления Льва и нескольких меньших скоплений галактик. В его центре расположены сверхгигантские эллиптические галактики NGC 4874 и NGC 4889.

Исследования провели астрономы из Европейского космического агентства с помощью космических рентгеновских обсерваторий “Чандра” и “ХММ-Newton”. Подробные результаты опубликованы в сентябрьском выпуске журнала “Science”.

На изображении сверхскопления Abell 1656, со-



Сверхскопление галактик Волосы Вероники (скопление Кома, Abell 1656), находящееся в 323 млн. св. лет от Земли. Хорошо видны длинные рукава из горячего газа. Изображение создано в 2013 г. из снимков, полученных космическими рентгеновскими обсерваториями “Чандра” и “ХММ-Newton”. Фото Дж. Сандерс, NASA/ESA.

ставленном из снимков рентгеновского и видимого диапазонов, выделяется структура рукавов, простирающихся на миллионы световых лет. Внутри газовых рукавов обнаружены многочисленные звезды на ранних стадиях эволюции. Полученные данные помогут ученым понять, как

сформировалось одно из самых крупных галактических скоплений во Вселенной. Считается, что оно образовалось в результате слияния групп и скоплений галактик, которые гравитационно связаны между собой.

Пресс-релиз ESA,
22 сентября 2013 г.

“Кьюриосити”: метан на Марсе не обнаружен

С октября 2012 г. по июнь 2013 г. марсоход “Кьюриосити” шесть раз анализи-

ровал образцы марсианской атмосферы в поисках метана, но положительного результата получить не удалось.

По расчетам ученых, в настоящее время содержание метана в атмосфере Марса не превышает 1,3 части на миллиард. Ранее концентрация метана достигала 45 частей на миллиард, что могло бы свидетельствовать о существовании его биоло-

гического источника на планете (Земля и Вселенная, 2009, № 3, с. 66).

Предположение о том, что метан мог рассеяться, ученые отвергают. Как поясняет Сушил Атрейя из Мичиганского университета, метан является достаточно устойчивым газом.

Пресс-релиз NASA,
22 сентября 2013 г.



Фрагмент панорамы кратера Гейла на Марсе. В этом месте “Кьюриосити” взял пробы из атмосферы. Изображение получено 24 июля 2013 г., на 343-й марсианский день, с помощью телекамеры Mastcam марсохода “Кьюриосити”. Фото NASA.

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

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”
(I полугодие 2014 г.) во всех отделениях связи.
Подписаться можно и по Интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте Почта России.
Подписной индекс – 70336.*

**Заведующая редакцией Г.В. Матророва
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 10.11.2013. Подписано в печать 30.12.2013. Дата выхода в свет 13 нечет.

Формат 70 × 100¹/₁₆ Цифровая печать
Уч.-изд.л. 12,3 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отт. 3,9 тыс. Бум.л. 3,5
Тираж 415 Зак. 1885 Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: Российская академия наук. Издательство “Наука”
117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 119049, 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