

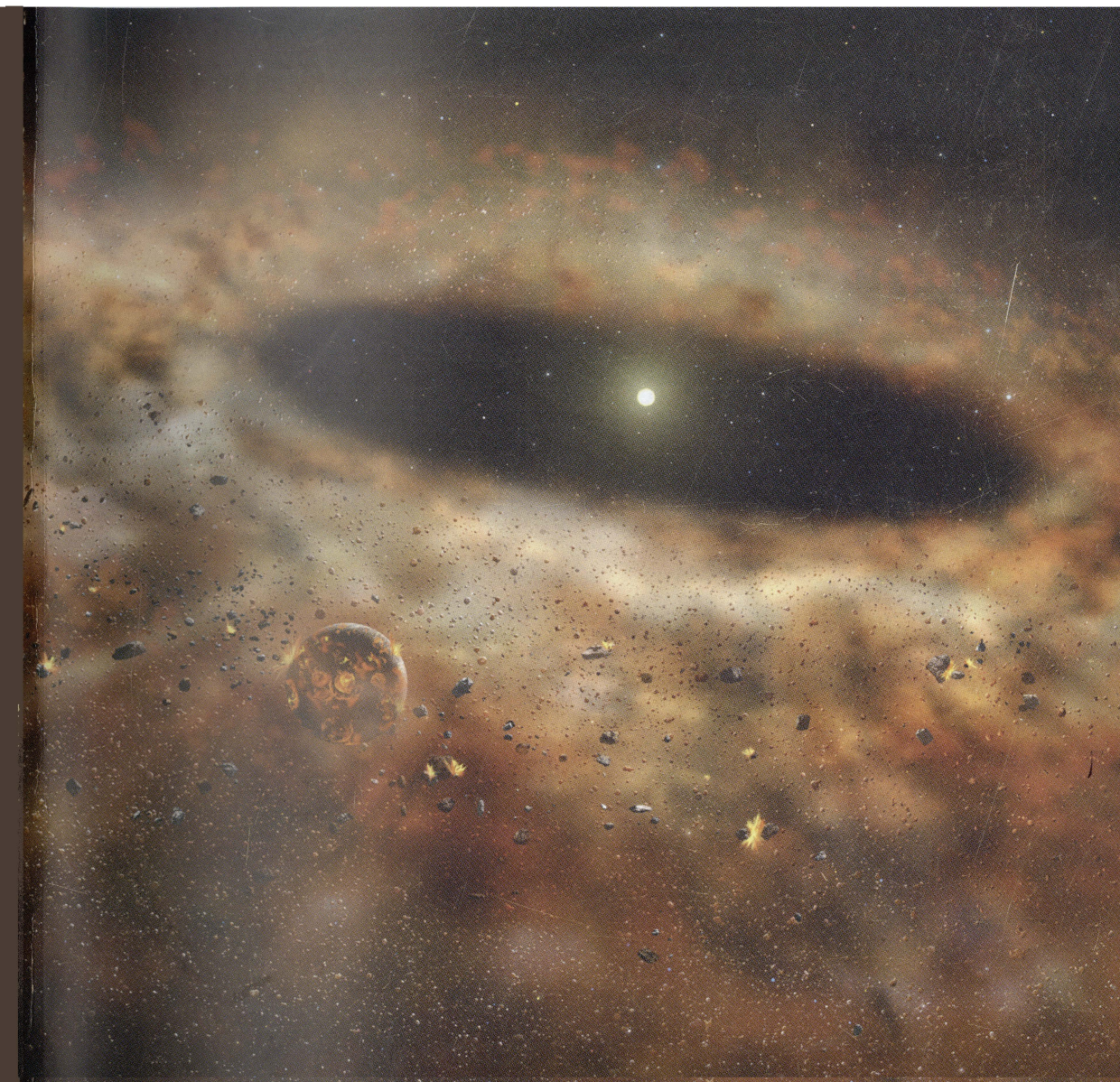
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

МАЙ-ИЮНЬ

3/2017





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

3/2017



Новости науки и другая информация:

Странная форма жизни [44]; Был век наш нужен Королёву, а веку – нужен Королёв [45]; Самое большое изображение туманностей [58]; 50 лет трагедии на космодроме Канаверал [59]; Американский “прорыв” [60]; “Кассини”: детальные снимки колец Сатурна [72]; Новый коронограф для поиска экзопланет [86]; Самые грандиозные события во Вселенной [87]

Новые книги: Новая книга о С.П. Королёве [17]; Монография о Вселенной [48]

В номере:

- 3 ЗЕЛЁНЫЙ Л.М., ЗАХАРОВ А.В., БОРИСОВА Т.А. Лунная пыль
18 АКИМКИН В.В. Протопланетные диски: эпоха великих космогонических открытий
30 ШЕРСТЮКОВ Б.Г. Изменения климата: причины и прогноз

ЛЮДИ НАУКИ

- 49 ПЕРОВ С.П. Стивен Хокинг (к 75-летию со дня рождения)
62 ГЕРАСИЮТИН С.А. Владимир Михайлович Комаров (к 90-летию со дня рождения)

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 74 БЕЦИС Д.С. Симпозиум по исследованиям Солнечной системы

СЛУЖБА СОЛНЦА

- 88 ИШКОВ В.Н. Солнце в декабре 2016 г. – январе 2017 г.

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 91 РАГУЛЬСКАЯ М.В. Раннее Солнце, физические условия на ранней Земле и происхождение жизни: совместимые модели

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 107 ЩИВЬЁВ В.И. Небесный календарь: июль–август 2017 г.



© Российская академия наук, 2017
© ФГУП “Издательство “Наука”, 2017
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная”. Составление, 2017

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Profsoyuznaya str., 90, 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; Deputy Editor V.M. Kotlyakov; Deputy Editor S.P. Perov

На стр. 1 обложки: Художественное изображение формирования планет в протопланетном диске вокруг звезды. Рисунок NASA/JPL (к статье В.В. Акимкина).

На стр. 2 обложки: Вверху – дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт В.М. Комаров (к статье С.А. Герасютина). Внизу – экипаж КК «Аполлон-1»: В. Гриссом, Э. Уайт и Р. Чаффи на космодроме Космического центра им. Дж. Кеннеди, январь 1967 г. Фото NASA (к стр. 59).

На стр. 3 обложки: Эмиссионные туманности NGC6334 «Кошачья Лапа» (вверху слева) и NGC 6357 «Лобстер» (внизу справа) в созвездии Скорпион. В них происходит активное звездообразование: горячие звезды заставляют светиться красным окружающий их водород. В густо заполненном деталями поле заметны темные газопылевые облака. Изображение получено в январе 2017 г. с помощью широкоугольного 2,6-м телескопа VLT Европейской Южной Обсерватории. Фото ESO (к стр. 58).

На стр. 4 обложки: Сливающиеся скопления галактик Abell 3411 и Abell 3412 в созвездии Возничего (2 млрд св. лет от нас). Вверху – огромное голубое облако раскаленного газа окутывает Abell 3411. Слева внизу и в центре – извергаются длинные красные джеты из двух сверхмассивных черных дыр. Сильные электромагнитные поля ускорили движение облаков газа (внизу, красного цвета) от третьей сверхмассивной черной дыры. Снимок получен космической обсерваторией «Чандра». Фото ESO, NASA (к стр. 87).

In this issue:

- 3 ZELENYI L.M., ZAKHAROV A.V., BORISOVA T.A. Moon Dust
- 18 AKIMKIN V.V. Protoplanetary Disks: Epoch of Great Cosmogonic Discoveries
- 30 SHERSTYUKOV B.G. Climate Changes: Causes and Forecast

PEOPLE OF SCIENCE

- 49 PEROV S.P. Stephen Hawking (to the 75th Anniversary of Birth)
- 62 GERASYUTIN S.A. Vladimir Mikhaylovich Komarov (to the 90th Anniversary of Birth)

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 74 BETSIS D.S. Symposium on Solar System Studies

SOLAR MONITORING SERVICE

- 88 ISHKOV V.N. The Sun in December 2016 – January 2017

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 91 RAGULSKAYA M.V. Early Sun, Physical Conditions on the Early Earth and Origin of Life: Compatible Models

AMATEUR ASTRONOMY

- 107 SHCHIV'YOV V.I. Celestial Calendar: July–August 2017

Редакционная коллегия:

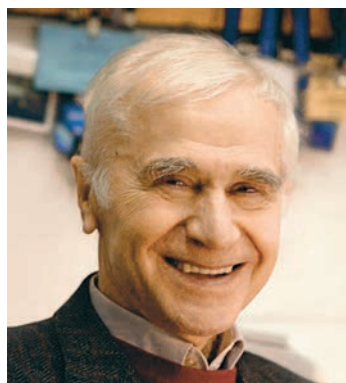
и. о. главного редактора доктор физ.-мат. наук С.П. ПЕРОВ,
зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ,
летчик-космонавт П.В. ВИНОГРАДОВ,
кандидат филологических наук О.В. ЗАКУТНЯЯ,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ, доктор исторических наук К.В. ИВАНОВ,
летчик-космонавт А.Ю. КАЛЕРИ, кандидат физ.-мат. наук О.Ю. ЛАВРОВА,
доктор физ.-мат. наук А.А. ЛУТОВИНОВ, доктор физ.-мат. наук О.Ю. МАЛКОВ,
доктор физ.-мат. наук И.Г. МИТРОФАНОВ, академик И.И. МОХОВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К.А. ПОСТНОВ,
доктор физ.-мат. наук М.В. РОДКИН,
научный директор Московского планетария Ф.Б. РУБЛЁВА,
член-корр. РАН А.Л. СОБИСЕВИЧ, член-корр. РАН В.А. СОЛОВЬЁВ,
академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК, доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО,
член-корр. РАН Б.М. ШУСТОВ

Лунная пыль

Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
академик
директор Института космических исследований РАН
Вице-президент Российской академии наук

А.В. ЗАХАРОВ,
доктор физико-математических наук
Институт космических исследований РАН

Т.А. БОРИСОВА,
доктор биологических наук
Институт биохимии им. А.В. Палладина
Национальной академии наук Украины



“Море Жажды заполнено не водой, а пылью. Вот почему оно кажется людям таким необычным, так привлекает и завораживает. Мелкая, как тальк; суше, чем прокаленные пески Сахары, лунная пыль ведет себя в здешнем вакууме словно самая текучая

жидкость. Урони тяжелый предмет, он тотчас исчезнет – ни следа, ни всплеска... Передвигаться по этой коварной поверхности нельзя, разве что на двухместных пылекатах, специально созданных для этого”, – так писал английский писатель Артур Кларк

в своей повести “Лунная пыль”, опубликованной в 1961 г., еще до триумфальных экспедиций советских автоматических станций серии “Луна” и американской программы “Аполлон” (Земля и Вселенная, 1998, № 4; 1989, № 5; 2009, № 5).



Обложки книг А. Кларка “Лунная пыль”, изданных в США (1974 г.) и в России (2012 г.).

первых посадочных лунных станций. Некоторые специалисты полагали, что естественный спутник Земли за миллиарды лет своего существования покрылся мощным слоем пыли, и аппарат после посадки, не почувствовав опоры, утонет в этой пыли. Приблизительно так развивается сюжет экспедиции пылеката “Селена” по поверхности Луны в фантастической повести Артура Кларка. Очевидно, от свойств поверхности, на которую должен сесть посадочный аппарат, зависит его конструкция. Вопрос стоял критически, и С.П. Королёв со свойственной ему решимостью принял волевое решение: “Луна – твердая”.

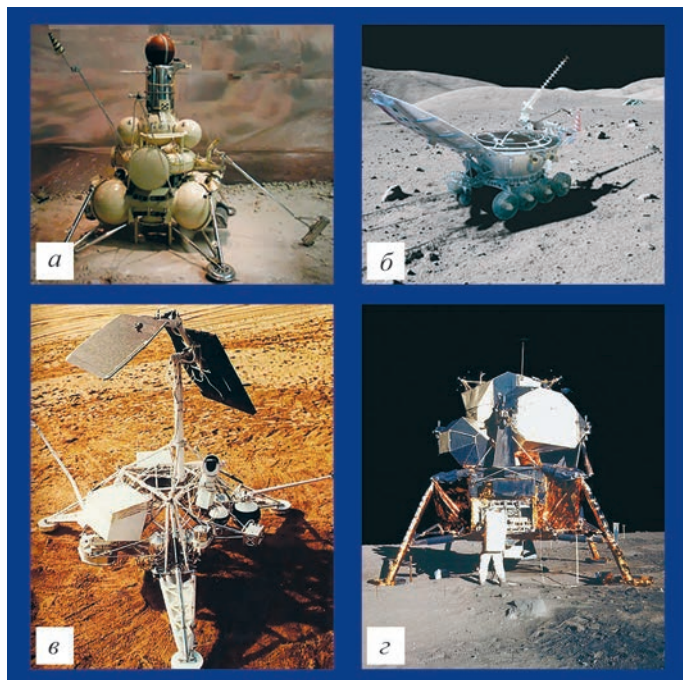
В 1966 г. советская автоматическая станция “Луна-9” впервые совершила мягкую посадку на лунную поверхность (Земля и Вселенная, 2006, № 2). Станция передала снимки рельефа

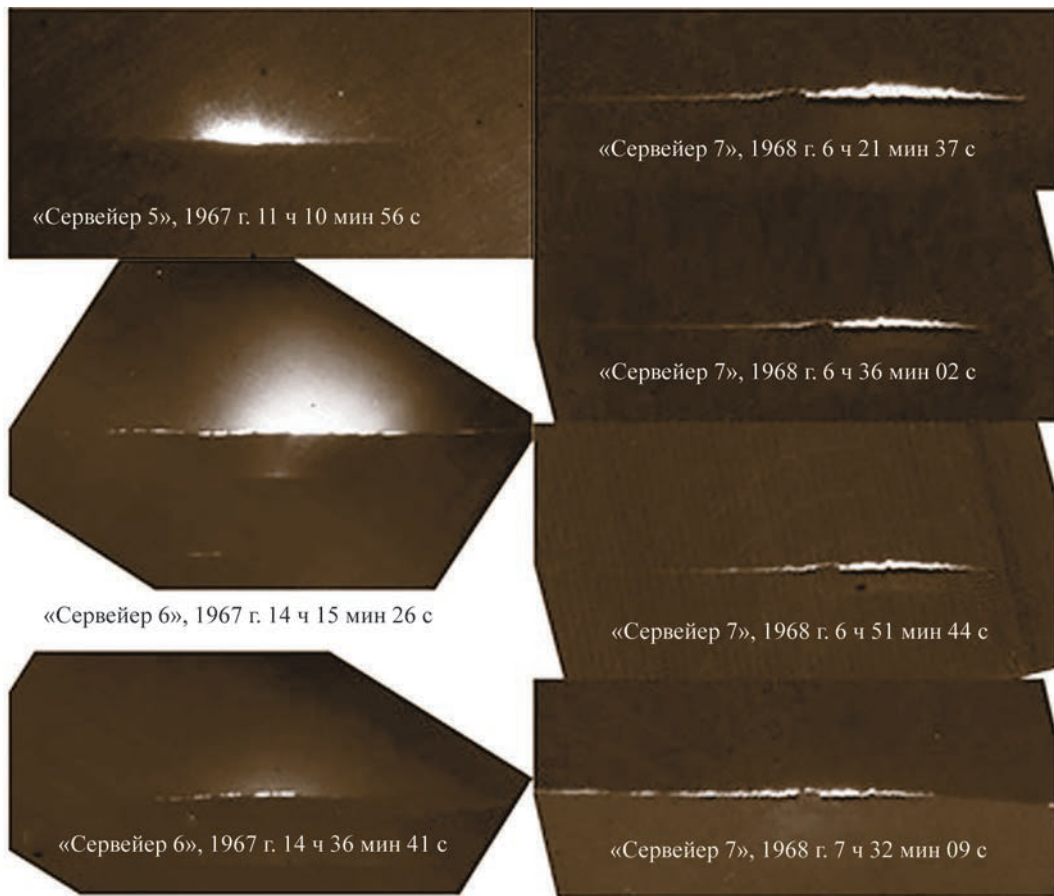
Советские автоматические станции “Луна-16” – а) и “Луноход-1” – б), американская АМС “Сервейер” – в) и лунный модуль КК “Аполлон-11” – г). Рисунки, фото ИКИ РАН и NASA.

ЧТО ЖЕ ТАКОЕ
ЛУННАЯ ПЫЛЬ?

По-видимому, впервые этот вопрос в практическом его значении

стоял перед Главным конструктором академиком С.П. Королёвым и советскими конструкторами, когда они начали проектирование





Свечение вблизи поверхности Луны, зафиксированное телевизионными камерами посадочных аппаратов АМС «Сервейер-5, -6 и -7». Фото NASA.

поверхности Луны, по которым оценена толщина пылевого слоя в месте посадки. С тех пор, в 1960-х – 1970-х гг. в СССР и США выполнили серию блестящих исследований Луны. Пожалуй, наиболее продуктивными для ранних исследований Луны и свойств ее реголита стали советские

«Луноход-1» («Луна-17») и «Луноход-2» («Луна-21»); АМС «Луна-16, -20 и -24» по доставке на Землю образцов грунта; американские автоматические посадочные аппараты «Сервейер» («Surveyor») и пилотируемые экспедиции по программе «Аполлон» (Земля и Вселенная, 1966, № 6; 1968, № 2; 1973, № 5; 1975, № 3; 2005, № 2). Именно эти исследования заложили основу современных представлений о Луне, лунной пыли и ее особенностях, которые

до сих пор полностью не раскрыты.

НАБЛЮДЕНИЯ ПЫЛИ
НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ЛУНЫ

Впервые пылевые частицы, поднимающиеся над поверхностью Луны, были зарегистрированы в 1967–1968 гг. американскими лунными посадочными аппаратами «Сервейер-5, -6 и -7». Сразу после захода Солнца телевизионные камеры станций сфотографировали на лунном горизонте свечение вблизи поверхности



Американский ИСЛ “Клементина”. Рисунок NASA.

американского ИСЛ “Клементина” (“Clementine”; Земля и Вселенная, 1997, № 5) в 1994 г.

Регистрация пылевых частиц в экзосфере Луны была впервые выполнена с помощью прибора LEAM (Lunar Ejecta and Meteorite – лунные выбросы и метеориты), развернутого на ее поверхности астронавтами экспедиции “Аполлон-17”. Прибор LEAM создан для регистрации высокоскоростных (1–25 км/с) микрометеоритов, но один из детекторов имел возможность фиксировать низкоскоростные частицы. Именно данные этого детектора дали неожиданные результаты о достаточно высоких потоках низкоскоростных частиц, летящих со скоростью 100–1000 м/с, не связанных с потоками микрометеоритов. Заряд этих частиц обычно составлял 10^{-12} Кл (что соответствует заряду нескольких миллионов электронов). За время работы прибора (в течение 2 лунных суток) максимальная скорость счета детекторов наблюдалась в районе терминатора, причем наиболее значительное увеличение потоков низкоскоростных частиц происходило в районе восхода

Луны (low altitude horizon glow – свечение невысоко над горизонтом) на высоте 10–30 см, которое наблюдалось в течение нескольких часов после захода Солнца. Проанализировав эти фотографии и условия съемки, ученые сделали заключение о том, что наблюдаемое свечение вызвано рассеянием солнечного света на частицах 5–10 мкм, парящими над лунной поверхностью. В ходе полетов кораблей “Аполлон” астронавты обнаружили, что солнечный свет рассеивается около лунного терминатора, вызывая “свечение над горизонтом”. Этот феномен наблюдался с темной стороны Луны во время закатов и рассветов с посадочных аппаратов, такое же явление наблюдали астронавты на лунной орбите. Рассеяние явилось

неожиданностью, так как до этого считалось, что Луна практически не обладает атмосферой.

Признаки рассеяния света на пылевых частицах над лунной поверхностью обнаружены также по данным астрофотометра самоходного аппарата “Луноход-2” в 1973 г. Измерения выполнялись в тени, когда Солнце находилось на 1 градус ниже горизонта. Астрофотометр был направлен в зенит, и оценки показали, что облако пыли, которое рассеивало солнечный свет, находилось на высоте примерно 260 м от поверхности Луны.

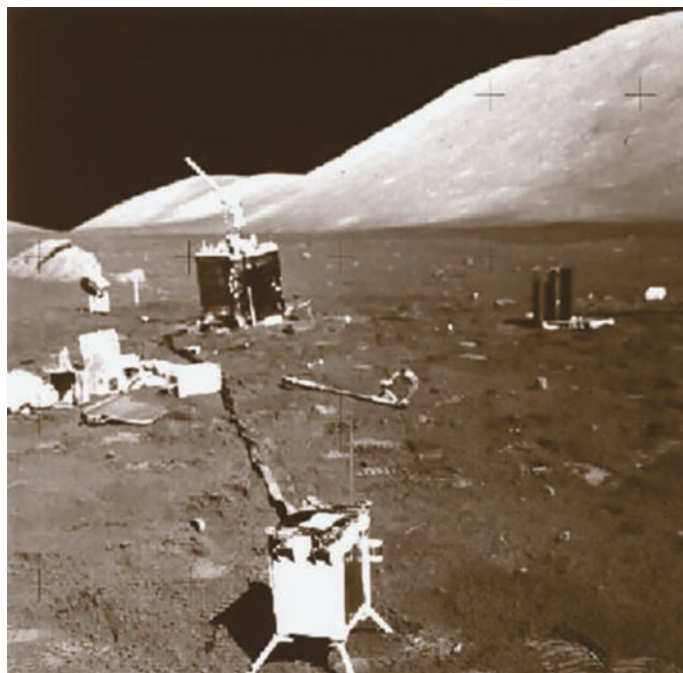
Кроме того, астронавты командного отсека КК “Аполлон-17” с лунной орбиты в декабре 1972 г. также получили изображения свечения над лунным горизонтом, это подтвердили показания звездного датчика

Прибор LEAM на лунной поверхности (на первом плане), установленный в декабре 1972 г. астронавтами КК "Аполлон-17". Фото NASA.

Солнца (до 110 пылинок в интервале 3 ч). В районе захода Солнца также наблюдалось увеличение скорости счета, но значительно меньше (10–15 событий за 3 ч).

Для регистрации пылевых частиц на высотах в несколько десятков километров над поверхностью Луны в 2013 г. был выполнен эксперимент LDEX (The Lunar Dust Experiment – лунный пылевой эксперимент) на американском лунном спутнике "LADEE" (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer – исследователь лунной атмосферы и пылевого окружения; Земля и Вселенная, 2014, № 1, с. 106–107). Близкая к экваториальной орбита автоматической станции располагалась на высотах 20–100 км. Прибор LDEX представлял собой ударный детектор, регистрирующий частицы, образовавшиеся в результате ионизации мишени. В результате выполнения эксперимента регистрировалась приблизительно 1 частица в минуту.

Космический аппарат "LADEE" (США) на орбите Луны. Рисунок NASA.



Размер частиц соответствовал в среднем 0,3 мкм. Сделано заключение о том, что находящиеся на орбите Луны пылевые частицы представляют собой микрометеорные потоки, обычно появляющиеся вблизи орбиты Земли.

Во многом именно наблюдения при поверхностных свечениях и результаты эксперимента с помощью прибора LEAM явились толчком для развития теоретических основ динамики пылевых частиц вблизи лунной поверхности.

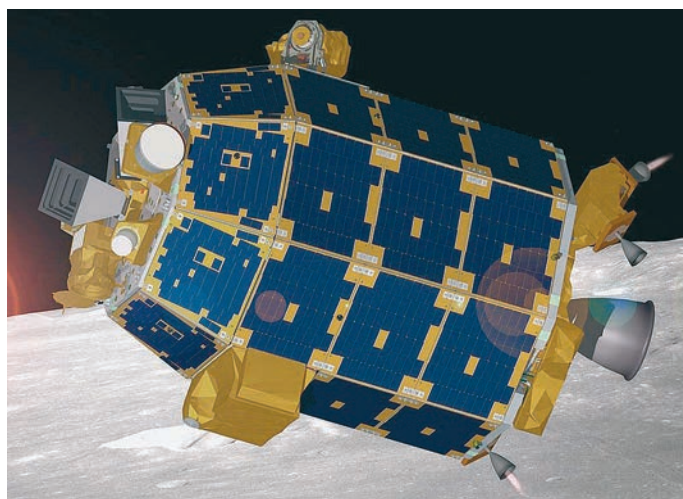




График регистрации пылевых частиц в трехчасовом интервале над поверхностью Луны прибором LEAM за период 22 лунных суток. Значительное увеличение скорости счета пылинок зарегистрировано за несколько часов до и после пересечения терминатора, особенно при восходе Солнца. По данным NASA.

Оказалось, что приповерхностное свечение может стать результатом левитации пылевых частиц, поднимающихся с поверхности Луны под действием электростатических полей; они особенно сильны в районах терминатора.

ФОРМИРОВАНИЕ ЛУННОГО РЕГОЛИТА

Лунный грунт (реголит) – рыхлый, разнотельный обломочно-пылевой слой, достигающий толщины от сантиметров до нескольких десятков метров; состоит из обломков пород ударно-взрывного происхождения, минералов, стекла (Земля и Вселенная, 1969, № 4; 1972, № 2). Реголит сформировался (и постоянно модифицируется) в результате переработки магматических пород под действием факторов кос-

мического пространства – интенсивной метеорной бомбардировки, постоянного солнечного и космического излучений. Микрометеорная бомбардировка, длившаяся на протяжении всей геологической истории Луны, в результате высокоскоростных ударных процессов разрушает кристаллические горные породы. Каждый год на Луну попадает около 10^6 кг метеороидов кометного и астероидного происхождения. Скорость падения на Луну большинства частиц составляет 10–72 км/с, они имеют размеры от 10 нм до 1 мм. Эти параметры микрометеороидов определяются по характеристикам микрократеров, которые они формируют на поверхности Луны. Поток микрометеороидов на 1 а.е. (у Луны) оценивается приблизительно в 100 частиц/м² в

сутки. Значительная доля вещества, выбрасываемого с поверхности Луны в результате высокоскоростного удара о ее поверхность, падает обратно на лунную поверхность, формируя слой реголита, толщина которого варьируется от 5 м на лунных морях до порядка 10 м на материковых областях. Микронные и субмикронные частицы реголита, выброшенные в результате высокоскоростных ударов микрометеороидов и имеющие скорость, превышающую первую космическую – для Луны (~ 1,7 км/с), формируют пылевое облако вокруг нее.

В результате бомбардировки лунной поверхности высокоскоростными метеорными потоками происходит интенсивное механическое дробление коренной породы Луны, силикатов (основу которых составляет

кремний), их плавление; частичное испарение вещества, спекание фрагментов дробления и образование стеклянных частиц в результате этих процессов. Отдельные частицы тонкой фракции лунного реголита представляют собой спекшиеся фрагменты расплава после высокоскоростного удара микрометеорита.

Воздействие солнечного ветра и высокоэнергичных частиц солнечного и космического происхождения приводит к тому, что в реголит имплантируются ионы водорода и гелия (H^+ , He^{++}) и множество редких элементов. Постоянная переработка частиц реголита микрометеоритами, обогащенными водородом, приводит к плавлению вещества и химическим реакциям. В частности, водород соединяется с окислами железа, в результате образуются пары воды и субмикронные частицы металлического железа, спекающиеся в силикатную основу – стекло. Все эти процессы происходят до тех пор, пока переработанный реголит не покрывается слоем выбросов породы из рядом образовавшихся кратеров; затем процесс переработки новых порций реголита в тонкую фракцию продолжается. Плотность реголита, по данным “Луны-20”, составляет

от 1,04 до 1,8 г/см³ для различных образцов.

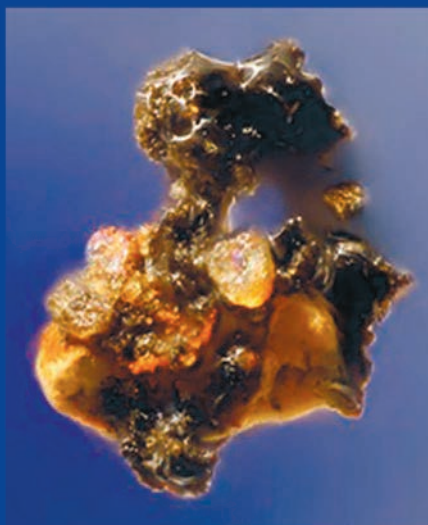
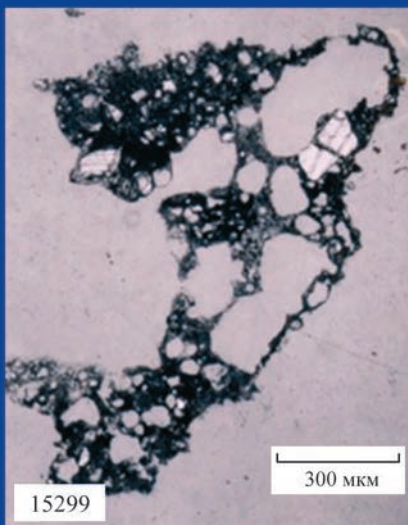
Верхний слой реголита можно рассматривать как хороший изолятор, который на освещенной части поверхности заряжается положительно в результате фотоэмиссии под действием солнечного ультрафиолетового излучения, в результате чего создается приповерхностное электрическое поле. Окружающая космическая плазма, солнечный ветер и возникающая в результате этих процессов динамика заряженных пылевых частиц верхнего слоя реголита образуют плазменно-пылевую экзосферу вблизи поверхности Луны. Высота подъема пылевых частиц зависит от многих факторов и может достигать десятков километров. В областях лунного терминатора и/или нерегулярностей поверхности (кратеры, камни), с резкими границами света и тени, могут возникать динамически нестабильные пылевые образования, контролируемые сильными электрическими полями, появляющимися из-за разницы потенциалов между соседними освещенными и теневыми областями поверхности.

свойства лунной пыли

Процессы переработки лунного реголита под действием разных фак-

торов космического пространства (в частности, в процессе выветривания – space weathering) не только сформировали лунный реголит, но и постоянно модифицируют его физические и оптические свойства. Частицы реголита размером менее десяти доли миллиметра определяются как лунная пыль, которая по массе составляет подавляющую его часть – 60–80%. Конечно, образцы, взятые из разных мест, отличаются. Частицы с характерными размерами (20–80 мкм) составляют по массе приблизительно половину всей лунной пыли. Исследования таких частиц – задача очень сложная, требующая разработки комплекса научных приборов, в том числе электронных и оптических микроскопов, микроанализаторов, позволяющих изучать их структуру и химический состав.

Формы отдельных частиц лунного реголита очень различаются друг от друга и могут иметь как сферическую, так и неправильную форму с ярко выраженными заостренными краями, что очень отличает их от земных аналогов. Для несферических частиц под “размером” обычно понимают диаметр эквивалентной сферы, или окружности. Плотность отдельных частиц обычно составляет 2,7–3,0 г/см³. К типичным образцам



агглютината относят пористое стекло с вплавленными частицами силикатной породы и железа.

Электрические свойства пылевых частиц характеризуются чрезвычайно низкой электрической проводимостью, порядка 10^{-14} Ом/м. При солнечном освещении электрическая проводимость увеличивается приблизительно в 10^6 раз. Эти характеристики лунного материала указывают на отсутствие воды в исследуемых образцах. Однако еще в 1970-х гг. в образце реголита, доставленном АМС "Луна-24", методом ИК-спектроскопии обнаружены следы воды – около 0,1%. В то время существовало устойчивое представление о Луне как об абсолютно безводном теле, крайне обедненном летучими компонентами... но тогда на это не

обратили внимания. Недавно по данным российского прибора LEND (The Lunar Exploration Neutron Detector – лунный исследовательский нейтронный детектор), установленного на американском ИСЛ "Лунный орбитальный разведчик" ("Lunar Reconnaissance Orbiter", "LRO"; Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 99–102), запущенном в 2009 г., стало известно, что в полярных областях реголит может содержать заметное количество воды. Поэтому следует осторожней относиться к величине диэлектрической проницаемости, полученной по образцам, взятым в низко- и среднеширотных областях аппаратами "Луна-16, -20 и -24" и астронавтами КК "Аполлон".

Чрезвычайно низкая электрическая проводимость указывает на то, что лунный реголит слабо

Частицы лунной пыли, состоящие из агглютината – пористого стекла с вкраплениями частиц силикатной породы и железа. Справа – образец, привезенный в июле 1969 г. астронавтами КК "Аполлон-11". Фото NASA.

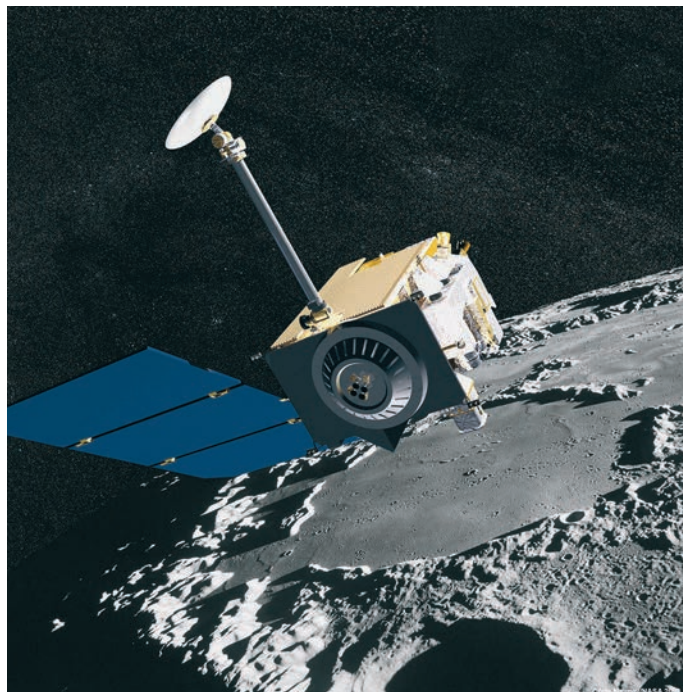
поглощает электромагнитную энергию. Кроме того, это указывает на тот факт, что лунный материал способен заряжаться и сохранять заряд в течение длительного времени. Низкая величина электрической проводимости может приводить к существенному фотоиндуцированному заряду лунной поверхности.

СВОЙСТВА ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЫ

Низкая электрическая проводимость лунного реголита и его способность

ИСЛ “Лунный орбитальный разведчик” исследует Луну. Рисунок NASA.

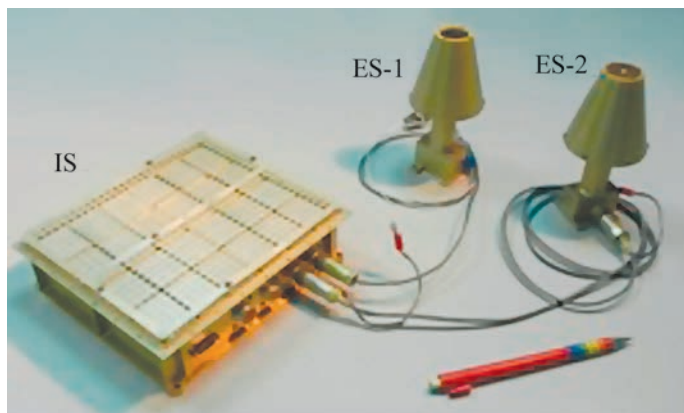
заряжаться под действием солнечного излучения – солнечного ветра (в основном, протоны и электроны) и ультрафиолетовой радиации (длины волн 10–400 нм, интенсивность – 125 Вт/м²), вызывающих фотоэмиссию, – может создавать эффективный электростатический заряд пылевых частиц верхнего слоя поверхности Луны. Измерения фотоэлектрических свойств образцов реголита, доставленных в 1969–1972 г. на Землю в результате выполнения программы “Аполлон”, показали, что поток фотоэлектронов с освещенной поверхности Луны в солнечном ветре (вне хвоста магнитосферы) составляет 4,5 мкА/м², а средняя кинетическая энергия фотоэлектронов – около 2 эВ. Эти параметры фототока позволили оценить плотность фотоэлектронов над поверхностью Луны приблизительно в 100 частиц/см³, а напряженность электрического поля – около 5 В/м. Плотность солнечного ветра в районе Земли (Луны) составляет менее 10 частиц/см³, то есть на порядок меньше плотности фотоэлектронов. Влияние электронов солнечного ветра на заряд освещенной части



поверхности Луны значительно меньше, чем фотоэмиссия. Результаты эксперимента SIDE, выполненного на поверхности Луны по программе “Аполлон”, позволили получить величину потенциала освещенной поверхности Луны вне магнитосферы Земли – она порядка 10 В, но этот параметр может достигать и значительно больших величин – до 200 В (в периоды, когда Луна пересекает “хвост” магнитосферы Земли).

Исследования, выполненные “Лунным орбитальным разведчиком”, на борту которого установлен российский прибор для регистрации потоков нейтронов от поверхности Луны LEND, выявили присутствие

областей, обогащенных водородом в приповерхностной зоне Луны на широтах выше 70° (Земля и Вселенная, 2010, № 3, с. 73; 2011, № 2, с. 107–108). Такие результаты могут быть обусловлены присутствием льда в приповерхностных областях Луны (Земля и Вселенная, 2010, № 4). Водород в виде атомарного, молекулярного водорода или водяного пара в лунном грунте может в значительной степени изменить характер процессов динамики пылевых частиц у поверхности Луны. Чувствительность участков поверхности Луны, обогащенных водородом, к фотоэмиссии оказывается значительно более высокой, чем



Блоки IS, ES-1 и ES-2 прибора, созданного в ИКИ РАН для регистрации пылевых частиц и измерений электростатического поля вблизи поверхности Луны. Фото ИКИ РАН.

у окружающих участков, что сказывается в конечном итоге и на процессе зарядки пылевых частиц и их динамике. С другой стороны, водород на поверхности реголита может значительно увеличивать его проводимость и таким образом влиять на величину заряда поверхности.

Заряженные пылевые частицы, находящиеся на поверхности Луны, под действием приповерхностного электрического поля могут подниматься, и облако таких частиц может левитировать – “парить” над ней. В данном случае это не совсем точно. Каждая частица определенной массы и заряда движется по своей траектории, определяемой соотношением электростатической и гравитационной сил. При этом даже во время полета заряд частиц может меняться из-за потери фотоэлектрона, или, наоборот, с приобретением заряженной частицы. Высота

подъема частиц зависит от их размеров, от положения Солнца, физических и химических свойств пылевых частиц. Именно множество таких заряженных частиц над поверхностью Луны создают пылевое облако, способное рассеивать солнечный свет и формировать приповерхностную экзосферу Луны. Она представляет собой плазменно-пылевую среду, нейтральные атомы, молекулы, приповерхностное электростатическое поле.

токсичность лунной пыли

Опыт выполнения программ исследования Луны автоматическими аппаратами (и в особенности в результате выполнения программы “Аполлон”) показал, что частицы лунной пыли обладают способностью активно воздействовать на их элементы и системы, что может приводить к неожиданным

технологическим проблемам. Пылевые микро- и наночастицы проникали в блоки приборов, в скафандры астронавтов, вызывали изменение тепловых режимов аппаратуры (перегрев), изменяли ее тепловые свойства, снижали эффективность тепловых радиаторов, оседали на солнечных батареях и оптике, попадали в движущиеся узлы механизмов, тем самым сокращая время работы и программу исследований. Известно, что лунная пыль затрудняла работу робототехнических систем, бурение грунта и другие механизированные работы. Уже после первой пилотируемой экспедиции (“Аполлон-11”) было обнаружено, что образцы лунной породы, собранные Нейлом Армстронгом и Эдвином Олдрином и герметично упакованные в алюминированном контейнере, разгерметизировались (Земля и Вселенная, 2014, № 3, с. 70).

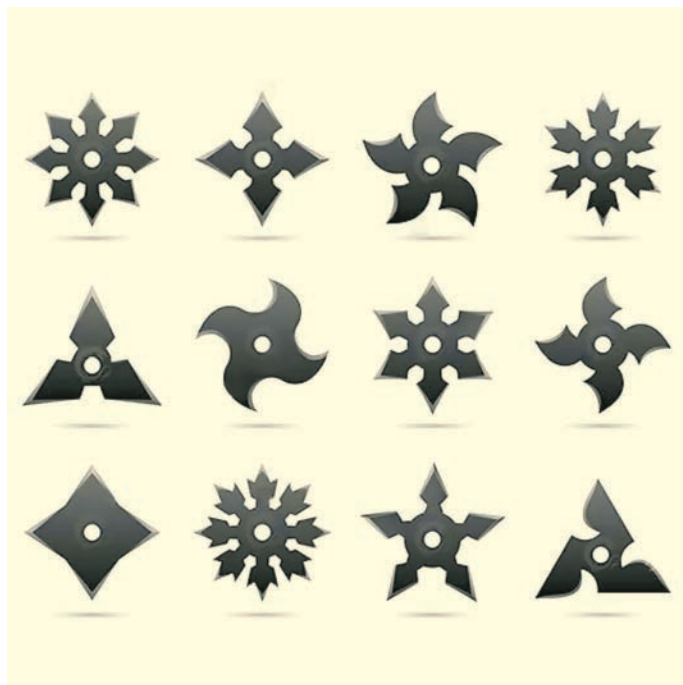
Выяснилось, что лунная пыль воздействует на материалы как хороший режущий инструмент. При высокоскоростном ударе микро-

Образцы звездочек ниндзя, очень похожие по виду на лунные пылинки. Рисунок из сети интернет.

метеоритов о поверхность Луны образуются частицы, чрезвычайно отличающиеся, к примеру, от пыли, с которой мы постоянно встречаемся на Земле. На безатмосферной Луне, где нет ни ветра, ни жидкой воды, под воздействием которых частицы постоянно взаимодействовали бы друг с другом, сглаживая свои острые грани, как это происходит в земных условиях, мельчайшие частицы остаются острыми, неровными и способны цепляться почти за любую поверхность.

Расчеты показывают, что на дневной стороне Луны агрессивные свойства пыли могут быть связаны с ее вращением, скорость которой зависит не только от их температуры и электростатического заряда, но и в существенной степени от их размеров, и может достигать десятков

Астронавт Юджин Сернан (командир корабля "Аполлон-17") в кабине посадочного модуля сразу после его возвращения с прогулки по поверхности Луны. Видны пятна пыли на его теле и на нижнем белье. Декабрь 1972 г. Фото NASA.



и сотен тысяч оборотов в секунду. Это напоминает звездочки ниндзя (сюрикен) – метательное оружие, распространенное в некоторых азиатских странах. При таком

сравнении следует, конечно, помнить, что частицы лунной пыли на много порядков меньше таких звездочек, да и форма пылинок неправильная.





Астронавт-геолог экспедиции "Аполлон-17" Харрисон Шмитт на лунной поверхности за работой. Первоначально белый скафандр покрылся пылью. Декабрь 1972 г. Фото NASA.

основе железа, кальция, магния – хризолит, пироксен. По-видимому, сухая пыль, оказавшись в контакте с влажным воздухом атмосферы посадочного аппарата, выделяет летучие вещества, имплантированные в течение многих миллиардов лет в верхние слои лунного реголита, а это – ионы солнечного ветра, в основном, водород и гелий. Кроме того, при высокоскоростной бомбардировке поверхности Луны микрометеоритами, молекулы пыли разрушаются и могут образовывать "свободные связи", становясь химически активными. Оказавшись в атмосфере кабины корабля, эти связи "находят активных партнеров" – прежде всего, атмосферный кислород, образующий вещества с запахом – которые напоминают порох. Через некоторое время после контакта с атмосферой во взлетной ступени лунного модуля запах пыли, по свидетельству астронавтов, уже не чувствовался. Его не обнаружили и в земных лабораториях, так как герметичность

Наиболее удивительными оказались впечатления самих астронавтов, побывавших на поверхности Луны. Астронавт экспедиции "Аполлон-17" профессиональный геолог Харрисон Шмитт рассказал: «...это поразительная вещь. Она мягкая, как снег, но, в то же время напоминает абразив. По запаху напоминает "отработанный порох». Конечно, астронавты в скафандрах не могли чувствовать запах лунной пыли на поверхности Луны. Но лунная пыль оказалась необычайно липкой, она цеплялась к скафандрам, перчаткам, прилипала к ботинкам, ко всем открытым поверхностям и даже проникала в закрытые герметически

отсеки. После работы астронавтов на Луне – несмотря на то, что они пытались тщательно очистить свои скафандры перед тем, как войти в посадочный модуль – пыль попадала внутрь, и они чувствовали ее присутствие. Жалобы были не только на запах пыли, но и на раздражение дыхательных путей и кожи после того, как они возвращались в посадочный модуль.

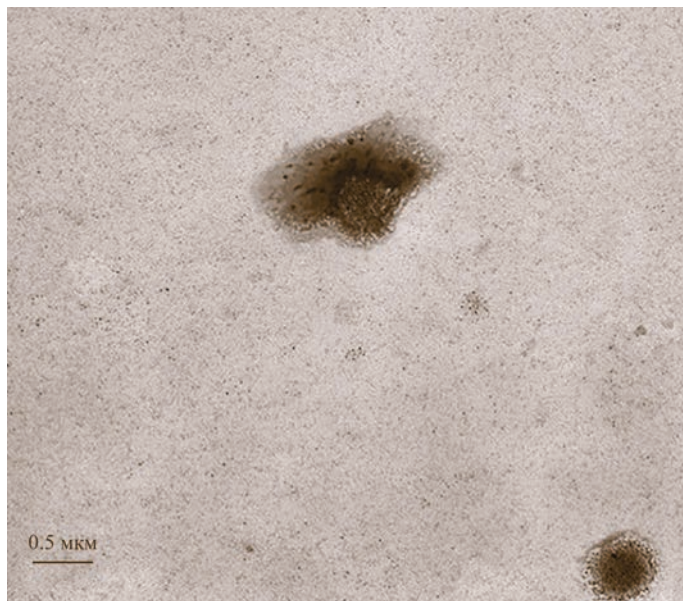
Что же касается запаха пыли (по впечатлениям астронавтов, напоминающей отработанный порох), то, конечно, состав лунной пыли не имеет ничего общего с порохом. Основной состав лунной пыли – силикатное стекло, разнообразные минералы на

Электронная фотография аналога пыли JSC-1a, полученной в лаборатории.

контейнеров за время перелета к Земле была нарушена из-за воздействия той же пыли.

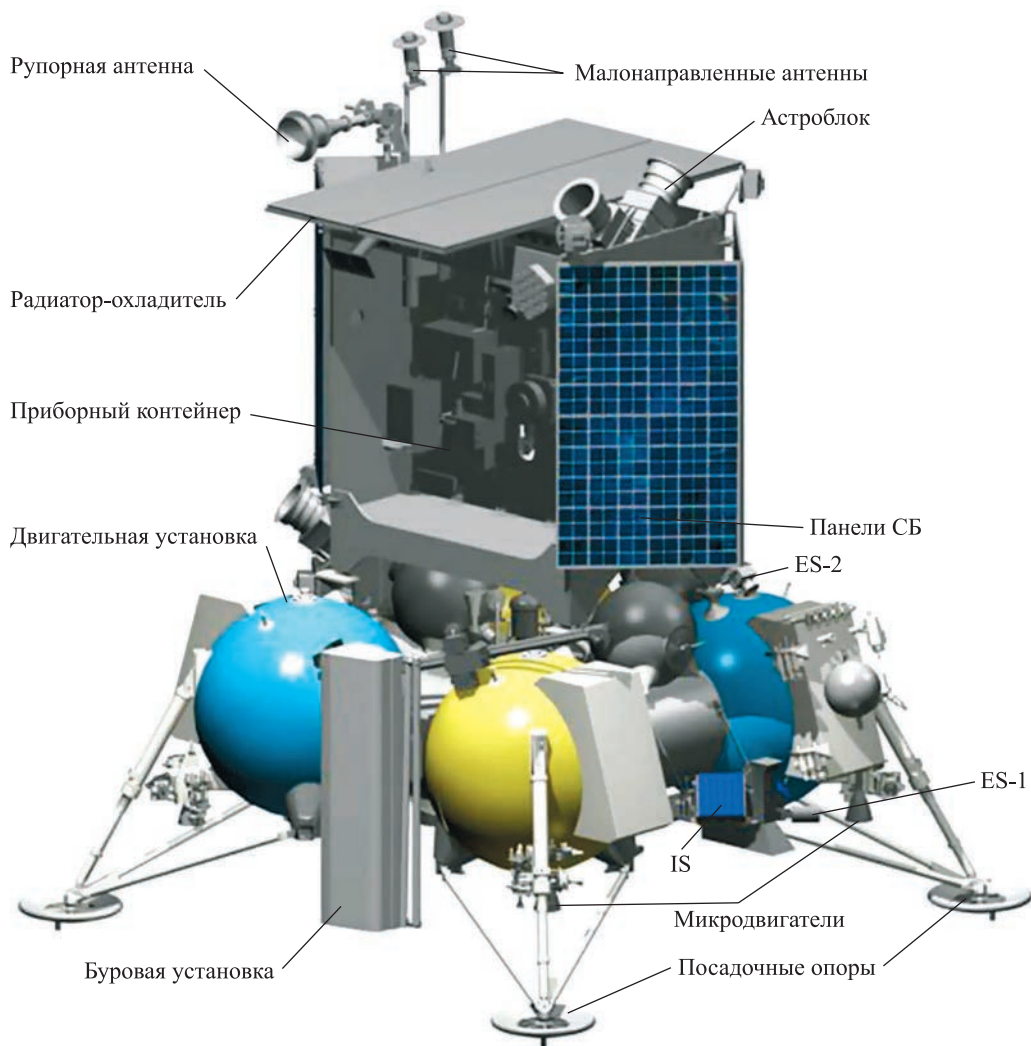
Молекулярные механизмы токсического влияния пыли на биологические объекты (и, в частности, на организм человека) до сих пор детально не изучены. Такого рода биологические исследования проводятся с использованием аналогов пыли – с образцами земного грунта, содержащего частицы, близкие к лунным по химическому составу и размеру. Например, много работ проведено с использованием американского аналога пыли JSC-1a, который получают путем специальной обработки вулканического пепла.

Биологические исследования в этой области можно подразделить на два направления. Первое – изучение воздействия частиц лунной пыли на ткани и органы человека и животных, которые испытывают на себе ее прямое воздействие (кожа, слизистые оболочки, легкие). Второе направление – изучение их катастрофического воздействия (несмотря на отсутствие непосредственного контакта частиц с органами



человека) на здоровье человека, его нервную и сердечно-сосудистую системы, почки, печень. В организме млекопитающих ультрадисперсные частицы могут длительное время сохраняться в носовой полости, бронхах и в альвеолах легких, а также транспортироваться вдоль сенсорных аксонов обонятельного нерва в центральную нервную систему. Кроме головного мозга, ультрадисперсные частицы могут накапливаться и в печени. Аналог пыли взаимодействует с плазматической мембраной нервных окончаний, однако тип такого взаимодействия не ясен. Острые зубчатые края пыли могут эффективно воздействовать на поверхность мембраны, вызывая патологические изменения в клетках:

ведь пыль имеет большую площадь поверхности за счет пористости. Сложность исследования ее токсического влияния заключается в том, что пыль состоит из смеси различных частиц, каждая из которых может действовать на клетки согласно собственному механизму. Основные компоненты пыли: в частности, FeO , Fe_2O_3 , и MnO являются, с одной стороны, микроэлементами, необходимыми для роста и функционирования организма, а, с другой (в больших концентрациях), – токсичными соединениями. Попадая в организм человека, они приводят к тяжелым последствиям для здоровья. Стресс, микрогравитация, ультрафиолетовое излучение и радиация могут усилить вредное воздействие



пыли на организм млекопитающих. Химические свойства пыли, взятые из разных регионов Луны, отличаются, поэтому полное понимание ее биологической активности еще предстоит выяснить.

“Обитающую” в вакууме лунную пыль нельзя считать подобной земной пыли. Принципиальным отличием лунной пыли от земной считаются

механизм ее формирования и среда обитания. На дневной стороне Луны, благодаря фотоэффекту, как правило, пыль приобретает положительный заряд. На ночной стороне Луны (либо в кратерах или других неровностях рельефа, куда не попадает солнечный свет) частицы пыли получают отрицательный заряд благодаря потокам электронов. Если на

Российский лунный посадочный аппарат АМС “Луна-25”. Указаны места установки блоков IS, ES-1 и ES-2 – прибора для регистрации пылевых частиц, созданного в ИКИ РАН. Рисунок НПО им. С.А. Лавочкина.

Земле динамика пыли определяется потоками воздуха, то на Луне, в вакууме основным механизмом движения

пыли являются электростатические силы.

Изучение и мониторинг свойств и динамики лунной пыли важны как с научной точки зрения (из-за ее существенного влияния на лунную экзосферу), так и в целях технологической

и биологической безопасности будущих лунных робототехнических и пилотируемых экспедиций. Планируемые на ближайшие годы запуски АМС “Луна-25” (“Луна-Глоб”) и “Луна-27” (“Луна-Ресурс”; Земля и Вселенная, 2014, № 3) имеют в своем

составе приборы для изучения динамики и свойств лунной пыли, для измерения электростатических полей. Можно надеяться, что эти исследования помогут продвинуться в понимании загадочных свойств лунной пыли.

НОВЫЕ КНИГИ

Новая книга о С.П. Королёве

К 110-летию со дня рождения выдающегося ученого, Главного конструктора ракетно-космической техники академика С.П. Королёва вышла книга-альбом, подготовленная к печати его дочерью Н.С. Королёвой, – “Жить надо с увлечением!” (М., 2017). Она издана при поддержке Российского исторического общества и представляет собой уникальное издание – биографию Сергея Павловича в фотографиях, письмах, документах и воспоминаниях его коллег, родных и друзей.

Автором использованы материалы из домашнего архива, а также заимствованные у многих людей, кто знал Сергея Павловича



или работал с ним. С.П. Королёв запечатлен на снимках с учеными, космонавтами, специалистами ракетно-космической техники, с друзьями; в кругу родных и близких в разные периоды своей жизни – в тяжелые и победные дни. Многие фотографии публикуются впервые. Наталья Сергеевна проделала значительную работу по сбору огромного материала: «Я назвала свою книгу “Жить

надо с увлечением”. Эта фраза всегда была девизом моего отца. В ней много фотографий, я постаралась сделать так, чтобы она рассказывала обо всех сферах жизни Сергея Королёва и ее читатели могли “увидеть” жизнь легендарного конструктора».

Книга позволит читателю узнать больше фактов из жизни замечательного человека. Первые экземпляры своего издания она вручила Гендиректору РКК “Энергия” В.Л. Солнцеву, главе города Королёва А.Н. Ходыреву и молодым ученым на торжественном собрании, которое прошло 12 января 2017 г. в день 110-летия со дня рождения С.П. Королёва. Презентацию книги-альбома Н.С. Королёва она сделала 24 января 2017 г. на 41-х Академических чтениях по космонавтике в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Издание будет полезно всем интересующимся историей космонавтики.

Протопланетные диски: эпоха великих космогонических открытий

В.В. АКИМКИН,
кандидат физико-математических наук
ИНАСАН

Сегодня благодаря труду тысяч астрофизиков и инженеров был “приподнят занавес” над прошлым Солнечной системы. С вводом в строй радиотелескопа ALMA в Чили ученые получили мощный инструмент для изучения протопланетных



дисков – мест рождения планетных систем. Новые качественные изображения протопланетных дисков существенно изменили наши знания о них, а теория формирования планет перешла в стадию, когда мы понимаем ее базовые принципы.

ПРОТОПЛАНЕТНЫЕ ДИСКИ – КОЛЫБЕЛИ ПЛАНЕТ

Период молодости Солнечной системы завершился несколько миллиардов лет назад. Но можем ли мы заглянуть туда? Оказывается – да. Во-первых, осталось множество “улик”: метеориты, архитектура Солнечной системы, ее динамика и химический состав. Но есть и второй путь: в данный момент стадию формирования своих планетных систем

проходят другие звезды, многие из них похожи на Солнце. На этапе формирования звезду окружает плотный и холодный газопылевой диск, в котором складываются благоприятные условия для зарождения планет. Такие диски называют протопланетными. Смотри на них со стороны (см. 4-ю стр. обложки), астрофизики могут существенно обогатить наши знания в области космогонии – теории происхождения космических

тел и их систем, в частности, Солнечной системы.

Астрофизика – наука наблюдательная, и протопланетные диски – сложные объекты для наблюдений. Они компактные (сотни астрономических единиц) и холодные (вплоть до 5–10 K); к тому же стадия протопланетного диска коротка, что означает их редкую встречаемость в окрестности Солнца. Комбинация этих трех фактов (компактность, низкая температура

и относительная удаленность) предъявляет высокие требования к качеству телескопа.

Угловые размеры протопланетных дисков меньше угловой секунды, что почти в 2 тыс. раз меньше размера диска полной Луны. Подобного углового разрешения можно достичь с помощью современных оптических телескопов. Тем не менее, оптический диапазон не является оптимальным для наблюдения протопланетных дисков. Они, в отличие от их родительских звезд, имеют максимум излучения не в оптическом, а в инфракрасном диапазоне. Пограничной областью можно считать ближний ИК-диапазон с длиной волны около микрона. Изображение протопланетного диска в оптическом диапазоне – это картина отраженного света его центральной звезды, а в среднем и дальнем ИК-спектре – его собственное излучение. Для получения отчетливой картинки протопланетного диска в дальнем ИК-диапазоне ($\lambda = 1$ мм) требуется телескоп, размер зеркала которого более километра. К счастью, интерферометрическая методика наблюдений позволяет использовать вместо одного большого телескопа пару одновременно работающих маленьких телескопов, разнесенных на

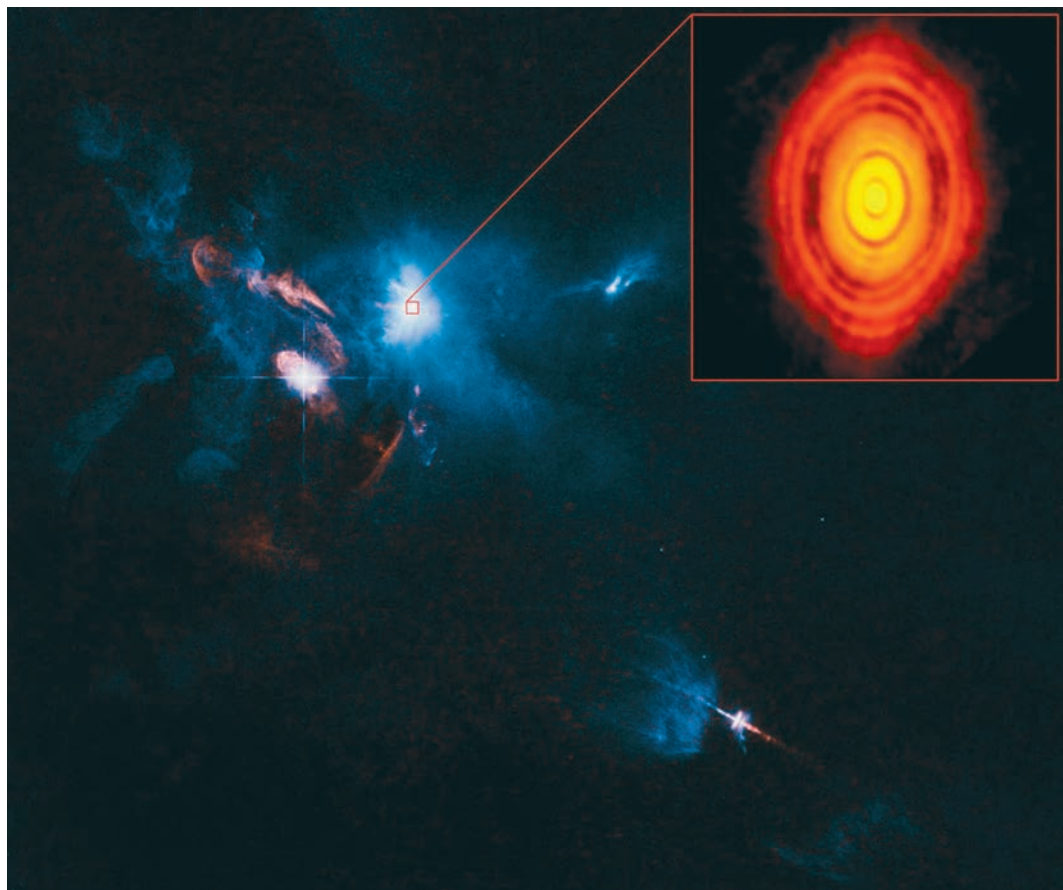
некоторое расстояние. Разрешающая способность такого комплексного инструмента-интерферометра определяется расстоянием между парой телескопов, а не диаметрами отдельных телескопов. Для получения качественного изображения требуется много таких пар телескопов, объединенных в единую сеть.

В 2013 г. астрономическое сообщество получило в свое распоряжение идеальный инструмент для наблюдения протопланетных дисков – интерферометр ALMA, который растянулся на 15 км на высокогорном пустынном плато Атакама в Чили. Он наблюдает на длинах волн от 0,3 до 10 мм на границе между дальним ИК- и радиодиапазоном. В единую сеть объединены 66 телескопов (радиоантенн), которые могут быть перемещены по площадке размером 15 км. Возможности ALMA на порядок превосходят интерферометры предыдущего поколения – таких, как NOEMA во французских Альпах или SMA на Гавайях. Скачок в чувствительности и разрешающей способности привел к качественным изменениям уровня наблюдений протопланетных дисков. Если раньше астрофизики довольствовались пространственным разрешением, соответствующим десяткам или сотням астрономических единиц, то

с ALMA стало возможным разглядеть детали размером в несколько астрономических единиц! Не удивительно, что открытия в области физики протопланетных дисков не заставили себя ждать.

ДИСК У HL TAU: ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В начале 2015 г. поступили первые результаты работы ALMA. Объектами наблюдений стали астероид Юнона из Главного пояса, сильно линзированная субмиллиметровая галактика и окрестности молодой звезды HL Tau. Звезда HL Tau расположена внутри большой области звездообразования в созвездии Тельца на краю крупного молекулярного пузыря. Возраст HL Tau оценивается всего в 1 млн лет. По соседству расположены еще три молодых звезды – XZ Tau, LkH α 358 и HN30, также входящие в так называемый “регион HL Tau”. Из-за большой запыленности пространства в окрестности HL Tau сама звезда не наблюдается в оптическом диапазоне, а видна лишь коническая отражательная туманность вокруг звезды. Снимки дисков в дальнем ИК-диапазоне не слишком “проигрывают” от присутствия вещества в окрестности звезды, и диск вокруг HL Tau проявляется в виде основного источника излучения. Лучшие предшествующие наблюдения имели



разрешающую способность 18 а.е., но благодаря ALMA удалось увидеть детали размером вплоть до 3,5 а.е. Самым большим удивлением стало открытие чередующихся темных и ярких concentрических колец, ранее не наблюдававшихся у подобных дисков.

Авторам исследования удалось также определить, что пыль внутри темных колец совсем не похожа на ту, которая наблюдается в межзвездной среде. В то время, как типичный размер межзвездной пылинки – менее

одного микрона, пыль в диске HL Tau имела размеры, сравнимые с длиной волны наблюдения, то есть составляла миллиметры. Это говорит о существенных процессах эволюции пыли внутри протопланетных дисков: в частности, о слипании пылинок и образовании крупных пылевых агрегатов. Методы наблюдения не позволяют делать выводы о присутствии более крупных пылинок, размерами в метр и более, но подобное предположение представляется вполне разумным.

“Регион” HL Tau и ее окрестности в созвездии Тельца на расстоянии 450 св. лет от нас. На врезке – протопланетный диск вокруг звезды HL Tau. Снимок составлен из изображений, полученных в октябре 2014 г. радиотелескопом ALMA (Чили) и Космическим телескопом им. Хаббла. Фото ESO/NRAO/ NASA/ ESA.

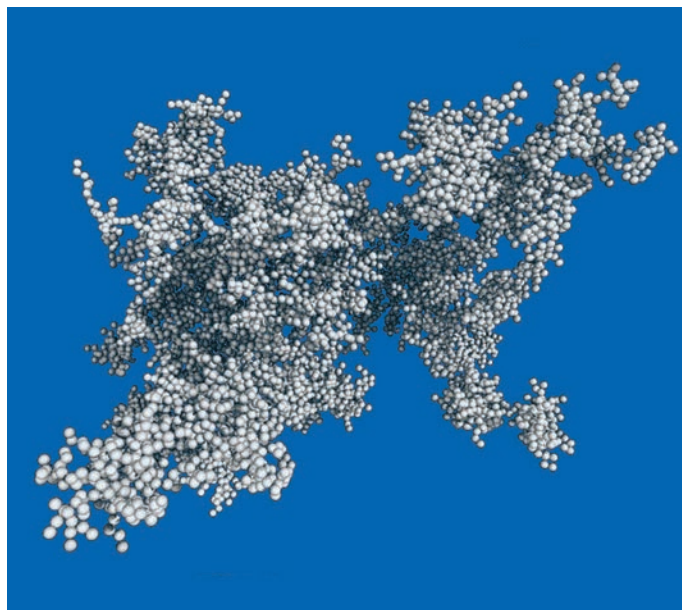
ПЛАНЕТЫ, ОБРАЗУЮЩИЕСЯ
В ПРОТОПЛАНЕТНОМ ДИСКЕ

В течение нескольких месяцев после публикации данных ALMA стали появляться работы с интер-

Пылинка из слипшихся в протопланетном диске микронных частиц, прилетевших из межзвездной среды (теоретическая модель). Из подобной пылинки могла зародиться Земля. Рисунок А. Сейзингера (Университет Тюбингена, Германия).

претацией наблюдений HL Tau с позиций теории формирования планет. Самый логичный и сразу приходящий в голову сценарий – существование внутри темных колец протопланет, которые под действием собственной гравитации “вырыли канавки” (появились промежутки между яркими кольцами) в родительском диске. Для того чтобы прокопать широкое и глубокое кольцо в диске, планета должна быть довольно большой – с массой, сравнимой с Юпитером или Сатурном. Но гравитация планет-гигантов оказывает влияние и на соседние планеты, это может сделать систему динамически неустойчивой: планеты могут быть “разбросаны” по всему диску.

Одним из способов создать устойчивую к разбросу конфигурацию планет можно считать четкую синхронизацию орбитального вращения планет и возникновение резонансов между ними – когда на целое число оборотов одной планеты приходится целое число оборотов другой. Пример подобной синхронизации

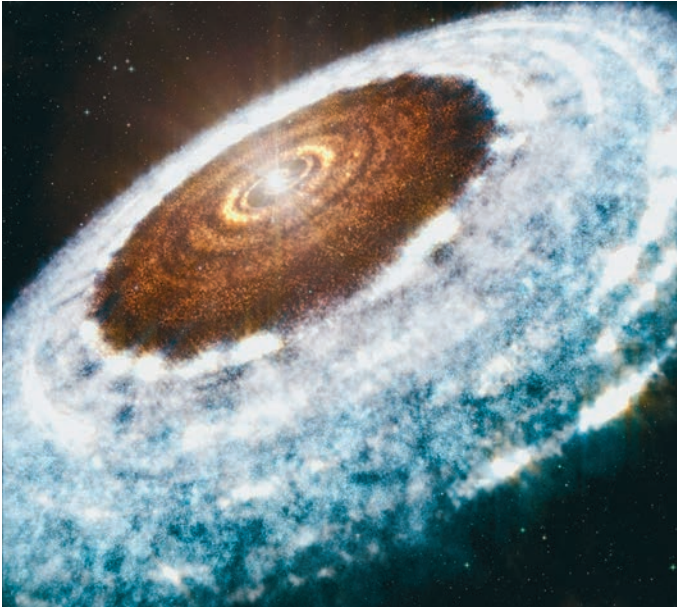


“демонстрируют” Юпитер и Сатурн, они находятся в резонансе, равном 2 : 5, то есть на два оборота Сатурна приходится ровно пять оборотов Юпитера. Существование планетной системы в диске HL Tau является вероятным, но не единственным сценарием возникновения колец. HL Tau – довольно молодая звезда, поэтому присутствие нескольких массивных планет вокруг нее на такой ранней стадии может показаться удивительным. Массивные планеты должны заметно излучать, но пока они в HL Tau не обнаружены. Другая гипотеза основывается на наблюдениях крупных сгустков вещества в диске HL Tau на интерферометре VLA Национальной радиоастрономической обсерватории США. Эти сгустки могут быть гравитационно

неустойчивыми и только впоследствии, в ходе коллапса могут сформировать планету. При этом яркие кольца интерпретируются как места концентрации вещества, где лишь в будущем сформируются планеты, а темные кольца – промежутки между ними.

линии льдов
КАК ГИПОТЕЗА
ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОЛЕЦ

К двум теориям возникновения колец из-за крупномасштабной протопланетной активности добавилась изящная теория, опирающаяся на летучие химические соединения. Протопланетный диск, как и межзвездное вещество, на 99% состоит из газа и на 1% – из твердых углистых или силикатных пылинок. Такие пылинки тугоплавки, их сублимация



Представление художника о линии испарения воды (граница между центральной темной областью и светлым кольцом) в протопланетном диске. Внутри "линии льдов" вода находится в газообразной форме, снаружи – в виде ледяных "мантий" на поверхности пылинок. Рисунок А. Ангелих.

(переход из твердого состояния в газообразное) происходит при 1000–1800 К. Но типичные температуры, характерные для процессов в протопланетных дисках, – ниже, и многие другие соединения могут находиться там и в твердом, и в газообразном состоянии: к самым распространенным относятся вода, угарный и углекислый газы. К примеру, при характерном протопланетном давлении температура сублимации H_2O равна приблизительно 150 К, CO_2 – 80 К, а CO – 25 К. Температура в протопланетном диске увеличивается при приближении к центральной звезде: то есть около звезды она может превышать температуру сублимации, а на периферии диска – быть ниже. Поверхность, на которой температура

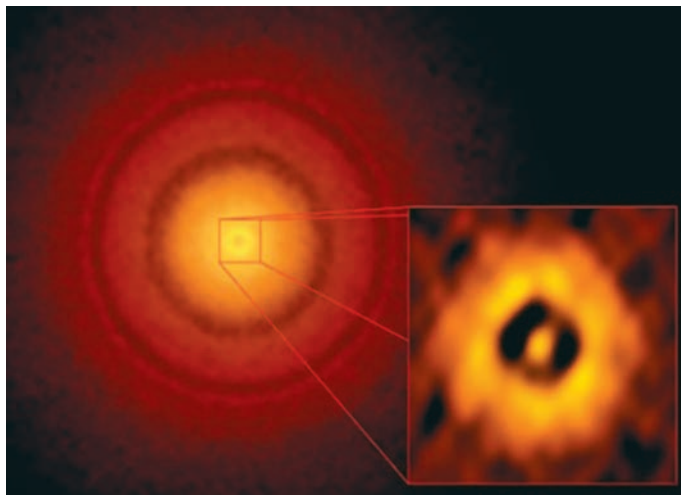
в диске равна температуре сублимации данного соединения, называется "линией льдов".

Пылинки в протопланетном диске движутся и вращаются вместе с газом вокруг звезды. Однако газ, представляя собой сплошную среду, может двигаться со скоростью, отличной от скорости пылинок, что приводит к действию на них дополнительной силы аэродинамического сопротивления. Под действием этой силы пылинки начинают дрейфовать по спирали (чаще всего, внутрь, к центральной звезде) – причем тем быстрее, чем они крупнее. В ходе такого движения пылинка может пересечь одну (или несколько) "линий льдов" летучих соединений. Они сначала находятся на поверхности пылинок в виде ледяной

мантии, а затем начинают испаряться – это меняет аэродинамические и прочностные свойства пылинок. Снаружи, от "линии льдов", крупные пылинки с "мантиями" быстро дрейфуют к центру диска, но, как только пылинка пересекла линию льдов и ее мантия испарилась, то скорость дрейфа падает. И тут начинает проявляться эффект, знакомый жителям крупных городов, попадающих в дорожные пробки: чем медленнее движутся машины, тем их скопление быстрее растет. По разные стороны от линии льдов скорость дрейфа пылинок разная и, следовательно, различается и их концентрация. Для наблюдателя это будет выглядеть как смена светлой полосы на темную. Присутствие нескольких летучих соединений, испаряющихся на разных расстояниях от центральной звезды, может дать объяснение наблюдаемому чередованию светлых и темных колец.

В копилке астрофизиков-теоретиков существует еще одна элегантная

Кольца в пылевом диске вокруг звезды TW Нуа в созвездии Гидры на расстоянии 176 св. лет от нас. На врезке – центральная область с беспрецедентным пространственным разрешением в несколько астрономических единиц. Изображение получено в конце 2015 г. с помощью радиотелескопа ALMA (Чили). Фото ESO/NAOJ/NRAO.



гипотеза возникновения колец из-за присутствия летучих соединений. Пылинки в протопланетном диске, скорее всего, представляют собой весьма пористые структуры, образованные из слипшихся друг с другом мелких мономеров размером около микрона. Если летучего соединения мало (и оно не покрывает полностью пылинку), то его молекулам энергетически выгодно быть в точках соприкосновения мономеров. Наличие льда в этих местах делает пылинку хрупкой при столкновениях с другими, поскольку блокируется одна из возможностей диссипации энергии за счет изгиба. Пылинки эффективнее дробятся снаружи от “линии льдов”: скорость их дрейфа там ниже, а плотность выше, чем внутри от “линии льдов”. Эта гипотеза в некотором смысле противоположна описанному

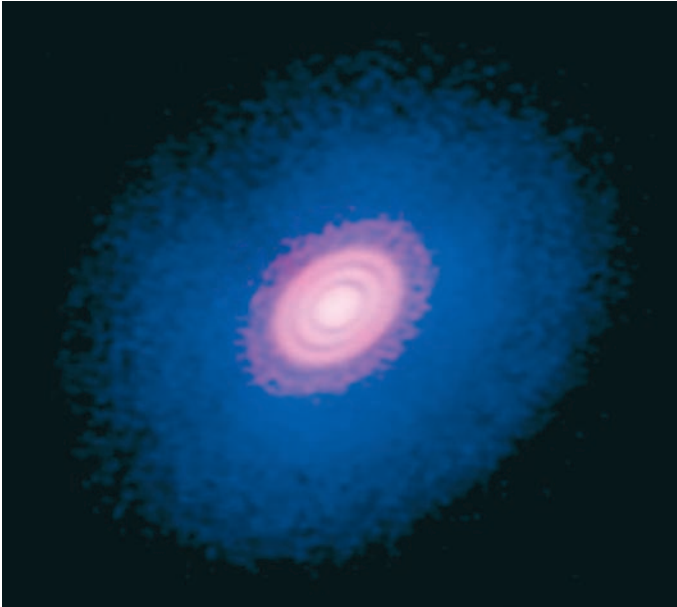
выше предположению о влиянии летучих соединений на возникновение колец в протопланетных дисках, поскольку предсказывает ровно противоположную череду темных и светлых колец.

Читатель мог обратить внимание, что астрофизики-теоретики объяснили присутствие колец в протопланетном диске как минимум четырьмя версиями. Ответ на вопрос, какая именно из гипотез верна, будет дан в ходе новых наблюдений – ведь интерферометр ALMA постоянно совершенствуется. Например, могут быть непосредственно найдены планеты в кольцах или обнаружено движение колец внутрь (или наружу). Каждый новый факт дополняет общую картину: делает одни гипотезы более вероятными, а другие отбрасывает. Возможно, правильная гипотеза еще даже не высказана.

ПЫЛЕВОЙ ДИСК ВОКРУГ ЗВЕЗДЫ TW НУА

Система HL Tau считается молодой даже по меркам молодых звезд: ее возраст оценивается в 1 млн лет (при среднем возрасте протопланетных дисков – около 3 млн лет). Близкая к нам звезда TW Нуа в созвездии Гидры (176 св. лет от нас) находится по другую сторону от среднего возраста – ей около 10 млн лет, поэтому стало удивительным обнаружение в ее диске нескольких колец, с первого взгляда похожих на кольца в диске HL Tau. Эта система примерно в три раза ближе к нам, чем HL Tau; она – ближайшая к Земле, где обнаружен газопылевой диск. Он виден “плашмя”, и кольца представляют собой практически идеальные окружности без каких-либо асимметричных деталей.

Во внешнем диске отчетливо видны два темных кольца – на расстоянии 22



Газопылевой диск вокруг звезды HD163296 в созвездии Стрельца на расстоянии 400 св. лет от нас. Внутри диска обнаружены три больших темных кольца на расстоянии в 60, 100 и 160 а.е. от светила; возможно, в них формируются планеты. Красным цветом показано свечение пыли, синим – монооксида углерода. Изображение сделано в августе 2015 г. с помощью радиотелескопа ALMA (Чили). Фото ESO/NAOJ/NRAO.

и 37 а.е. Заметны также чуть более “слабые” кольца радиусами 12, 28, 31 и 43 а.е. Примечательной особенностью TW Нуа считается яркое кольцо внутри радиуса 2,5 а.е. Здесь расположена темная область со светлым пиком в центре. Данные наблюдения впечатляют: характерный размер этих структур сравним с орбитами Земли, Марса и Главного пояса астероидов, но они видны в газопылевом диске на расстоянии 176 св. лет! Существование темной области может быть объяснено взаимодействием молодых планет с диском, при этом центральный пик яркости совпадает с положением самой звезды.

Природа колец около TW Нуа так же загадочна, как и в случае с HL Тау. Авторы открытия рассматривают все гипотезы их

образования: присутствие планет в темных кольцах; влияние линий льдов; возникновение ловушек для пылинок, в которые их тянут особенности взаимодействия с потоками газа. Ученые осторожны в проведении прямой параллели между кольцами в HL Тау и TW Нуа из-за сильно различающихся их эволюционных статусов, масс дисков и контрастов яркости колец. Независимо от того, какой именно действует механизм, новые наблюдения показали, что симметричные упорядоченные структуры, вероятно, являются важной характерной особенностью протопланетных дисков.

СИСТЕМА КОЛЕЦ
В ДИСКЕ HD163296

Третьим диском, у которого обнаружили множественные кольца в даль-

нем ИК-диапазоне, стал диск вокруг звезды HD163296 (созвездие Стрельца, 400 св. лет от нас) возрастом около 5 млн лет. На его изображении прослеживаются три темных кольца радиусом 60, 100 и 160 а.е. в пылевой подсистеме. Важно, что группе астрофизиков во главе с Андре Изелла из Университета Райса (США) удалось получить качественное изображение диска не только в непрерывном излучении пылинок, но и в линейчатом излучении газа. В случае HL Тау подобное изображение сложно получить из-за большого количества газа в оболочке диска, закрывающего сам диск. А снимок TW Нуа имеет не такое уж высокое разрешение, как его изображение в пылевом континууме, что

затрудняет сравнение газа и пыли.

Первое, что бросается в глаза, — газовый диск HD 163296 намного обширнее, чем пылевой. Радиус газового диска около 550 а.е., а пылевого — “все-го” 250 а.е. Наиболее логичное объяснение этому состоит в том, что крупные пылинки дрейфуют по спиральным траекториям по направлению к центральной звезде. Только довольно крупные макроскопические пылинки, размером более 1 мм, способны дрейфовать, а мелкая микронная пыль, характерная для межзвездной среды, динамически сцеплена с газом и почти не движется. Поэтому расхождение размеров газовой и пылевой подсистем рассматривается как дополнительный признак роста пыли в протопланетных дисках.

Наблюдение не только пыли, но и газа в дисках позволяет использовать

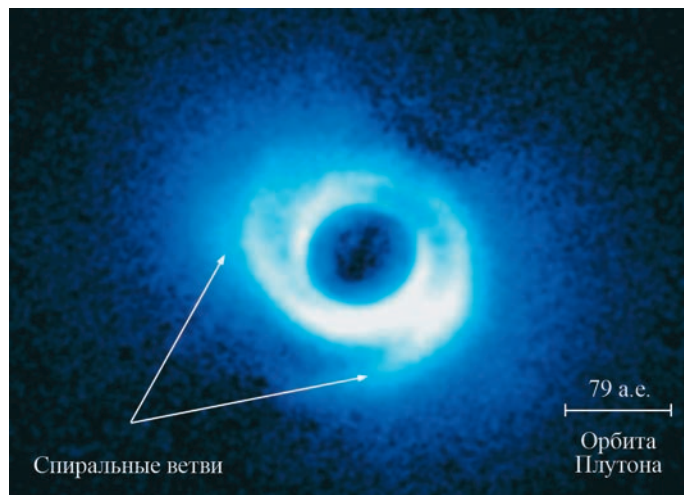
дополнительные ограничения в создании гипотез их образования. Андре Изелла с соавторами отмечают, что они обнаружили пониженное содержание газа в HD 163296 в местах, совпадающих со средним (100 а.е.) и внешним (160 а.е.) кольцом в пыли. Внешнее кольцо на границе пылевого диска — неглубокое, но оно все же прослеживается. Это увеличивает вероятность того, что причиной возникновения колец может быть гравитационное влияние молодых планет. Для того, чтобы породить заметные кольца, масса планет должна быть близка к массе Сатурна; на месте же внутреннего кольца в пыли совершенно не видно какое-либо уменьшение плотности газа, что противоречит планетной гипотезе. Поэтому ученые связывают возникновение внутреннего темного кольца в диске с другими факторами — такими, как

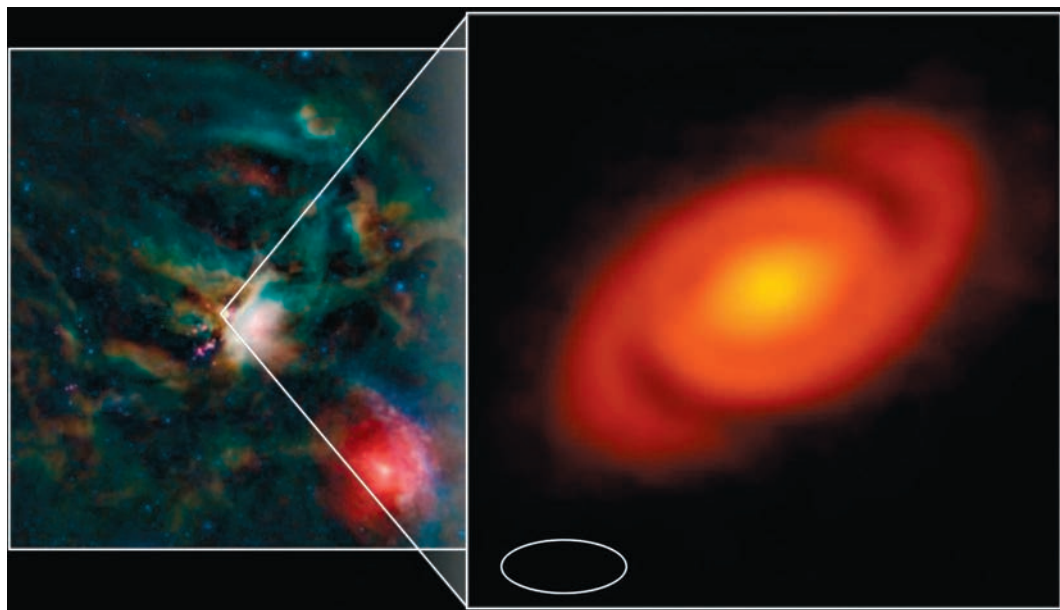
“линии льдов” и области пониженной вязкости диска. С другой стороны, внутреннее и среднее кольца удивительно похожи и объяснение их формирования двумя различными механизмами выглядит неожиданным. Подобные результаты еще раз подчеркивают отсутствие полного понимания эволюции протопланетных дисков, что и делает увлекательным это направление исследований.

ЦАРСТВА СПИРАЛЕЙ

Исследования протопланетных дисков были бы не такими интересными, если бы в них наблюдались лишь идеальные концентрические кольца. Протопланетные диски со спиральными ветвями известны еще до ввода в строй интерферометра ALMA. Одним из таких примеров является диск SAO 206462 (HD135344B) в созвездии Волка. Изображение

Спиральные ветви в диске размером около 100 а.е. вокруг звезды SAO 206462 (HD135344B) в созвездии Волка на расстоянии 450 св. лет от нас. Спиральные ветви могли возникнуть в результате воздействия двух планет, которые вращаются вокруг звезды на расстоянии в 55 и 126 а.е. Снимок получен в октябре 2011 г. с помощью телескопа “Subaru” в обсерватории Мауна-Кеа (Гавайи, США). Фото NAOJ.





Пылевой диск Elias 2-27 размером около 300 а.е. с правильной крупномасштабной спиральной структурой. На врезке для сравнения масштаба указаны размеры пояса Койпера (120–160 а.е.). Изображение получено с помощью радиотелескопа ALMA (Чили). Фото ESO/NAOJ/NRAO)/NASA.

этого диска получено на 8,2-м телескопе “Subaru” в ближнем ИК-диапазоне. В то время как в дальнем ИК-спектре излучает, в основном, пыль, то излучение в ближнем – результат рассеяния света центральной звезды на мелких пылинках в атмосфере протопланетных дисков. Иными словами, по инфракрасному изображению можно отследить, скорее, свойства поверхности диска, а не его недр.

У диска SAO 206462, помимо двух хорошо выраженных, несимметричных спиралей, виден также внутренний темный “провал” размером в несколько десятков астрономических единиц. В появ-

лении спиралей и внутреннего провала могут быть “виновны” планеты, чье динамическое воздействие на газопылевую диск приводит к его существенной перестройке. Возможны и альтернативные объяснения: внутренний “провал” мог образоваться в результате рассеяния диска из-за его перегрева центральной звездой, а спирали – из-за гравитационной неустойчивости вещества в протопланетном диске.

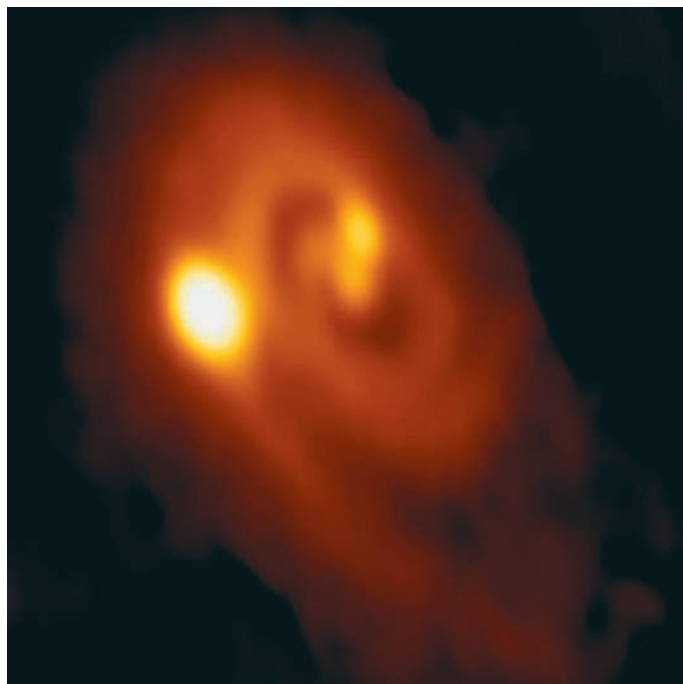
С помощью радиоинтерферометра ALMA первое детектирование спиралей состоялось для протопланетного диска Elias 2-27, расположенного в области звездообразования

ρ Змееносца. Основная масса пыли сосредоточена в самых плотных недрах диска, а не в поверхностных слоях (от которых приходит излучение в ближнем ИК-спектре). Поражает практически идеальная симметрия спиралей. Наблюдатели галактик называют подобную структуру внушающим уважение словосочетанием “grand design” (крупномасштабная упорядоченная структура). Внутри спиралей прослеживается также и темное кольцо. Команда авторов, получивших изображение Elias 2-27 на телескопе ALMA, обсуждают несколько возможных механизмов формирования спиралей (при-

Система L1448 IRS3B из трех формирующихся звезд и вещества вокруг них в созвездии Персея на расстоянии 750 св. лет от нас. Изображение получено с помощью радиотелескопа ALMA (Чили). Фото ESO/NAOJ/NRAO.

сутствие планет, гравитационная неустойчивость) и даже их комбинацию, оставляя вопрос интерпретации открытым.

В случае предыдущих примеров протопланетных дисков присутствие у центральной звезды некоторого компаньона звездной или планетной массы рассматривалось как возможное, но не обязательное. Для системы L1448 IRS3B в молекулярном облаке Персея существование нескольких звезд очевидно. Об этом свидетельствует само изображение этой системы: две протозвезды около центра разделены расстоянием в 61 а.е., третья протозвезда расположена в спиральном рукаве на 183 а.е. восточнее; полный радиус системы оценивается в 400 а.е. Примечательно, что система L1448 IRS3B является очень молодой, ее возраст оценивается всего в 150 тыс. лет. Система L1448 IRS3B служит идеальным примером “бурной жизни” дисков вокруг кратных звезд, и указывает на качественное отличие в истории формирования планет вокруг них, по сравнению с одиночными



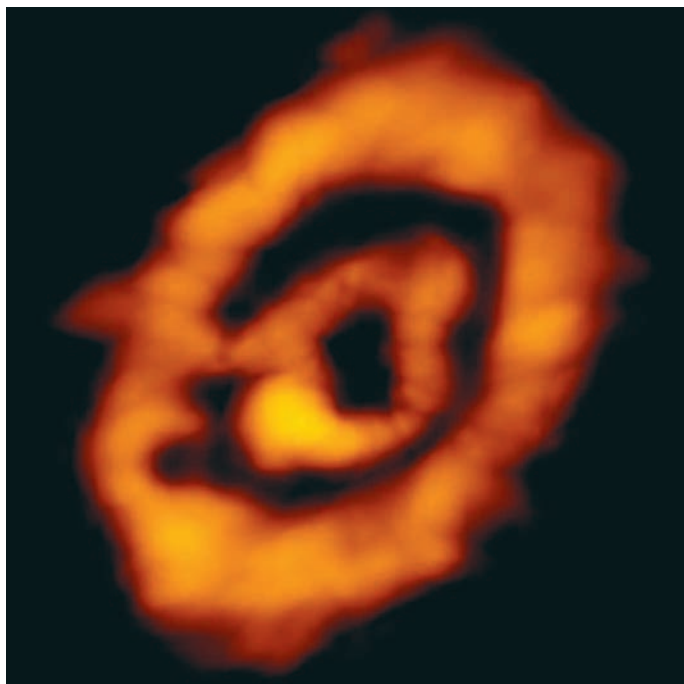
звездами. Ученые надеются, что подобные системы не слишком редки (живут довольно долго) и будут еще обнаружены с помощью ALMA, это позволит понять физику дисков вокруг кратных звезд.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОЛЬЦА В ПРОТОПЛАНЕТНЫХ ДИСКАХ

Кольца и спирали, видимые в дальнем ИК-диапазоне, показывают распределение пылевой компоненты, доля которой в общей массе диска – всего около 1%. Основную массу диска (около 99%) составляют молекулярный водород и гелий, но их очень сложно наблюдать. В газе присутствуют и примеси, концентрация которых в 10 тыс. и более

раз меньше концентрации водорода. Их содержание по отношению к водороду значительно меняется по объему диска: например, из-за вымерзания на пылинках при низких температурах, под влиянием разрушения диссоциирующим излучением звезды или в результате участия примесей в химических реакциях. При благоприятных условиях примесные молекулы могут очень сильно излучать.

Примером такой примеси является молекулярный ион HCO^+ ; его дейтерированный аналог (DCO^+) был обнаружен с помощью ALMA в диске звезды IM Lup в созвездии Волка (500 св. лет от нас). Неожиданным оказалось то, что его распределение по диску имеет форму двух



Распределение молекулы дейтерированного формилиума (DCO^+) в диске вокруг похожей на Солнце звезды IM Lup в созвездии Волка на расстоянии 500 св. лет от нас. Кольца размерами около 90 и 300 а.е. объясняются химическими реакциями с участием молекулы DCO^+ и разрушающим действием излучения центральной звезды. По данным К. Оберг, полученным с помощью радиотелескопа ALMA. Фото NRAO/ESO/NAOJ.

колец. Внутреннее кольцо астрохимии объясняют низкими температурами и присутствием большого количества молекулы CO, из которой образуется DCO^+ . Ближе к звезде становится слишком жарко для формирования DCO^+ , а дальше – слишком холодно для существования CO в газовой фазе. Присутствие внешнего кольца стало удивительным и говорит о том, что к периферии диска сильно падает не только температура, но и плотность. Это позволяет излучению звезды (за счет рассеяния) проникать в центральную плоскость диска, возобновлять запасы газофазного CO и снова “запускать производство” DCO^+ . Кольца в линиях молекул обна-

ружены также и в других дисках (TW Hya, DM Tau). Важность таких наблюдений связана с тем, что по распределению тяжелых (дейтерированных) аналогов молекул можно многое узнать об эволюции протопланетных дисков и Солнечной системы.

ЦАРСТВО ХОЛОДА “ЛЕТАЮЩЕЙ ТАРЕЛКИ”

У объекта с длинным названием 2MASS J16281370-2431391 есть броское прозвище “Летающая тарелка”, смысл которого становится ясен при взгляде на его изображение. Примечательным является то, что диск виден на фоне свечения туманности ρ Змееносца и поглощает часть ее излучения: то есть Земля

в буквальном смысле находится в тени “Летающей тарелки”. Новые наблюдения на ALMA и на 30-м телескопе IRAM в Испании позволили понять, что некоторые области диска холоднее, чем фоновое излучение. Температура в них опускается до -266°C – всего на 7° выше абсолютного нуля! Подобная температура заметно ниже, чем ожидаемая (15–20 K), и говорит о том, что наши знания о свойствах пылинок следует пересмотреть. Этот вывод важен и в контексте других наблюдений протопланетных дисков, поскольку структура и состав космических пылинок определяют их способность излучать и тем самым играют важную роль



Часть молекулярного облака ρ Змееносца. На врезке – протопланетный диск “Летающая тарелка” (2MASS J16281370-2431391) размером около 230 а.е., находящийся на расстоянии 390 св. лет от нас. Температура пылинок в нем опускается до неожиданно низких температур (-266°C). Изображение сделано с помощью KTX. Фото NASA/ESA.

при интерпретации изображений протопланетных дисков.

За последние два года (с момента публикации первых результатов работы интерферометра ALMA) наши представления о

протопланетных дисках претерпели качественные изменения, их изображения перестали быть размытыми, на них стали проявляться детали, связанные с формированием планет. Каждый новый

результат удивляет, вызывает больше вопросов, чем дает ответов. Именно это способствует прогрессу в понимании возникновения нашей (и других) планетных систем.

Изменения климата: причины и прогноз

Б.Г. ШЕРСТЮКОВ,
доктор географических наук
Всероссийский научно-исследовательский институт
гидрометеорологической информации –
Мировой центр данных

В статье затрагивается проблема изменения современного климата и приводятся гипотезы объяснения причин этих изменений. Главной их причиной автор считает природные колебания климатической системы на собственных частотах, поддерживаемые воздействиями внешних факторов. Их статистическое описа-



ние легло в основу авторской прогностической модели климата на ближайшие два десятилетия. В 2006 г. по модельным расчетам было предсказано замедление глобального потепления до 2025 г., а также большие аномалии температуры в 2009–2010 гг. и в 2015 г.; все прогнозы оправдались.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
ПО ДАННЫМ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ

Долгое время в современной истории климат считался стабильным по своей природе. Но в 1920-х гг. появилось много сообщений о признаках потепления в Арктике. В 1921 г. знаменитый исследователь морей, заслуженный деятель науки

и техники, почетный член Академии наук СССР Н.М. Книпович (1885–1939) выявил, что воды Баренцева моря стали заметно теплее, вечные льды стали отступать на север. Сначала даже считалось, что потепление касается только Арктической области. Позднее было отмечено, что это было глобальное потепление. Так, в Западной Гренландии

температура повысилась на 5°C, на Шпицбергене даже на 8–9°C в 1912–1926 гг. и до конца 1930-х гг. Наибольшее глобальное повышение средней температуры у поверхности Земли во время кульминации потепления составляло 0,6°C.

После 1940-х гг. стала проявляться тенденция к похолоданию. Граница вечных льдов в Северном

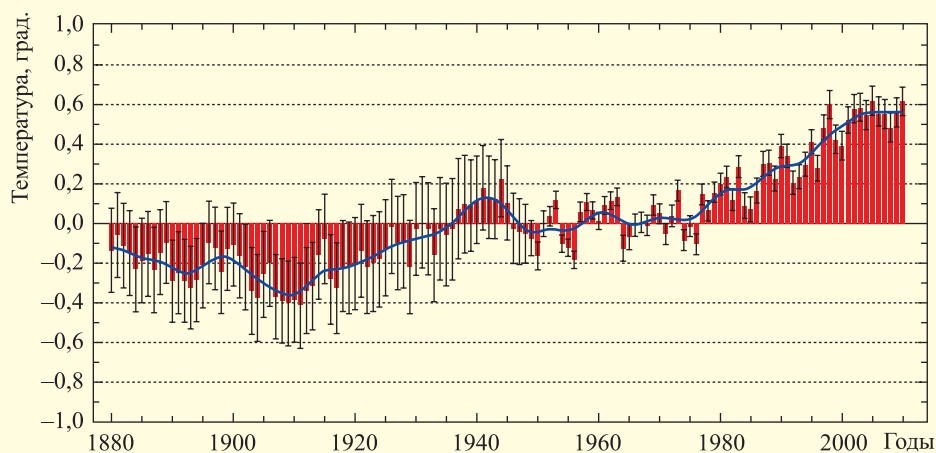


График аномалии глобальной температуры Земли в 1880–2010 гг., по данным Национального климатического центра данных США (NCDC) и Управления океанических и атмосферных исследований (NOAA).

полушарии стала снова смещаться к югу. Это выразилось в росте площади ледяного покрова Северного Ледовитого океана. С начала 1940-х гг. и до конца 1960-х гг. площадь льда в арктическом бассейне возросла на 10%. Потепление сменилось в середине XX в. непродолжительным и несильным похолоданием. В научной среде мнения о прогнозе дальнейших изменений климата разделились: одни высказывали предположения о дальнейшем похолодании к концу XX в., а другие — о возобновлении потепления.

С середины 1970-х гг. началось второе за историю инструментальных на-

блюдений глобальное повышение температуры, но в некоторых публикациях (вплоть до начала 1990-х гг.) сам факт появления второй волны потепления долго оспаривался. К концу XX в. это явление было признано научным сообществом. Однако в начале XXI в. рост температуры приостановился. Так уже было ранее, на пике первого глобального потепления, которое тогда сменилась фазой похолодания. Современное замедление в потеплении длится уже около 16 лет. Что будет после паузы? Возник принципиальный вопрос: изменение климата или его колебание мы наблюдаем?

Осознание свершившихся климатических перемен всегда происходило с большим отставанием. Сегодня значимость паузы в потеплении климата признают не все. Замедление в потеплении кто-то считает временным

незначительным проявлением “внутренней изменчивости” температуры, за которой последует дальнейшее повышение температуры, способное растопить многолетние льды Арктики. Другие специалисты видят в паузе начало новой фазы понижения глобальной температуры, максимум которого пришелся на рубеж XX в.

АНТРОПОГЕННАЯ ГИПОТЕЗА

Второе потепление пришлось на годы интенсивной индустриализации в мире. Тенденция повышения температуры совпала с ростом численности населения Земли и повышением количества промышленных выбросов углекислого газа в атмосферу. Усилился суммарный парниковый эффект от воздействия всех парниковых газов атмосферы (это, прежде всего, водяной пар и CO₂ природного происхождения, метан).

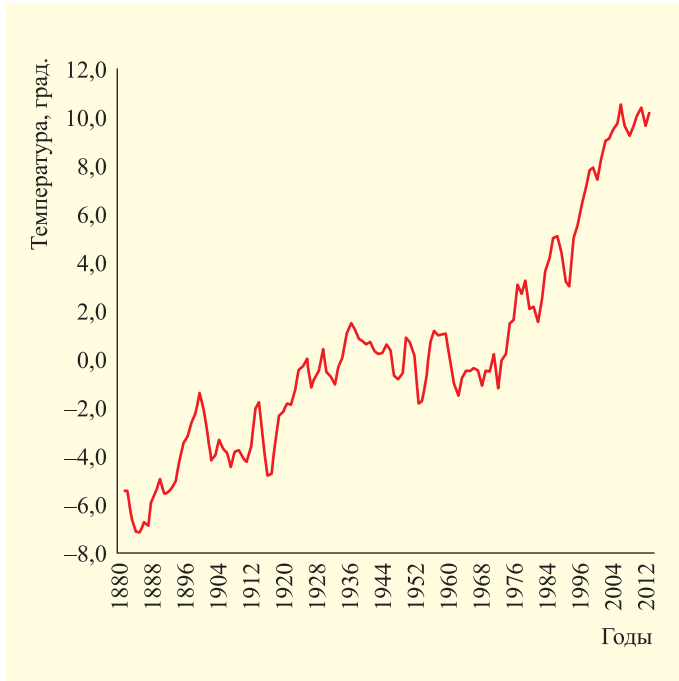
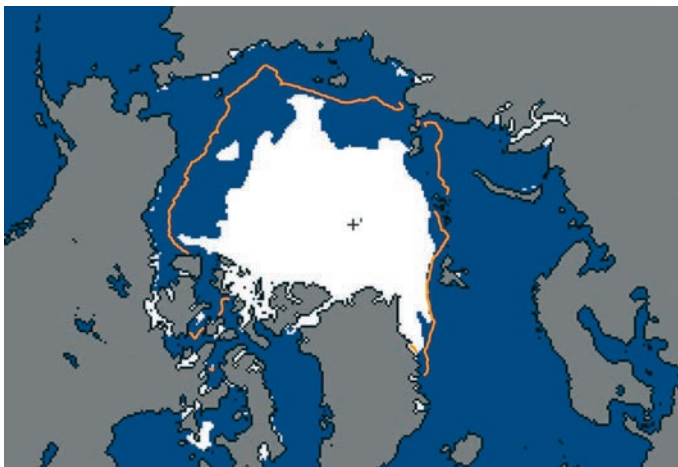


График изменения температуры воздуха в Северном полушарии Земли (сглажено по трем годам). Хорошо заметны две волны потепления: первая – в 1930-х гг., вторая – начиная с 1970-х гг.

Появились физико-математические модели (с элементами эмпирического подбора коэффициентов), в которых удалось добиться сходства модельной тенденции изменения средней температуры на планете во второй половине XX в. с фактической

тенденцией. Основным внешним фактором, влияющим на климат, в моделях определен антропогенный углекислый газ. Другие внешние факторы учесть не удалось из-за отсутствия понимания механизмов их воздействия на климатическую

систему. Не вполне удалось описать в моделях физико-географические особенности происходящих изменений климата по регионам, поэтому за последние десятилетия XX в. ошибки в модельных оценках средних значений температуры воздуха в некоторых регионах Земли достигают ± 5 °С. Современную затянувшуюся паузу в потеплении по тем же модельным расчетам также не удалось заблаговременно предсказать. Тем не менее прогностические сценарии ожидаемых однонаправленных и неизбежных катастрофических климатических перемен к концу XXI в., рассчитанные по этим моделям, считаются основными.



ПРИРОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА

Сомнение в безоговорочной антропогенной природе современного потеп-

Распространение льда в Северном полушарии Земли в сентябре 2015 г. Желтой линией показано среднее положение (за 1981–2010 гг.) границы льда. Крестиком обозначен Северный полюс.

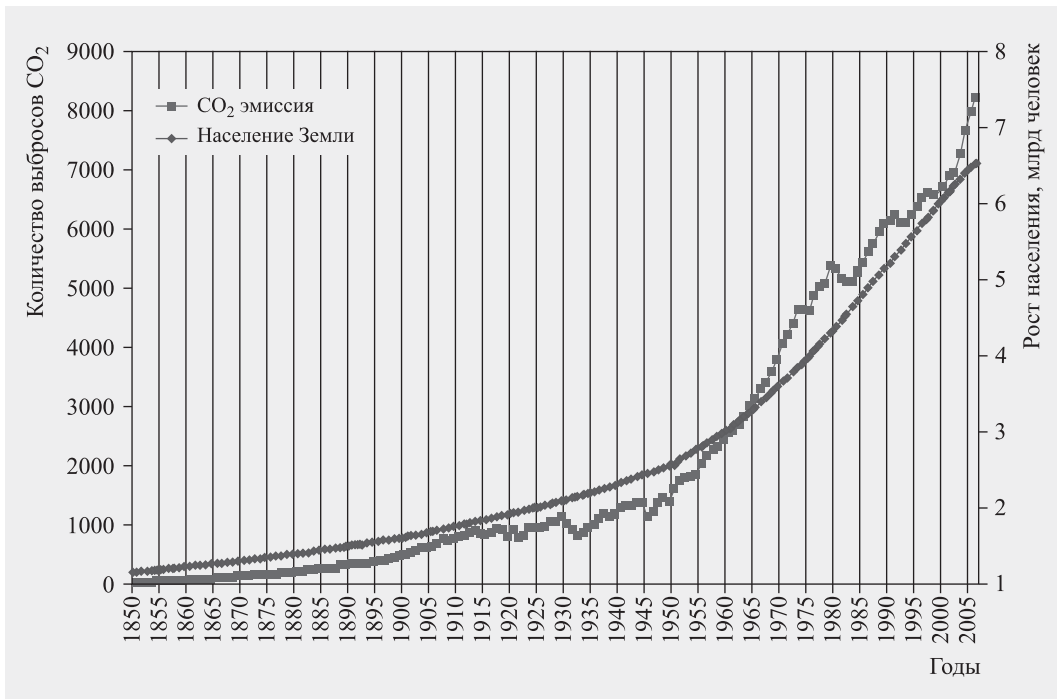


График роста численности населения Земли и эмиссии углекислого газа.

ления основано на исторических фактах колебания климата за много столетий. Подобные и более значительные повышения температуры наблюдались много раз в прошлом и каждый раз сменялись похолоданием. Содержание парниковых газов в атмосфере, действительно, возросло за последние 100 лет, и потепление наблюдалось в эти годы. Но какова связь между ними?

По данным академика В.М. Котлякова, концентрация парниковых газов и средняя температура воздуха на Земле

в прошлом всегда изменялись согласовано, как это следует из анализа ледяных кернов за много столетий (Земля и Вселенная, 2010, № 5). Нынешнее изменение температуры не выходит за рамки ее естественных исторических флуктуаций в доиндустриальную эпоху, когда не было антропогенного парникового газа.

Данные регулярных инструментальных наблюдений за температурой воздуха во многих регионах Земли имеют преимущественно не ранее, чем с конца XIX в., и точно известно, что в этот период произошли уже две волны глобального потепления. Но в центральной Англии сведения о температуре известны с XVII в.,

там можно проследить ее вариации за 350 лет.

В доиндустриальную эпоху XVII–XIX вв., по данным наблюдений, в центральной Англии наблюдались три волны вековых колебаний климата, а во второй половине XX в. там же, как и на всей Земле, началась фаза потепления четвертой волны, которая достигла максимума к концу XX в., но далее наступила пауза.

Что будет дальше? До сих пор за повышением температуры следовала фаза ее понижения. Может ли теперь быть иначе?

Если экстраполировать природные колебания, то в предстоящие десятилетия следует ожидать перехода к фазе понижения температуры.



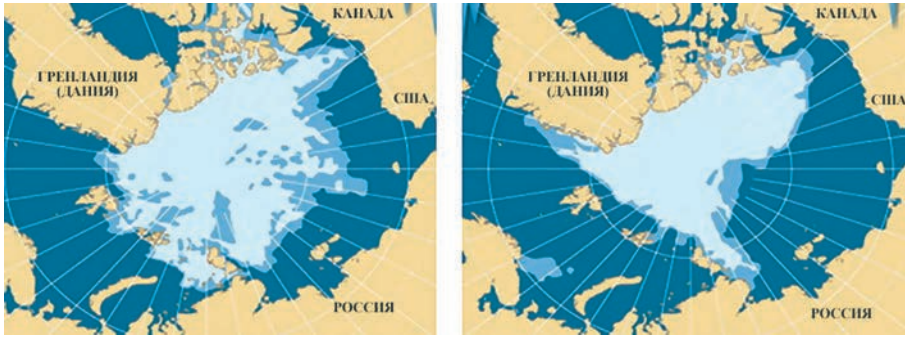
Если верна антропогенная гипотеза – тогда потепление продолжится. Наиболее вероятным представляется третий вариант развития событий: вслед за паузой и незначительным временным похолоданием климата (как это уже было в 1950–1960-е гг.) начнется третья глобальная потепление климата, но оно не будет столь мощным, как предсказано на основе антропогенной гипотезы. В основу такого предположения положено наличие природного 60-летнего цикла в климатической системе, который был основной причиной как первого, так и второго глобальных потеплений XX в. Вычислить антропогенный

вклад в такое изменение климата крайне сложно.

Увеличение количества CO_2 в атмосфере зависит не только от деятельности человека; концентрация CO_2 в атмосфере подвержена природным колебаниям. При оценке вклада антропогенного CO_2 в наблюдающееся повышение температуры очень важно точно учитывать общий баланс CO_2 на границе океан–атмосфера. По известным законам физики, в зависимости от температуры верхнего слоя океана, CO_2 атмосферы усиленно растворяется в океане при похолодании, а при потеплении – выделяется из океана в атмосферу.

В Англии, когда слой льда становился достаточно прочным, люди выходили на реку для прогулок и развлечений, торговали, катались на коньках, проводили ярмарки. Гравюра XVII в.

По данным академика Р.И. Нигматулина, величины природных межсезонных потоков CO_2 , “мигрирующих” из океана в атмосферу и из атмосферы в океан, в 60–80 раз превышают антропогенные выбросы CO_2 в атмосферу за весь XX в. Для точного учета сезонных потоков CO_2 на границе океан–атмосфера необходимы очень подробные сведения о состоянии мирового океана, вплоть до его больших глубин.



Карта таяния льдов в Арктике в 2003 г. (близкий к среднему минимум прошлых лет) и в 2007 г. (абсолютный минимум за весь период наблюдений). Белым цветом показаны льды толщиной более 1 м, серым – менее 1 м. Тенденция к сокращению арктических льдов сохраняется.

Измерения характеристик океана проводятся, но их недостаточно; точные оценки получить проблематично. Модели океана еще менее точны. Можно ли быть уверенным, что существующие несовершенные его модели с исчерпывающей точностью описывают состояние верхнего слоя океана так, чтобы правильно оценить баланс естественных сезонных и долгопериодических колебаний концентрации CO_2 в океане и в атмосфере.

С учетом естественных процессов перехода CO_2 из океана в атмосферу и обратно изменение общей концентрации CO_2 в атмосфере можно рассматривать в значительной мере как следствие потепления климата, а не как его причину.

Таким образом, признавая наличие антропогенной составляющей в современных изменениях климата, нельзя

отбрасывать естественные его колебания, которые всегда были и останутся. По мнению академика В.М. Котлякова, *“каковы бы ни были антропогенные изменения климата, они накладываются на его естественные вариации, масштаб которых все еще сильно превосходит влияния, обусловленные эмиссией парниковых газов... Понимание и предсказание последствий роста концентрации парниковых газов в атмосфере (так называемое глобальное потепление вследствие парникового эффекта) требует понимания естественной изменчивости природных процессов, на которые накладывается антропогенное влияние”*.

По данным наблюдений на полутора тысячах метеорологических станциях России, автором были выполнены исследования влияния повышения концентрации CO_2 (во второй

половине XX в.) на повышение температуры воздуха. Проводились статистические эксперименты, в результате которых на основе специальных выборок и обобщений нивелировались влияния адвекции тепла, парникового эффекта водяного пара и облачности на изменения температуры воздуха на разных широтах и в разных сезонах, а также оценивалась зависимость изменений температуры от радиационного баланса у поверхности Земли. Смысл статистического эксперимента заключался в том, чтобы исключить колебания температуры воздуха, связанные с воздействием известных природных факторов; после этого оставшиеся колебания температуры можно рассматривать как результат изменения радиационного баланса при изменении концентрации CO_2 в атмосфере. Иначе говоря,

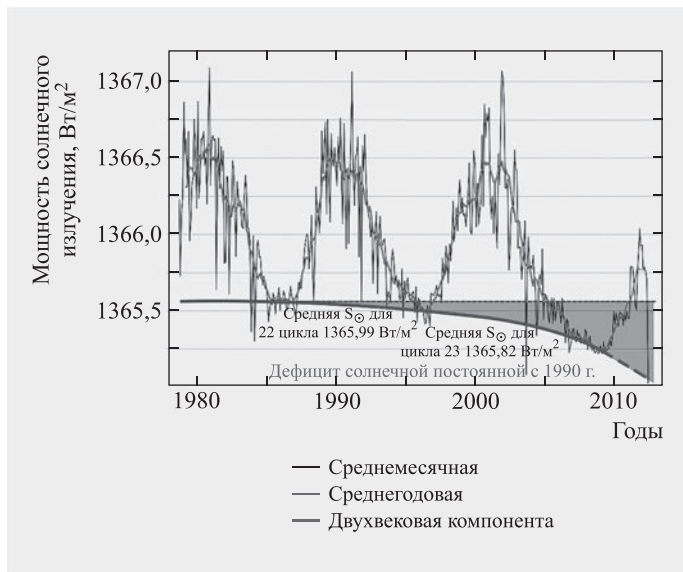


График изменения солнечной постоянной в 11-летнем цикле.

прежде всего, притоком солнечной энергии (при существующих астродинамических параметрах Земли). Поэтому первыми двумя условиями постоянства климата являются сохранение светимости Солнца и параметров орбиты Земли. На самом деле ни то, ни другое не может быть строго постоянным, наблюдаются их малые вариации. В начале 1980-х гг. была обнаружена переменность солнечной постоянной, связанная с 11-летним солнечным циклом. При высокой солнечной активности на светиле увеличивается число пятен, от площади которых зависит светимость Солнца и изменение солнечной постоянной. По данным заведующего сектором космических исследований Солнца ГАО РАН доктора физико-математических наук Х.И. Абдусаматова, вариации солнечной постоянной составляют 0,07%. Вопрос о влиянии столь малых вариаций солнечной постоянной остается дискуссионным и сводится к проблеме “чувствительности” климатической системы к ним.

Вариациями светимости Солнца не исчерпывается изменение солнечной активности. Солнце выделяет в космическое

специальная статистическая обработка позволяет из всего объема колебаний температуры выделить только те изменения, которые являются следствием изменения концентрации CO_2 в атмосфере. Оказалось, что под влиянием изменения концентрации CO_2 происходили изменения температуры воздуха, которые составили около 25% от общей изменчивости температуры.

Итак, данные наблюдений подтвердили влияние повышенной концентрации парниковых газов на потепление климата во второй половине XX в., но одновременно показали, что изменения количества антропогенного CO_2 в атмосфере не могли быть главной причиной потепления климата в этот период. Данные наблюдений не подтверждают выводы о доминирующей

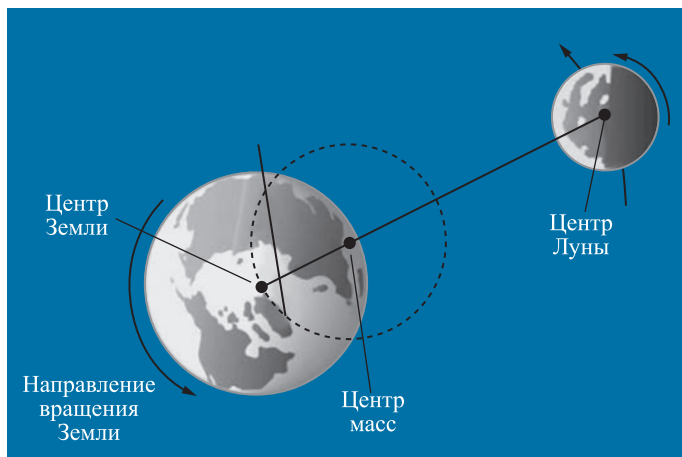
роли усиления парникового эффекта в потеплении климата в XX в. Необходимы более глубокие исследования климатической системы и факторов, способных влиять на нее.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТОЯНИЕ КЛИМАТА

История климата – это история его колебаний. Потепление климата в XX в. – по сути, продолжение этой истории. Любые колебания должны иметь свои причины. Климатическая система обладает свойствами колебательной системы, и на нее распространяется теория колебаний. В природе все колебания неизбежно затухают и должны прекратиться через некоторое время (если нет внешнего фактора, их поддерживающего). Климат Земли определяется,

Схема движения Земли и Луны вокруг их общего центра масс.

пространство не только электромагнитное излучение, определяющее его светимость, оно – также источник потоков заряженных частиц и модуляторов галактических потоков высокоэнергичных частиц, называемых космическими лучами. Солнечные заряженные частицы достигают Земли и воздействуют (особенно в высоких широтах) на ее магнитосферу и верхнюю атмосферу. Они способны создавать возмущения в атмосферной циркуляции с вытекающими последствиями для погоды и климата. Космические лучи способны проникать в нижнюю тропосферу и непосредственно там создавать возмущения в атмосферной циркуляции, в погоде и климате. Межпланетные магнитные поля модулируются солнечной активностью и влияют на приток заряженных частиц, исходящих от Солнца и поступающих из космоса в магнитосферу и атмосферу. С учетом всей сложности явления, которое подразумевается под словами “солнечная активность”, совершенно недостаточно только по данным о светимости Солнца судить о его воздействии на климатическую систему. В качестве



сравнения – никто еще не придумал по светимости экрана телевизора судить о влиянии телевидения на общество; данные процессы значительно сложнее.

Не менее важную роль в вариациях климата играет количество поглощенной поверхностью Земли солнечной радиации. С астрономической точки зрения, оно определяется углом падения солнечных лучей на поверхность Земли, зависящим от угла наклона земной оси к эклиптике. В результате взаимодействия Земли с Луной и планетами возникают вариации параметров орбитального движения Земли и наклона земной оси. При этом изменяются условия поглощения солнечной радиации, длительность сезонов и, соответственно, меняется годовой суммарный приток солнечного тепла в климатическую систему.

Астродинамические условия – основа форми-

рования радиационных составляющих климата планеты. Вариации в параметрах орбитального движения Земли и наклона земной оси могут сопровождаться не только радиационными, но и динамическими возмущениями во всех оболочках Земли. Наша планета всегда испытывает повторяющиеся переменные гравитационные воздействия со стороны других тел Солнечной системы. В результате таких воздействий параметры движения Земли никогда не остаются постоянными. Возмущения могут значительно отличаться по величине и по продолжительности – от нескольких дней до многих тысячелетий. Величины изменений параметров движения Земли зависят от массы возмущающих тел и расстояния до них. Поэтому в движении Земли наиболее сильные возмущения создают ближайšie к ней тела – Луна, Венера, Марс и массивный

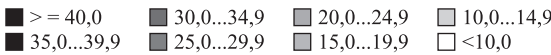
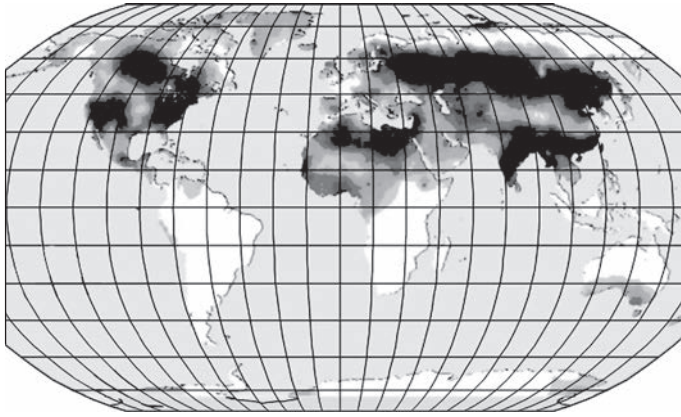


График количественной оценки влияния склонения Луны на общую дисперсию аномалий температуры воздуха (%) в июне–июле, по многолетним данным. Разными оттенками темного цвета выделены регионы на Земле, где “вклад” изменения склонения Луны в изменчивость температуры воздуха составляет 25–40%.

Юпитер. Вопрос заключается в том, являются ли эти вариации настолько существенными, чтобы заметно влиять на колебания климата Земли?

ВЛИЯНИЕ ЛУНЫ НА КЛИМАТ

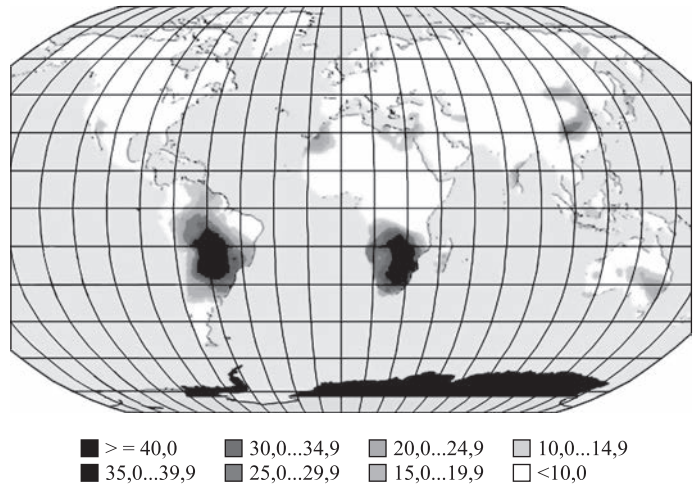
Наибольшие возмущения в движении Земли создает Луна. Положение оси вращения Земли и ее наклон имеют важнейшее значение для формирования атмосферной и океанической циркуляций. В упрощенном представлении Луна вращается вокруг Земли, на самом деле Земля и Луна вращаются вокруг их общего центра масс. Под действием Луны ось вращения системы Земля–Луна никогда не проходит через центр Земли и может смещаться относительно центра в сторону Луны примерно на 4670 км. В результате возникает центробежная сила, которая действует на нашу планету. Совместное дей-

ствие центробежной силы и силы притяжения Луны создает приливную силу и приливы в твердом теле Земли, в океане и в атмосфере. Величина приливной силы является функцией, зависящей от склонения и геоцентрического расстояния Луны. Лунные приливы приводят к растяжению всех оболочек Земли (литосферы, океана, атмосферы) в сторону Луны на географической широте, равной склонению Луны и в диаметрально противоположную сторону. При растяжении Земли огромные массы литосферы и океана удаляются на некоторое расстояние от оси ее вращения, момент инерции увеличивается, при этом неизбежно замедляется вращение Земли вокруг своей оси (так как произведение момента инерции на угловую скорость – величина постоянная). Изменение скорости вращения Земли

при изменении склонения Луны сопровождается “перестройкой” общей атмосферной циркуляции, а также изменением пространственного распределения воздушных потоков и температуры воздуха на планете.

За один оборот вокруг Земли Луна проходит путь от максимального положительного склонения (при положении Луны в северной полусфере) до наибольшего отрицательного склонения (в южной полусфере). Для оценки температурного эффекта, вызванного изменением склонения Луны, автором применялся метод “наложения эпох”. Для появления температурных вариаций существует множество причин. Были проанализированы отклонения температуры от ее годового хода под воздействием Луны на общем фоне колебаний другой природы. Основываясь на многолетних ежедневных данных

График количественной оценки влияния склонения Луны на общую дисперсию аномалий температуры воздуха (%) в декабре, по многолетним данным. Зимой в Северном полушарии Земли на фоне общей изменчивости температуры влияние Луны не проявляется.



об аномалиях температуры воздуха и о склонении Луны, были вычислены средние значения отклонений температуры от нормы для каждого земных суток за время движения Луны – от момента ее максимального положительного до максимального отрицательного склонения. Отношение “разброса” этих средних значений к общим колебаниям температуры воздуха показало долю (в процентах) влияния склонения Луны на изменения температуры воздуха относительно ее общей изменчивости. В этом исследовании использовались данные о склонении Луны и о температуре воздуха на 8376 метеорологических станциях.

Все области нашей планеты, испытывающие заметное влияние Луны на температуру воздуха летом, находятся в Северном полушарии. Зимой там влияние Луны не

проявляется на фоне общей изменчивости температуры. В декабре в Южном полушарии – лето, в это время в Южной Америке и на юге Африки становится заметным влияние Луны на температуру воздуха. Объяснение простое: известно, что в силу различий зимой и летом градиентов температуры воздуха между экватором и полюсом (а также сезонных особенностей формирования общей циркуляции атмосферы) общая изменчивость температуры воздуха зимой всегда больше, чем летом. Воздействие Луны на атмосферные процессы происходит во все сезоны и в Северном, и в Южном полушариях. Зимой в соответствующем полушарии возрастает общая изменчивость температуры воздуха, и на этом фоне относительный вклад Луны оказывается меньше. Летом – наоборот, общая дисперсия уменьшается,

и влияние Луны становится заметным на пониженном фоне общей изменчивости температуры. Это – один из возможных примеров влияния небесно-механических циклических систем на климатическую систему. Общая картина циклических внешних воздействий значительно сложнее и мало изучена. Вариации лунных воздействий имеют циклические составляющие (8–9 лет и 18–19 лет). Венера, Марс, Юпитер (и, возможно, другие планеты) тоже считаются “возмутителями спокойствия” Земли. Вопросы эффективности их воздействия на колебания климата заслуживают более глубокого изучения. Причем пришло время кардинально обновить подходы к изучению слабых, но циклических космических воздействий на колебательную систему. В этой проблеме совершенно не изучен резонансный подход.

РЕЗОНАНСНАЯ ГИПОТЕЗА И ЦИКЛИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Климатическая система проявляет себя как сложная колебательная система со многими нелинейными взаимодействиями. За миллионы лет она прошла несколько этапов эволюции. Независимо от своей природы, нелинейные колебательные системы в ходе динамической эволюции имеют тенденцию выходить на особый синхронный режим движения. Известно, что совокупность изолированных друг от друга объектов, совершающих колебания с различными частотами, при наложении иногда даже очень слабых связей, переходят в режим движения, при котором частоты объектов становятся равными кратным или находятся в рациональных отношениях. Такие соотношения орбит и периодов оборотов планет называют соизмеримыми, они определяются энергетически менее затратными условиями. Вариантов таких соотношений много. Соизмеримые периоды чаще относятся между собой как небольшие целые числа 1:1, 1:2, 1:3, 2:3, 2:5. Например, орбита Урана обладает резонансом 1:3 относительно Сатурна, орбита Нептуна – резонансом 1:2 относительно Урана, орбита Плутона – 1:3 относительно Нептуна. Орбита Сатурна проявляет

резонанс 2:5 относительно Юпитера. В процессе синхронизации (помимо соизмеримости периодов) устанавливаются определенные фазовые соотношения между колебаниями.

Более 50 лет назад доктор физико-математических наук профессор А.М. Молчанов (1928–2011), автор более 200 научных работ в области функционального анализа, газодинамики, теории устойчивости, нелинейных колебаний и математического моделирования биологических процессов и систем предложил гипотезу о резонансной структуре Солнечной системы. Признали ее не сразу, но постепенно она вошла в общую теорию поведения сложных колебательных систем. Согласно этой гипотезе, при изучении эволюции нелинейных колебательных систем следует принимать во внимание диссипативные силы. Они направлены на погашение взаимодействующих колебаний, хаотических по отношению друг к другу. Но они же приводят к резонансному усилению тех колебаний, периоды которых находятся между собой в рациональных соотношениях. В сложных системах формируются собственные частоты колебательной системы. Силы взаимодействий могут быть больше или меньше, от их величины зависит скорость эволюции

и скорость перехода системы в стационарный резонансный режим. Конечно стационарное состояние системы, достигаемое к концу эволюции, обязательно должно быть резонансным.

В космическом масштабе времени постепенно накапливающиеся эффекты малых сил взаимодействий между планетами становятся определяющими в формировании структуры Солнечной системы. Так и причиной колебаний климата могут стать слабые циклические воздействия тел Солнечной системы и циклические воздействия солнечной активности на Землю. Циклы солнечной активности, малые вариации орбиты Земли, изменение скорости ее вращения и другие факторы при каждом одиночном циклическом воздействии не обладают достаточной энергией для создания причин изменения климата. Но на протяжении миллионов лет в результате этих слабых ритмических воздействий на климатическую систему колебательные процессы в климатической системе должны резонансно раскачаться, как качели, на частотах, соизмеримых с частотами слабых внешних воздействий. При этом характеристики климатической системы должны эволюционировать к состоянию, синхронизированному с планетными

конфигурациями и циклами солнечной активности.

В климатической системе за миллионы лет сформировались собственные частоты колебаний, часть из них соответствует частотам внешних воздействий и является следствием резонансной эволюции. При статистическом анализе могут обнаруживаться тесные корреляции между колебаниями в характеристиках солнечной и климатической систем, если их частоты совпадают (даже когда энергии внешнего воздействия на Землю не достаточно для изменения состояния климата). Примеров таких тесных, но необъяснимых на первый взгляд корреляций довольно много. Противоречия между слабой энергией каждого внешнего воздействия на Землю и значительными изменениями климата исчезают, если понимать, что воздействие было резонансным и многократным. Такой взгляд на природу колебаний в климатической системе существенно расширяет представления о причинно-следственных связях влияния на нее внешних факторов. По-видимому, необходимо создавать принципиально новую физико-математическую модель климата, в которой законы взаимодействий дополняются резонансными соотношениями. Способ создания резонансной физико-математической модели пока

не найден, но определенных успехов в создании статистической модели уже удалось добиться. Ее структура учитывает гипотетические свойства резонансной системы колебаний.

Глобальный (и региональный) климат может характеризоваться изменением состояния во времени. Следует учитывать, что колебания в атмосфере бывают собственные и вынужденные, их свойства различны. Собственными (или свободными) называются колебания, которые совершает система около положения устойчивого равновесия после первоначального возмущения; их частоты определяются свойствами самой системы и не зависят от периодичности повторяющихся воздействий на систему. Собственные колебания совершаются только за счет внутренних сил противодействия первоначальному возмущению, вынужденные же – благодаря энергии внешнего воздействия.

Частота вынужденных колебаний системы всегда совпадает с частотой воздействующих на нее переменных внешних сил. Свободные колебания имеют собственные резонансные частоты, присущие системе. Они связаны с возмущающим воздействием только временем его начала. В момент возмущающего воздействия “запускаются” затухающие колебания системы на

собственных частотах – это основополагающее положение для построения статистической модели.

Атмосфера – наименее инерционная составляющая климатической системы: в ее характеристиках нет необходимых условий для длительного поддержания колебаний и нет условий для их резонанса. Но она подвержена воздействиям на нее со стороны других составляющих системы (например, океана). Влияние на атмосферу каждого возмущения от разных составляющих системы (а также внешних факторов) каждый раз сопровождается запуском новой серии собственных возмущений в атмосфере. Колебания на собственных частотах при каждом новом запуске имеют новую фазу, что принципиально влияет на метод определения периодичности. Происходит наложение новых колебаний на затухающие старые, при этом возникают интерференция и биения; определить их периодичность часто не удается.

При всей сложности и многофакторной зависимости процессов в климатической системе колебания в атмосфере не некоторым образом все же самосогласуются и возникают ритмы, которые легче поддаются выделению. Полученные сведения о них могут послужить базой для построения статистической модели изменений климата.

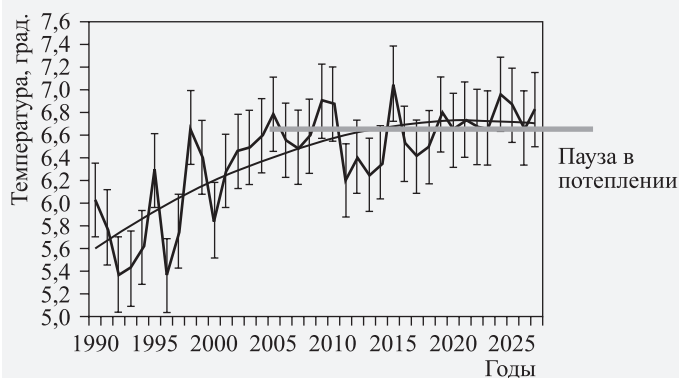


График среднегодовой температуры воздуха Северного полушария Земли: по данным наблюдений (1990–2006) и по прогнозу автора на 2007–2025 гг. Из публикации автора, 2008 г.

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Исследования ритмической структуры характеристик климата (преимущественно температуры) на основе данных наблюдений мировой метеорологической сети позволили автору построить статистическую модель регионального климата, в которой охватываются все районы Земли. Основу модели для прогноза климата составил метод выделения скрытой периодичности, предложенный в 2007 г.

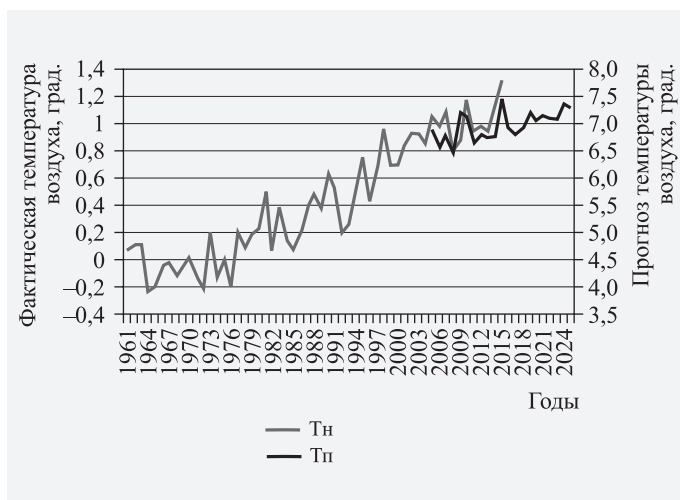
В атмосфере, как и во всех нелинейных системах, в результате внешних воздействий возникают возмущения на собственных частотах. В каждом районе Земли существует одновременно несколько собственных частот колебаний характеристик атмосферы – таких, как температура, давление, влажность воздуха, осадки. Собственные частоты в районе определяются его физико-географическими условиями: географической широтой, удаленностью от океана, рельефом, преобладающим направлением ветров.

Сложение сразу нескольких колебаний на соб-

Основным источником знаний о климатической системе являются ряды данных наблюдений. В любой первоначальный заданный момент времени поле параметров климатической системы содержит градиенты, которые в некоторый начальный момент “задают” движение всем процессам системы: выравнивая их, подобно маятнику, который перед запуском был “отклонен” от вертикали, а потом начал движение. Так же, как маятник в своем движении, колебательные процессы в климатической системе проходят точку равновесия по инерции и “уходят от равновесия” в другую сторону. Затем начинается движение в обратную сторону, опять в направлении к равновесию. Внешние воздействия задают начальную фазу

затухающих колебаний климатической системы на собственных частотах. Статистическая модель должна выявить закономерности повторения внешних воздействий на атмосферу и экстраполировать моменты появления последующих внешних воздействий – описать возникающие после этого серии затухающих колебаний характеристик атмосферы. Для атмосферы внешними факторами являются возмущения в океане и изменения ледяного покрова на полюсах. В самой атмосфере затухающие колебания не могут сохраняться годами, но в глубинных процессах океана и в ледяном покрове периоды их существования могут составлять десятилетия (и даже достигать тысячелетий).

График колебаний среднегодовой температуры воздуха над континентами в Северном полушарии Земли: прогноз (Тп), составленный автором в 2007 г. на 2007–2025 гг., и фактические значения температуры воздуха (Тн), по данным NASA, 1961–2015 г. Наблюдения на метеорологических станциях Северного полушария, 2015 г.



ственных частотах проявляется в характеристиках атмосферы чередой возмущений, которые с кажущейся хаотичностью возникают на интервале — от одного внешнего воздействия до другого. На самом деле кажущаяся хаотичность появления максимумов и минимумов ряда имеет строгую последовательность. При каждом следующем внешнем воздействии эта чередка как бы хаотических возмущений в атмосфере повторяется.

Эти явления подпадают под определение ритмических колебаний, поскольку ритм есть чередование каких-либо элементов, происходящее с определенной последовательностью. В природе существует наложение ритмов, поэтому на практике в статистическую модель закладывается выделение и экстраполяция нескольких ритмов изменений

температуры. Несколько ритмов обуславливает сложную форму колебаний во временных рядах. Таким образом, статистическое моделирование должно быть направлено на описание закономерностей внешних воздействий на атмосферу и следующих за ними свободных колебаний температуры на собственных частотах. Заведомо предполагается, что после каждого внешнего воздействия на атмосферу в ее характеристиках будут возникать серии непериодических возмущений в своей, строго определенной последовательности. После каждого нового внешнего воздействия в атмосфере будет возникать серия новых возмущений, начинающихся с новой фазы.

На региональную температуру воздуха одновременно воздействует много разных факторов, со своей системой ритмов;

их “набор” меняется в зависимости от сезонных, циркуляционных, физико-географических и других условий. С помощью компьютерной программы проводится многократный поиск ритмов, и из них выделяется такая совокупность, которая наилучшим образом описывает изменения температуры в период, ближайший к последнему году перед прогнозом. Предварительный анализ показал, что на разных метеорологических станциях ритмы не слишком отличаются по длительности: от 4–6, 8, 11, 18, 35 лет. Происхождение ритмов еще предстоит изучать. На основе анализа приведенных наблюдений автором разработана статистическая модель выделения скрытых ритмов в атмосфере с их последующей экстраполяцией во времени.

Модель использовалась для прогноза на 20 лет

вперед среднемесячных значений температуры воздуха в узлах географической сетки $5 \times 5^\circ$ Северного полушария. Затем на их основе вычислялись среднегодовые значения средней температуры воздуха в Северном полушарии. В итоге прогнозировались среднегодовые значения температуры Северного полушария.

Насколько достоверны эти прогнозы? – Наилучшей независимой проверкой точности прогноза изменений климата является публикация прогноза и последующее его сравнение с появившимися данными наблюдений. Такая возможность представлялась – прогноз до 2025 г. был опубликован в 2008 г. в монографии автора “Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата” (Обнинск, 2008)

и в автореферате его докторской диссертации. Теперь можно сравнить их с данными новых накопленных наблюдений.

По авторской модели, еще в 2007 г. было предсказано замедление потепления климата в начале XXI в. – теперь это стало очевидным. Факт появления паузы показал полное согласие с опубликованным прогнозом изменения температуры воздуха в Северном полушарии в 2007–2015 гг. Пауза в потеплении климата была заблаговременно предсказана в 2007 г.

На фоне “тренда замедления потепления климата” в температуре воздуха имелись в разные годы отклонения в большую или меньшую сторону; они тоже были правильно предсказаны. Сравнение прогностических и фактических значений

температуры за каждый год (2007–2015) показало совпадение основных пиков аномально теплых (2009–2010, 2015) по прогнозу и по факту, а также прохладных (2008, 2011–2013) лет.

Проверка показала, что предложенная автором статистическая модель климата позволяет вычислять ожидаемые изменения температуры на два десятилетия вперед; более детальная проработка коротких периодов циклов позволяет составлять и сезонные прогнозы температуры воздуха на год. Ведутся разработки по созданию статистической модели для прогноза количества атмосферных осадков на планете и температуры поверхности океана, а также других характеристик климатической системы.

Информация

Странная форма жизни

Специалисты Института астробиологии NASA под руководством Пенелопы Бостон обнаружили живые организмы, находящиеся внутри гигантских кристаллов селенита в пещерах под г. Найка в мексиканском штате Чиуауа.

Они располагаются над магматическим карманом, поэтому температура здесь держится на уровне $+60^\circ\text{C}$. Содержание кислорода в пещере низкое, а уровень влажности и закисленности очень высокие. Микроорганизмы находились в кристаллах в течение около 60 тыс. лет в состоянии геолатентности (оставались жизнеспособными), но не проявляли активности. Крупнейший кристалл в пещере весит 55 т, его длина 11 м, ширина 4 м. Установлено, что для выживания бактерии,

вирусы и археи “использовали” оксид меди, марганец, сульфиды и железо; переработка этих веществ обеспечивала их энергией.

Эксперты напомнили, что внутри ледяных спутников Сатурна и Юпитера (а также в небесных телах Вселенной) возможны аналогичные условия. Это вселяет надежду, что жизнь может существовать и на других планетах или их спутниках.

*Пресс-релиз NASA,
20 февраля 2017 г.*

“Был век наш нужен Королёву, а веку – нужен Королёв”

12 и 13 января 2017 г. в Мемориальном доме-музее академика С.П. Королёва и в Мемориальном музее космонавтики прошли памятные мероприятия, посвященные 110-летию со дня рождения Главного

конструктора С.П. Королёва. В них приняли участие летчики-космонавты СССР, России и ветераны ракетно-космической отрасли.

Сергей Павлович Королёв – легендарный конструктор ракетно-космических систем, стоявший во главе всех приоритетных проектов по освоению космического пространства. Наиболее приоритетные из них – запуск первого искусственного спутника Земли и полет первого человека в космос (Земля и Вселенная, 2007, № 1).

Судьба Сергея Павловича Королёва и время,

в которое он жил, переплелись неразрывно. Юношеская увлеченность планетизмом, создание летательных аппаратов собственной конструкции и их испытания; учеба без отрыва от работы на авиапредприятиях; знакомство с трудами К.Э. Циолковского и выбор жизненной цели – “строить ракеты и летать на них”; творческий поиск вместе с основоположниками космонавтики Ф.А. Цандером и М.К. Тихонравовым, группой энтузиастов в ГИРД, завершившийся запуском первых в стране жидкостных ракет в Подмосковном



Участники торжественного мероприятия, посвященного 110-летию со дня рождения С.П. Королёва, у памятника Главного конструктора в Доме-музее.



Витрина с наградами и документами С.П. Королёва в Мемориальном музее космонавтики.

Нахабино; создание первого ракетоплана; разработка ряда крылатых ракет с автоматическим управлением в РНИИ и громадные творческие планы на будущее – все это оборвалось в 1938 г. в связи с его трагическим арестом “за вредительскую деятельность”. Он прошел тюрьмы Москвы и Новочеркасска, мучительный этап через всю страну, познал каторжный труд лагерника на приисках Колымы. Во время войны Сергей Павлович работал в специальных КБ НКВД – Москве, Омске, Казани, где вместе с другими необоснованно репрессированными учеными, конструкторами и инженерами под руководством таких же “врагов народа” – А.Н. Туполева, В.М. Мяс-

щева, В.П. Глушко и других создавал новые образцы военной авиационной техники (в том числе и первые реактивные установки к серийным самолетам). Вскоре после освобождения из-под стражи и снятия судимости (27 июля 1944 г.) С.П. Королёва направили на работу по созданию отечественного ракетостроения, он стал общепризнанным лидером в этой области.

Имя С.П. Королёва долгое время держалось в секрете. В годы триумфальных успехов советской космонавтики в средствах массовой информации он был безымянным “Главным конструктором”, а свои статьи в газетах и научных сборниках до конца своей жизни подписывал

псевдонимом “профессор К. Сергеев”.

Научные и технические идеи С.П. Королёва были воплощены в основном в ракетной и космической технике. Создание и запуски ракет и ракет-носителей открыли новую эпоху в вопросах обороны и развития науки и народного хозяйства. Талант большого ученого и организатора позволили Сергею Павловичу более 20 лет направлять работу многих НИИ и КБ на решение государственных комплексных программ, а также воспитать плеяду замечательных ученых и инженеров-конструкторов, которые достойно продолжают начатое им дело.

С именем С.П. Королёва связано выдающееся

событие XX в. – начало космической эры человечества. Под его руководством были созданы: первый космический комплекс, многие баллистические и геофизические ракеты, первая в мире межконтинентальная баллистическая ракета, ракета-носитель “Восток” и ее модификации, запущены первый искусственный спутник Земли, АМС серий “Луна”, “Венера” и “Марс”, ИСЗ “Молния-1” и космические аппараты “Космос” военного назначения, осуществлены полеты космических кораблей “Восток” и “Восход”, разработан проект перспективного многоцелевого корабля “Союз”.

В первый день торжеств сотрудники Музея и почетные гости возложили цветы к памятнику С.П. Королёва на Аллее Героев космоса. В здании Музея космонавтики в зале “Утро космической эры” была открыта выставка “Ордена он не носил при жизни...” (представлены все его подлинные награды, грамоты о присвоении звания Героя Социалистического Труда и Золотая медаль лауреата Ленинской премии, орденские книжки и другие документы). Прошел приуроченный к памятной дате специальный показ одного из лучших художественных фильмов “Укрощение огня” (1972).

В Доме-музее открыли выставку “Вот тот, который прочертил орбиту” – это “штрихи” жизни и творчества Главного конструктора. На ней представлены почти все документы



Н.С. Королёва представляет книгу-альбом “Жить надо с увлечением!”, выпущенную к 110-летию ее отца. За столом – бывший директор музея Ю.М. Соломко. Мемориальный музей космонавтики.

уникальной фондовой коллекции музея из семейного архива Королёвых (они безвозмездно были переданы на государственное хранение Ниной Ивановной, вдовой академика). Выставка открывается витриной с одеждой Сергея Павловича, эти вещи музей экспонирует впервые. К счастью, удалось подобрать фотографии разных лет, на которых С.П. Королёв запечатлен именно в том же плаще, пальто или куртке, сотрудники музея их бережно хранят уже более 40 лет.

13 января в Мемориальном музее космонавтики прошел Вечер памяти “Был веку нужен Королёв”, в котором приняли участие почетные гости: доктор медицинских наук **Королёва Наталья Сергеевна** – дочь Главного конструктора; **Бакланов**

Олег Дмитриевич – Министр общего машиностроения СССР (1983–1988), Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии; **Вачнадзе Вахтанг Дмитриевич** – Генеральный директор НПО “Энергия” (1977–1991), академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, Почетный гражданин г. Королёва; **Бармин Игорь Владимирович** – Генеральный конструктор по наземной космической инфраструктуре, заместитель генерального директора ФГУП “Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры”, член-корреспондент РАН; **Благов Виктор Дмитриевич** – заместитель руководителя Центра управления космическими полетами (1972–2005), главный специалист Научно-технического

центра летной эксплуатации космических аппаратов; **Александр Павлович, Атьков Олег Юрьевич, Афанасьев Виктор Михайлович, Волинов Борис Валентинович, Горбатко Виктор Васильевич, Джанибеков Владимир Александрович, Леонов**

Алексей Архипович, Ковалёнок Владимир Васильевич – дважды Герои Советского Союза, летчики-космонавты СССР; **Крикалёв Сергей Константинович** – Герой Советского Союза, Герой Российской Федерации, летчик-космонавт; **Шкаплеров Антон Николаевич**, Герой Рос-

сийской Федерации, летчик-космонавт России.

Все присутствовавшие сердечно, с огромным теплом (и, конечно, с грустью) вспоминали о выдающейся личности и прекрасном сыне нашей великой страны – о Главном конструкторе Сергее Павловиче Королёве.

НОВЫЕ КНИГИ

Монография о Вселенной

Издательство “ФИЗМАТЛИТ” при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований выпустило в 2016 г. монографию “Космос. От Солнечной системы вглубь Вселенной” известного планетолога, заведующего отделом Физики планет Института прикладной математики РАН, заместителя председателя Научного совета РАН по проблемам Луны и планет, председателя секции “Солнечная система” Астросовета академика М.Я. Марова.

В книге, довольно сжатой по объему и популярной по форме, излагаются современные представления о космосе и населяющих его телах. Это, прежде всего, – Солнце и Солнечная система, планеты земной группы



и планеты-гиганты, малые тела (кометы, астероиды, метеороиды, межпланетная пыль), звезды, экзопланеты, другие планетные системы.

В каждом из этих разделов (наряду с обсуждением наиболее характерных физических особенностей небесных тел) особое внимание уделяется эволюционному подходу при анализе их природных свойств. Вопросы происхождения Солнечной системы и планетных систем

у других звезд рассматриваются в контексте общих проблем звездно-планетной эволюции (космогонии). Рассмотрены вопросы структуры, происхождения и эволюции Вселенной (космологии) с позиций синергизма макро- и микрофизики (включая представления о множестве существующих параллельных вселенных, о наличии квантовых осцилляций и гипотетических топологических особенностей пространства-времени – кротовых нор). В издании – 11 глав, множество схем и таблиц; в заключении приводится рекомендуемая литература для дополнительного чтения.

Книга хорошо иллюстрирована, сочетает строгость и доступность изложения; она будет интересна как специалистам, так и студентам, и в целом широкому кругу читателей, интересующихся современными проблемами астрофизики и изучения космоса.

Стивен Хокинг

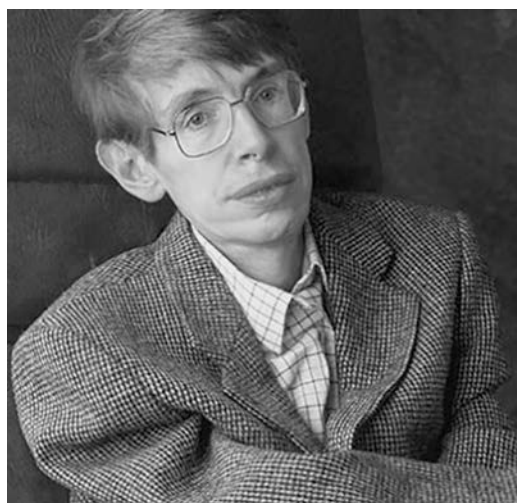
(К 75-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

Стивен Уильям Хокинг – самый известный, замечательный и ярчайший ученый, физик-теоретик и популяризатор науки. Основные его интересы и достижения лежат в области астрофизики и космологии. Биографы формулируют их так: изучал теорию возникновения мира в результате Большого взрыва, а также теорию черных дыр; высказал гипотезу о том, что маленькие черные дыры теряют энергию, испуская излучение Хокинга, и в конце концов “испаряются”. Выдающиеся достижения по фундаментальным проблемам физики принесли ему признание. В 1974 г. Хокинг стал членом Лондонского королевского общества, в 1979 г. – Лукасовским профессором математики Кембриджского университета (эту должность он занимал до 2009 г.). Стивен Хокинг считается одним из самых блестящих физиков-теоретиков со времени А. Эйнштейна.

ОСНОВНЫЕ СОБЫТИЯ ЖИЗНИ

Стивен Хокинг (Stephen William Hawking) родился 8 января 1942 г. в Оксфорде – тихом и безопасном университетском городке, куда переехала его семья из Лондона, подвергнувшись тогда непрерывным бомбардировкам немецкой авиации. Отец, Фрэнк Хокинг – исследователь в медицинском центре в Хампстеде; мать – Изабель Хокинг – работала там же секретарем. В семье, кроме Стивена, воспитывались две младшие сестры (Филипа и Мэри) и усыновленный брат Эдвард.

О своих школьных годах он вспоминает не без иронии: *“В школе и в частности в своем классе я был далеко не самым умным учеником. У меня был очень сильный класс. Моя классная работа очень часто была небрежной, а мой почерк вводил в ужас моих учителей. Однако мои одноклассники дали мне прозвище “Эйнштейн”. Вероятно, увидели, что во мне все же скрывается некоторый потенциал. Когда мне было двенадцать, один из моих друзей поспорил с другим на мешок конфет, что из меня никогда ничего не получится путного. Не знаю, действительно ли состоялся спор и кто в итоге победил...”*



Стивен Хокинг. 1980-е гг.



Стивен Хокинг с сестрой Мэри. 1942 г.

Стивен Хокинг окончил университет в родном Оксфорде, получив степень бакалавра в 1962 г., а через четыре года стал доктором философии (Ph.D), окончив колледж Тринити-холл при Кембриджском университете.

В начале 1980-х гг. врачи вынесли Хокингу скверный диагноз – боковой амиотрофический склероз, считавшийся неизлечимой болезнью. Заболевание быстро прогрессировало и привело вскоре к полному параличу. В течение сравнительно короткого периода ученый испытал неприятные ощущения – был деморализован, но сила воли, неожиданно проснувшийся интерес к самым сложным и глубоким проблемам науки, а, главное, – красивые научные результаты и неожиданные открытия позволили полностью преодолеть психологические трудности и практически полностью стабилизировать болезнь. В 1985 г. Хокинг тяжело заболел воспалением легких. Болезнь протекала с осложнением, и врачи вынуждены были провести трахеостомию (операцию на горле); после нее он практически утратил способность говорить. Друзья подарили ему эквалайзер (синтезатор речи), который был установлен на его кресле-коляске. Некоторую подвижность сохранял лишь указательный палец на правой руке Хокинга; впоследствии подвижность осталась лишь в мимической мышце щеки, напротив которой был закреплен датчик. С его по-

мощью он управляет компьютером и через него общается с окружающими.

В 1965 г. Стивен Хокинг вступил в брак с Джейн Уайлд, которая родила ему двоих сыновей и дочь. В 1991 г. Хокинг разводится со своей первой женой, и в 1995 г. женится на сиделке, которая до этого ухаживала за ученым, – Элайн Мэнсон. Они были супругами до октября 2006 г., затем развелись.

Несмотря на практически полный паралич тела, Хокинг ведет активную и разнообразную жизнь. Так, например, он собирался в 2009 г. лететь в космос и, выполняя один из этапов подготовки к полету, испытал состояние невесомости на самолете. Справедливо и точно



С. Хокинг – школьник. 1954 г.

указал Ефрем Павлович Левитан (заместитель главного редактора нашего журнала, отдавший ему почти 50 лет) в публикации, посвященной “Краткой истории времени” – первой научно-популярной книге Хокинга (Земля и Вселенная, 2001, № 5): “...менталитет россиянина включает в себя представление о “настоящем человеке”. ...Несмотря на тяжелейшие болезни, Хокинг сумел выжить, остаться оптимистом и творчески работать в сложнейших областях науки – великолепный пример настоящего человека наших дней...”. Вспомним и последние годы писателя Николая Островского: находящийся в состоянии паралича, он написал ставший популярным и любимым советской молодежью автобиографический роман “Как закалялась сталь”.

За свои научные достижения С. Хокинг награжден огромным количеством (около 40!) – наград, премий, почетных званий. Перечислим лишь некоторые: медаль Эддингтона (1975), премия Эйнштейна (1978), доктор Honoris causa Оксфордского университета (1978), медаль Альберта Эйнштейна (1979), орден Британской империи (1982), Золотая медаль Королевского астрономического общества (1985), медаль Дирака (1987), премия Вольфа по физике (1988), орден Кавалеров Почета (1989), Золотая медаль Высшего совета по научным исследованиям (1989), доктор Honoris causa Гарвардского университета (1990), премия Майкельсона–Морли (2003), Президентская медаль Свободы (2009), премия Мильнера по фундаментальной физике (2012), премия “Рубежи знаний” фонда испанского банка BBVA (2015). Хокинг является одним из самых молодых членов Лондонского королевского общества (с 1974 г.), членом Папской академии наук (1986), Национальной академии наук США (1992).

“ИЗЛУЧЕНИЕ ХОКИНГА”

С. Хокинг – пожалуй, самый компетентный ученый по теории черных дыр – загадочных астрофизических объектов,



Свадьба Стивена Хокинга и Джейн Уайлд. 1965 г.

в существование которых долгое время мало кто верил (Земля и Вселенная, 2001, № 5; 2016, №№ 4 и 6). Учитывая фантастический оптимизм Хокинга в практическом использовании черных дыр в технологическом будущем человечества, рассмотрим весьма поучительную историю их открытия. Не останавливаясь на идеях и высказываниях отдельных ученых XVIII–XIX вв. (Дж. Мичела и других) о возможности существования огромных звезд с чудовищной гравитацией, перейдем к новейшей истории.

В 1922–1924 г. А.А. Фридман нашел в уравнениях тяготения Эйнштейна



С. Хокинг испытывает состояние невесомости во время полета на специальном самолете. 26 апреля 2007 г.



Президент США Б. Обама награждает С. Хокинга. 12 августа 2009 г.

нестационарные решения, что легло в основу идеи о взрывном начале Вселенной и дало начало современной космологии. Вселенная Фридмана начинается с “особенности” – с мировой точки, в которой обращается в бесконечность кривизна, а с нею и плотность вещества. Доказано, что уравнения общей теории относительности не могут не иметь “особенностей”, сингулярность появляется для звезд с очень большой массой. Проблемой сингулярности занимался выдающийся физик и математик Роджер Пенроуз. Он показал, что начавшийся коллапс такой звезды не может прекратиться; ее масса столь велика, что вещество не может преодолеть собственного гравитационного поля и падает к ее центру так, что поверхность звезды в конце концов “стягивается” в математическую точку – сингулярность; происходит коллапс звезды, ее “схлопывание”. Это и есть черная

дыра, привлекая внимание Хокинга. Он “загорелся” этой сложной, но интригующей ситуацией с гипотезой черных дыр и начал серьезно заниматься теорией этих необычных объектов.

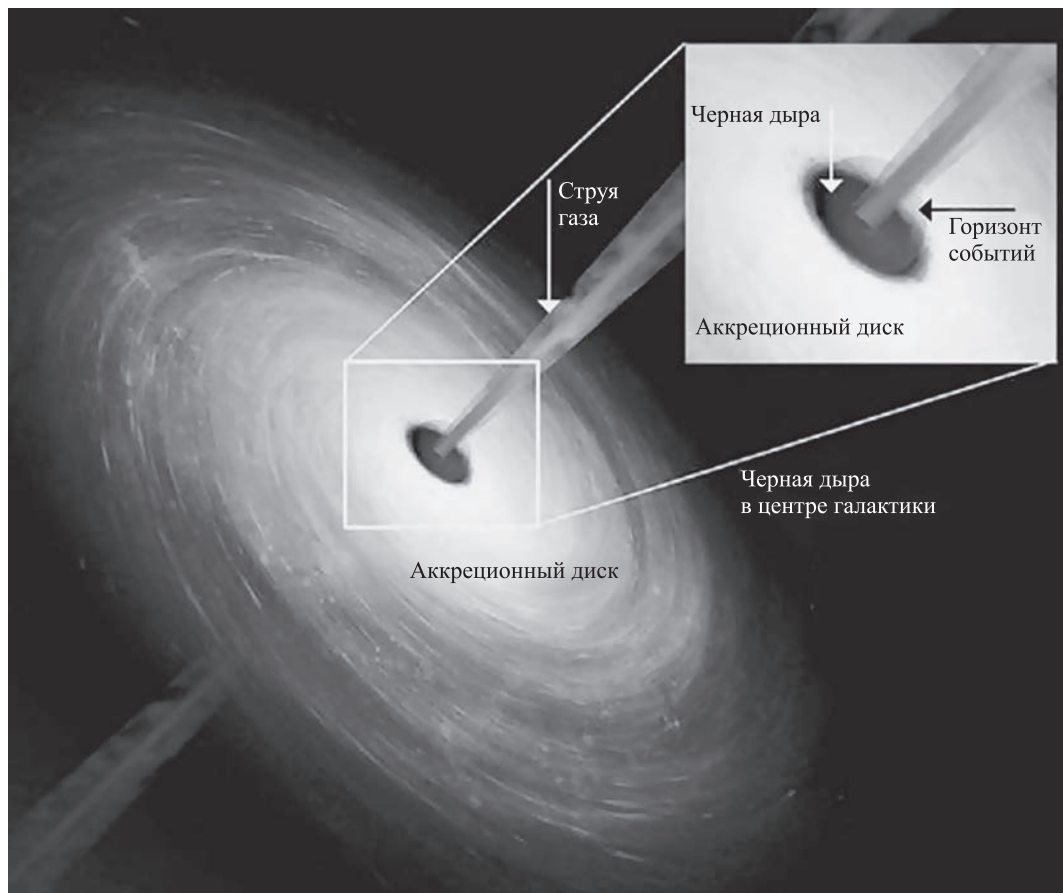
“Когда я говорю о проблеме черных дыр, меня не покидает ощущение какого-то фантастического (или сюрреалистического) романа, в который я попал”, – с восхищением отметил известный советский физик-теоретик Я.А. Смородинский, один из учеников академика Л.Д. Ландау, написавший послесловие к “Краткой истории времени” Хокинга.

Такое ощущение, по-видимому, испытали отдельные ученые несколько лет назад, когда Большой адронный коллайдер готовился к первому запуску. Они начали высказывать панические опасения (искусно подогреваемые масс-медиа) о возможности образования малых черных дыр в процессе эксперимента на коллайдере.

Начнем с истории вопроса – она носит почти детективный характер и подобна ситуации, возникшей в физике более 100 лет назад и приведшей к появлению квантовой механики.

Как известно, в попытке применить и согласовать законы теплового электромагнитного излучения в его коротковолновой области Вина и в длинноволновой области Релея–Джинса физики столкнулись с парадоксом “ультрафиолетовой катастрофы”. В 1900 г. Макс Планк блестяще решил задачу-парадокс, используя метод статистической физики, введя в предложенную им универсальную для любых длин волн комбинацию $h\nu$ – квант энергии, где ν – частота электромагнитной волны; константа h была названа так в честь выдающегося физика – постоянного М. Планка.

Сегодня ученые во главе с Хокингом считают, что полное согласование законов классической термодинамики и свойств черных дыр аналогичным образом должно помочь в создании квантовой теории гравитации. Первый шаг сделал сам Хокинг, доказав, что площадь горизонта событий черной дыры не может уменьшаться; тем самым он



Художественное изображение черной дыры с джетом, перпендикулярным плоскости аккреционного диска.

открыл новое направление в космологии – термодинамику черных дыр.

В 1973 г. наши выдающиеся физики-теоретики академик Я.Б. Зельдович и будущий академик А.А. Старобинский в присутствии других физиков, обсуждая с Хокингом проблему черных дыр, рассказали ему о своей модели излучения для вращающейся (!) дыры. Интересно, что присутствовавший на этом шумном обсуждении член-корреспондент АН СССР В.Н. Грибов первым указал на возможность излучения черной дыры при отсутствии ее вращения. Эта встреча в Москве, как выяснилось позже, имела историческое значение для

теории этих важных объектов во Вселенной. Глубоко и всесторонне исследуя эти идеи наших ученых, Хокинг получил и опубликовал в 1974 г. оригинальную работу об излучении вакуума, в который погружена черная дыра (коллапсирующая звезда); при этом вращение объекта необязательно. Это было открытие из разряда фундаментальных.

Если кратко, то суть его такова: вблизи черной дыры постоянные флуктуации рождают пары частиц; масса таких пар почти равна нулю, так как большой (отрицательный) гравитационный потенциал практически компенсирует массу родившихся свободных электрона

и позитрона. У компонентов “вдруг” возникшей пары – разные судьбы: одна из частиц “проваливается” в черную дыру и перестает существовать для нас; но частица не зря “отдала свою жизнь”, ее энергия передалась второй и дала ей возможность вырваться из гравитационного плена. Это и есть излучение Хокинга, или явление “испарения” черных дыр (уменьшения их массы и горизонта событий).

Вычисление спектра излучения привело к формуле Планка. Оказалось, что черные дыры не бессмертны. Расчеты показали: излучение существенно сокращает жизнь только маленькой черной дыры: например, черная дыра с радиусом протона, возникшая в процессе Большого взрыва, не дожидается до нашего времени. Сравнительно большая черная дыра, с радиусом 3 км (гравитационный радиус Солнца), имеет столь длинную продолжительность жизни, что не стоит ее и подсчитывать.

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ЧЕРНЫХ ДЫРАХ

Успехи в теории черных дыр стимулировали применение методов термодинамики для их моделирования в лаборатории. Понадобилось 40 лет со времени первой работы по “излучению Хокинга” – прежде чем было получено подтверждение его результатов путем создания акустической черной дыры в лаборатории. Фактически впервые в астрофизике был эффективно применен метод подобия, хорошо изученный в механике жидкости (в частности, при обдуве моделей в аэродинамической трубе). Израильский физик Джефф Стейнхауэр в качестве среды для проведения модельного эксперимента с черными дырами использовал звуковые волны. Сначала он охладил облако атомов рубидия почти до абсолютного нуля, что привело их к состоянию конденсата Бозе–Эйнштейна. Затем Стейнхауэр использовал лазеры: с их помощью в облаке создалась своеобразная воронка, в центре которой скорость движения атомов стала выше

скорости звука (аналог скорости света). В акустической “дыре” роль фотонов блестяще исполняли фононы – элементарные квазичастицы звука – демонстрируя способность избегать притяжения воронки (подобно фотонам в реальной дыре).

В последнее время ученые из Канады и Сингапура предсказали (а затем и обнаружили) что в термодинамике некоторых черных дыр может наблюдаться особый фазовый переход λ -типа (2017 г.), аналогичный фазовым переходам в физике конденсированного состояния вещества, наблюдаемого в бозе-эйнштейновских конденсатах: например, при переходе жидкого гелия в состояние сверхтекучести.

Нахождение подобных аналогий не только поможет развитию теории квантовой гравитации, но и послужит импульсом в поиске новых методов экспериментального наблюдения и изучения черных дыр и других астрофизических явлений.

“ВОЛОСЫ ИНФОРМАЦИИ” ЧЕРНОЙ ДЫРЫ

В 1975 г. посредством излучения Хокингом из-за квантовых явлений у горизонта событий было открыто “испарение” черных дыр. Вначале 2016 г. в статье для Корнеллского университета ученый представил научной общественности новую революционную гипотезу о “выходе” некоторого количества информации из черной дыры, что считалось ранее невозможным. Ведь ее переносят фотоны (кванты) электромагнитного излучения, а они “задерживаются” громадной гравитацией черной дыры. Часть информации может следовать сквозь горизонт событий в обратном направлении в виде фотонов с ничтожной энергией. Поскольку энергия фотонов обратно пропорциональна длине волны, то при стремлении энергии фотона к нулю ее длина будет стремиться к бесконечности и частично выходить за горизонт события, образуя “длинные мягкие волосы”, возвращая часть информации о процессах в дыре в обратном направлении.

Итак, ученый показал, что фотоны переносят информацию о свойствах

“съеденных” дырой частиц. Но как ее извлечь? Считается, что это практически невозможно пока – по крайней мере, с нынешним уровнем знаний об элементарных частицах. Процесс изучения этих частиц усложняется с учетом регулярного обновления информационной “базы” дыр при каждом извержении излучения Хокинга. Но ученый начал революцию!

ЭНЕРГИЯ БУДУЩЕГО В... ЧЕРНЫХ ДЫРАХ?

Хокинг считает, что в будущем человечество сможет настолько “обуздать” энергию черных дыр, что это позволит ему потреблять ее практически неограниченно. Физики и энергетики будущих поколений с помощью сложных манипуляций будут получать рентгеновское и гамма-излучения от черной дыры (Хокинг оценивает дыру массой Солнца) с совокупной мощностью свыше 10 млн МВт. По его оценкам, этого хватит для питания всех земных производств и электроприборов.

В то же время он предупредил об опасностях, с которыми человечество столкнется при попытке использовать гравитационные объекты. Малые черные дыры, по его мнению, опасны для Земли, поскольку они имеют способность миграции и, приближаясь к центру планеты, эти объекты вызовут глобальную катастрофу. Намного безопаснее “удерживать” их на околоземной орбите. Хокинг предполагает, что в будущем физики смогут искусственно получать такие дыры, используя достижения современной теории “суперструн”, которая успешно (но не без серьезных трудностей) разрабатывается ведущими учеными в последние десятилетия. Об этой теории профессор физики и математики Колумбийского университета Брайан Грин, сделавший ряд фундаментальных открытий в теории суперструн, написал научно-популярный бестселлер “Элегантная Вселенная” (2007). Эта книга, как и “Краткая история времени” С. Хокинга, вызвала много восхищенных рецензий в мировой прессе.

ФАНТАСТИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ НАЧИНАЕТСЯ

В 1962 г. (золотой век нашей науки и большого интереса к ней всего общества и отдельных писателей) вышел из печати роман Даниила Гранина “Иду на грозу” о покорении атмосферного электричества и самого опасного его феномена – грозы. Если бы современная ситуация в науке о черных дырах, суперструнах и предсказаниях Хокинга об их “приручении” была перенесена в 1950-е – 1960-е гг., то мы бы получили роман “Иду на дыру”, точнее – “Лечу на дыру”. Первые главы книги уже написаны Хокингом и его единомышленниками-физиками. Но как проводить эксперименты в космосе, а не



Обложка книги С. Хокинга “Краткая история времени. От Большого взрыва до черных дыр” (М.: Амфора, 2010). Подготовлена американским издательством; вышла в свет в 1988 г.

в лаборатории? Герои Д. Гранина, рискуя жизнью, летали в грозовых облаках на самолете-“лаборатории” (тогда как к ближайшей черной дыре надо лететь на звездах со световой или околосветовой скоростью), что пока не представляется возможным.

Но жизнь причудливее любой фантастики! Автор этой статьи и предположить не мог, начиная над ней работать, что мы уже живем практически в эпоху межзвездных путешествий.

Вместе с Хокингом российский миллиардер Юрий Мильнер (позже к ним присоединились Марк Цукерберг и другие) предложили амбициозный проект “Breakthrough Starshot” (прорыв – звездный выстрел). В его рамках будут разработаны технологии производства компактных космических аппаратов массой 1 г, работающих на лазерно-солнечной энергии; они способны добраться до α Центавра всего за 20 лет! Эта звездная система находится от нас на расстоянии 4 св. лет, скорость кораблей должна составлять 60 тыс. км/с (20% от скорости света в вакууме). Руководителем проекта является Пит Уорден – бывший директор Исследовательского центра им. Эймса (NASA), а наши бизнесмены и С. Хокинг входят в состав Совета директоров. Руководимый Ю. Мильнером

инвестиционный фонд космических программ “Breakthrough Initiatives” (инициатива прорыва), прежде всего, должен решить сложнейшие инженерные задачи и проблемы перед тем, как можно будет начать миссию “Starshot”. С огромными (кажущимися непреодолимыми – что греха таить!) сложностями придется столкнуться и при разработке “солнечных” парусов и собственно самого аппарата, который будет находиться позади них. Например, уже для того чтобы запустить с Земли эти крошечные (нанокосмические) аппараты в несколько граммов массой, придется построить еще один космический аппарат – для того, чтобы и осуществлять их запуск с околоземной орбиты. Кроме того, необходимо разработать и построить установленные фокусированных лазерных лучей; она должна быть расположена довольно высоко, в горах, в сухом климате с высокой прозрачностью атмосферы. Стоимость предлагаемой миссии (по оценкам самих авторов и специалистов со стороны) требует бюджета, “сравнимого с самыми крупными текущими научными проектами”; это – десятки миллиардов долларов.

Ширина паруса “Starshot” будет составлять всего несколько метров при его толщине всего в несколько сотен атомов. Благодаря этому парусник будет очень легким, но с хорошей “тягой”, он будет буксировать за собой еще более компактный космический аппарат “Star Chips”. Частью задачи проекта является поиск возможностей сделать эти “Star Chips” миниатюрными, но способными иметь на борту камеры, сенсоры, источники питания, коммуникационное и навигационное оборудование, а также фотонные ускорители для маневрирования. По мнению Ю. Мильнера, справиться с этой задачей поможет все нарастающий прогресс в нанотехнологиях.

Отметим, что это – не первый совместный научный проект Ю. Мильнера и С. Хокинга. В прошлом году финансист инвестировал 100 млн долларов на



Стивен Хокинг и российский миллиардер Юрий Мильнер. 2016 г.

разработку проекта “Breakthrough Listen” (прорыв – прослушивать) на поиск внеземной жизни (аналог SETI – поиска внеземного разума). В рамках проекта планируется изучить миллиард ближайших к Земле звезд, а также 100 галактик за пределами Млечного Пути.

СЛОВО ЮБИЛЯРУ

С. Хокинг написал много популярных книг, выступил с лекциями по всему миру, дал журналистам многочисленные интервью. В них он часто обсуждает и бытовые, семейные, и серьезные философские научные вопросы, при этом делая неожиданные остроумные пассажи и рождая поистине крылатые фразы. Многие десятки (если не сотни) его афоризмов “рассыпаны” по интернету. Приведем наиболее уместные для этой статьи:

“Перспектива рано умереть заставила меня понять, что жизнь стоит того, чтобы ее прожить”;

“Убежден, что наука и исследовательская деятельность приносят больше удовольствия, чем зарабатывание денег”;

“Главный враг знания не невежество, а иллюзия знания”;

“Научная фантастика даже не предполагала существование таких вещей, как черные дыры”;



С. Хокинг выступает с лекцией в Калифорнийском технологическом институте. 16 апреля 2013 г.

“Моя цель очень проста: я хочу понять Вселенную, почему она устроена так, как устроена, и зачем мы здесь”;

“Если у вас возникло ощущение, будто вы попали в черную дыру, не сдавайтесь. Из нее точно есть выход”;

“Я не уверен, что человеческая раса проживет еще хотя бы тысячу лет, если не найдет возможности вырваться в космос. Существует множество сценариев того, как может погибнуть все живое на маленькой планете. Но я – оптимист. Мы точно достигнем звезд”.

Многих лет жизни и открытий в науке – Вам, Стивен!

С.П. ПЕРОВ

Самое большое изображение туманностей

Астрофизики уже давно изучают светящиеся газопылевые облака в созвездии Скорпион, внесенные в каталог как эмиссионные туманности NGC 6334 “Кошачья лапа” (5500 св. лет от нас) и NGC 6357 “Лобстер” (8 тыс. св. лет от нас). Недавно с помощью 256-мегапиксельной камеры OmegaCAM на широкоугольном 2,6-м телескопе VLT (ESO) получен

новый снимок этих туманностей – это одно из самых больших изображений, когда-либо полученных в Европейской южной обсерватории (см. стр. 3 обложки). Камера OmegaCAM пришла на смену знаменитому приемнику WFI, который работает на 2,2-м телескопе MPG (ESO). В обеих туманностях были выявлены многочисленные темные газопылевые волокна. Три длинных “пальчика” в них – облака газа (в основном, водорода), возбужденного интенсивным излучением новорожденных звезд. Горячие звезды с массами примерно $10 M_{\odot}$ излучают мощные потоки ультрафиолетового излучения, которое, сталкиваясь с атомами водорода, оставшимися

после образования звезд, ионизует их и заставляет светиться. Удалось найти множество горячих ярких молодых звезд, оказывавших влияние на цвет и форму облака. Наблюдая туманности в инфракрасном свете, можно видеть их сквозь пыль и наблюдать за процессами звездообразования внутри туманностей. Сложные структуры туманности созданы межзвездными ветрами и мощным излучением от молодых и только формирующихся массивных звезд; они выметают газ и пыль, из которых сформировались звезды, и дают энергию для свечения туманностей.

*Пресс-релиз ESO,
1 февраля 2017 г.*

50 лет трагедии на космодроме Канаверал

27 января 1967 г. – трагическая дата в истории освоения космоса. 50 лет назад на борту корабля “Аполлон-1” (“Аполлон-Сатурн-204”, AS-204), установленного на ракетеносителе “Сатурн-1Б”, готовившегося на стартовом комплексе № 34 космодрома Космического центра им. Дж. Кеннеди (мыс Канаверал) к первому

испытательному полету, от возникшего пожара погибли три астронавта: Вирджил Гриссом, Эдвард Уайт и Роджер Чаффи (см. стр. 2 обложки, внизу). Запуск КК “Аполлон-1” должен был состояться 21 февраля 1967 г.

К началу 1967 г. Советский Союз лидировал в космической гонке, пилотируемый полет на Луну тоже был “не за горами”, что заставляло правительство США топиться. Но говорить о том, что трагедия произошла именно из-за спешки, неверно; были и технические причины. В те годы астронавты на космических кораблях “Меркурий” и “Джемини” дышали

чистым кислородом при пониженном давлении в 0,3 атм. Ей предпочли кислородно-азотную смесь, так как чистый кислород давал выигрыш по массе: из-за пониженного давления герметичная конструкция корабля становилась существенно легче; из-за простого состава среды упрощалась и облегчалась система жизнеобеспечения. Кроме того, становилось проще (ускорялся) выход в открытый космос.

В процессе тренировок давление на борту “Аполлона” превысило атмосферное, но разработчики не увидели в этом опасности и серьезной проблемы. Расследование, проведенное после катастрофы,

показало, что некоторые материалы (в частности, те, из которых изготовлены застежки-липучки) становятся чрезвычайно пожароопасными при большом давлении кислорода. Во время тренировки на “Аполлоне-1” астронавты жаловались на запах, но основной проблемой считали трудности со связью. Командир корабля Вирджил Гриссом раздраженно спросил у руководителей Центра управления полетами: “Если мы не можем установить нормальную связь на расстоянии 5 миль, то как говорить с вами с Луны?”. Ему и его товарищам оставалось жить всего несколько часов.

Непосредственной причиной возгорания послужило короткое замыкание в электропроводке. Огонь распространялся очень быстро и повредил скафандры астронавтов. Сложная конструкция люка и его замков не позволила экипажу при сложившихся обстоятельствах быстро изнутри открыть люк, и, отравившись угарным газом, они погибли через 14 с после начала пожара. Последнее, что специалисты NASA услышали по радиосвязи, был возглас: “Я горю!”. Это кричал Роджер Чаффи, самый молодой астронавт на борту (31 год), Уайту было 36, Гриссому – 40; он – единственный член экипажа, еще не совершивший полет в космос. Лишь через 3 мин спасатели смогли открыть люк

и ликвидировать пожар, но к этому моменту астронавты были уже мертвы.

После этой трагедии директор департамента пилотируемых полетов NASA Джозеф Ши, ответственный за разработку космических аппаратов “Аполлон”, был отстранен от проекта, а пилотируемые полеты по программе были отложены на полтора года. Комиссия, проводившая расследование, выявила несколько потенциально опасных мест в конструкции корабля. После проведения расследования и внесения многочисленных улучшений в конструкцию корабля “Аполлон” повысилась его надежность и безопасность. Первый пилотируемый полет КК “Аполлон-7” состоялся только в октябре 1968 г. В 1966 г. макеты кораблей “Аполлон-2 и -3” (после наземных испытаний и тренировок астронавтов) запускались на околоземную орбиту. В 1967–1968 гг. корабли “Аполлон-4, -5 и -6” в беспилотном варианте прошли испытания в космосе, причем “Аполлон-4 и -6” – впервые со второй космической скоростью летали к Луне.

1 августа 1971 г. астронавт корабля “Аполлон-15” Дэвид Скотт установил на поверхности спутника инсталляцию художника Пола ван Хейдонка: она представляла собой лежащую ничком алюминиевую фигурку астронавта и табличку, на которой были

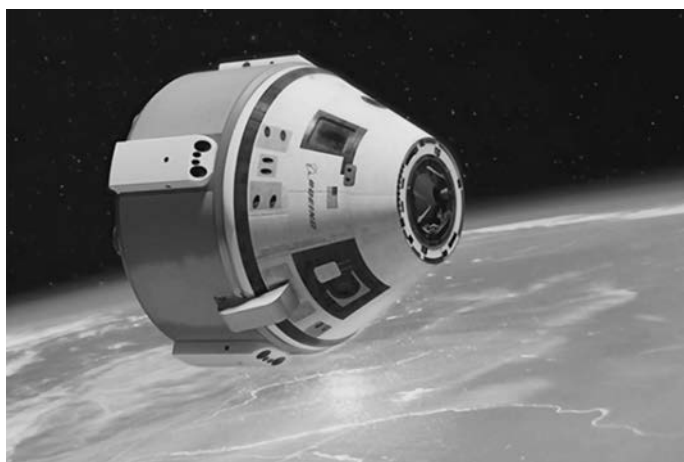
написаны имена погибших – Вирджила Гриссома, Эдварда Уайта и Роджера Чаффи.

27 января 2017 г. NASA провела траурный митинг в память о погибших астронавтах. Нынешняя юбилейная церемония, в которой приняли участие как сотрудники NASA, бывшие астронавты, так и родные погибшего экипажа, – прошла в Космическом центре им. Дж. Кеннеди на мысе Канаверал во Флориде, где и произошла катастрофа. «Несостоявшаяся миссия “Аполлон-1” столь же важна, как любой имевший место запуск; она заставила нас замедлить темп, повысив надежность», – заявил на церемонии бывший астронавт NASA Майкл Коллинз (командир КК “Аполлон-11”). В память о 50-й годовщине катастрофы посетителям центра впервые продемонстрировали обгоревший люк “Аполлона-1”. В этот же день в США вспоминают жертв крушения кораблей “Челленджер” и “Колумбия”. “Каждый год в это время мы собираемся вместе, чтобы вспомнить тех, кто принес невосполнимую жертву для поисков, которые мы ведем за пределами нашей планеты. Мы должны помнить эти уроки, чтобы не повторять ошибки прошлого”, – сказал на церемонии глава Космического центра имени Кеннеди бывший астронавт NASA Роберт Кабана, совершивший четыре полета на шаттлах.

*Пресс-релиз NASA,
28 января 2017 г.*

Американский “прорыв”

В июле 2011 г. NASA в последний раз отправило астронавтов на околоземную орбиту – экипаж из четырех человек на КК “Атлантис” (“Atlantis” STS-135) совершил полет на Международную космическую станцию (Земля и Вселенная, 2011, № 6, с. 110–111). В настоящее время отправкой экипажей на МКС занимается только Россия. В нашей стране до сих пор имеются простые и надежные корабли серии “Союз”, которые успешно летают в космос с апреля 1967 г. (см. статью С.А. Герасютина в этом номере).



Американский частный пилотируемый корабль “Дрэгон-2” компании “SpaceX” на околоземной орбите. Рисунок “SpaceX”.

На смену монополии России в качестве космического перевозчика придут другие компании: в этом году NASA с партнерами запланировали проведение серии ключевых испытаний кораблей, которые сделают США лидером в пилотируемой космонавтике. О возвращении программы пилотируемых полетов NASA объявило в сентябре 2014 г.: тогда на специальной пресс-конференции глава NASA, бывший астронавт Чарльз Болден, назвал компании, которые агентство выбрало для заключения контракта на строительство пилотируемых многоразовых космических кораблей, предназначенных для доставки астронавтов на МКС: ими стали компании “SpaceX” и “Боинг” (“Boeing”); они представили проекты кораблей “Дрэгон-2” (“Dragon-V2”) и “CST-100” (Crew Space Transportation – космический транспорт

экипажа) соответственно. Общая стоимость работ по созданию аппаратов составила 2,6 млрд долларов – для “SpaceX” и 4,2 млрд долларов – для “Боинга”. С “Локхид Мартин” – аэрокосмическим и оборонным гигантом – агентством не заключило контракт, поскольку эта компания создает корабль “Орион” (“Orion”; Земля и Вселенная, 2015, № 3, с. 106–108).

Корабль “Дрэгон-2” – модернизированная версия грузовика “Дрэгон” (Земля и Вселенная, 2012, № 5, с. 108–109), успешно летающего к МКС с мая 2012 г. Корабль имеет моноблочную конструкцию, позволяющую отправлять к МКС до четырех человек вместе с полезной нагрузкой в 2,5 т. Без груза корабль может брать на борт до семи человек.

В 2017 г. “SpaceX” планирует завершить производство трех кораблей “Дрэгон-2”. Один из них в ноябре 2017 г. должен совершить первый тестовый беспилотный полет к МКС: он состыкуется со станцией и покинет ее спустя 30 сут. Корабль максимально удобен для экипажа: кресла пилотов выполнены из углеродного волокна высшего качества; в кабине четыре иллюминатора; на панели управления члены экипажа смогут в “режиме реального времени” отслеживать состояние всех систем; на случай нештатных ситуаций предусмотрена система эвакуации.

Запуск “Дрэгон-2” будет осуществляться с помощью ракеты-носителя сред-

него класса “Фалькон-9” (“Falcon-9”) со стартового комплекса SLC-39 в Космическом центре им. Дж. Кеннеди. Пилотируемая 14-дневная миссия с двумя астронавтами на борту запланирована на май 2018 г.

Компания-гигант “Боинг” перенесла с декабря 2017 г. на июнь 2018 г. первый тестовый и беспилотный полет семиместного корабля “CST-100”, получивший название “Starliner” (звездный

лайнер), затем в августе 2018 г. должен состояться полет с экипажем из двух человек. Запуски “Starliner” будут проводиться с помощью тяжелой ракеты-носителя “Атлас-5” (“Atlas-V”) с 41-й площадки космодрома на мысе Канаверал.

Через год-два в распоряжении США будет парк транспортных кораблей, состоящий из “грузовиков” “Дрэгон” и “Сигнус”, пилотируемых “Дрэгон-2”

и “Starliner”, а также лунно-марсианского “Орион”. Это обеспечит независимость США не только от российских “Союзов”, но и от готовящейся им замены – кораблей “Федерация” (Земля и Вселенная, 2015, № 3, с. 103–105), что обеспечит внутринациональную конкуренцию.

*Пресс-релиз NASA,
26 января 2017 г.*

ПОПРАВКА

В статье “Памяти Клима Ивановича Чуримова” (Земля и Вселенная, 2017, № 2) в конце статьи, на стр. 35 следует читать фамилию автора предоставленного материала – *Ефименко Владимир Михайлович, директор Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко.*

Владимир Михайлович Комаров

(К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

24 апреля 1967 г., 50 лет назад, при завершении испытательного полета на космическом корабле новой серии “Союз-1” трагически погиб один из первых космонавтов Герой Советского Союза Владимир Михайлович Комаров. Член экипажа КК “Восход”, Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР Б.Б. Егоров вспоминал

о нем: *“Инженер, летчик, ученый, командир космического корабля – в нем идеально сочетались воля и интеллигентность. Володя Комаров прекрасно знал, как тяжела и опасна его профессия, но на стартовом столе он был неизменно спокоен. Что крылось за этим мужественным спокойствием?”. “Владимир Михайлович был очень нравственным и интеллигентным человеком, он не любил высоких слов, обладал высоким чувством долга”, – так отзывались о нем коллеги-космонавты. С.П. Королёв высоко ценил профессиональные качества В.М. Комарова. В беседе с ним он однажды сказал: “Ты в группе самый старший, ты окончил академию, вот и будешь командиром многоместного корабля...”.*

В.М. Комаров родился 16 марта 1927 г. в Москве. С этим городом связано его детство и многие события его не такой уж долгой жизни. Родители Владимира были людьми малообразованными, но мечтали о том, чтобы дать хорошее образование своему сыну. Отец Михаил Яковлевич – рабочий, участник Великой Отечественной войны, мать Ксения Игнатьевна – домработница. Детские и отроческие годы Владимира прошли в Подмосковье – в деревне Петушки Орехово-Зуевского округа. Недалеко в деревне Леоново на местном кладбище покоятся его дед и бабушка, Я.П. Комаров и В.Д. Комарова. С детских лет Володя любил бывать в доме деда (строение



Летчик-космонавт В.М. Комаров. 1966 г.

сохранилось по сей день). Мальчику было семь лет, когда он впервые увидел самолеты на Центральном аэродроме им. М.В. Фрунзе на Ходынском поле. С тех пор Володя часто бывал там, наблюдал за полетами, а люди в кожаных шлемах с парашютами за спиной стали его героями. Он читал журналы по авиации, собрал модель самолета. Начав учебу в 1935 г. в московской средней школе № 235 (сейчас она имеет другой номер – № 2107, находится улице Щепкина, 68; школа носит имя В.М. Комарова), будущий космонавт на все лето и на зимние каникулы приезжал к бабушке в Петушки. Она давала внуку полную свободу, не опекала по мелочам, приучала к самостоятельности. Здесь Володя ходил на Клязьму, купался, ловил рыбу, собирал грибы и ягоды, играл в футбол с другими детьми. Там его застала война и по просьбе родителей новый учебный год (в 1941 г.) начал в 7-м классе Петушинской школы № 1; пришлось больше месяца обучаться не в Москве. Володя зарекомендовал себя прилежным в учебе, любил математику и физику, был активным помощником в местном колхозе. Сильный и выносливый, он трудился за троих, поскольку в деревне оставалось все меньше и меньше мужчин. В 1942 г., закончив семь классов и узнав, что в Лаврушинском переулке формируется 1-я московская спецшкола ВВС, он поступает туда и учится, воодушевленный полетами легендарных советских летчиков. Школу эвакуировали в Сибирь, в 1944 г. она была возвращена в Москву, а через год Володя окончил 10 классов летной школы.

В 1946 г. Владимир Михайлович закончил один курс в Борисоглебском военном авиационном училище летчиков, затем продолжил образование в Батайском военно-авиационном училище им. А.К. Серова; окончив его в 1949 г., стал летчиком-истребителем и всю оставшуюся жизнь посвятил небу. Его направили на службу



Владимир Комаров после окончания авиационного училища. 1949 г. Фото из семейного архива Комаровых. Публикуется впервые.

в Северокавказский округ – в 382-й истребительный авиационный полк 42-й истребительной авиационной дивизии ВВС, базировавшейся в городе Грозном. Здесь будущий космонавт встретил свою будущую жену Валентину Яковлевну, которая работала учительницей; позднее в Москве она преподавала в той же школе, где когда-то учился он сам. В 1951 г. в семье родился сын Евгений, а потом и дочь Ирина. Жить было нелегко, да и тесно вчетвером в маленькой комнате, но конфликтов по этому поводу в семье никогда не возникало. В 1952–1954 гг. Владимир Михайлович служил старшим летчиком 486-го полка 279-й дивизии в 57-й Воздушной армии (базировалась в западном украинском городке Мукачево).



Старший лейтенант ВВС В.М. Комаров. 1952 г. Фото из семейного архива Комаровых. Публикуется впервые.

В 27 лет будущий космонавт поступает в Военно-воздушную инженерную академию им. Н.Е. Жуковского, где учится в инженерной группе. Однажды он прочитал, что счастье дается только людям с широким кругозором: “Чем больше человек знает, тем резче, тем сильнее он видит поэзию земли там, где ее никогда не найдет человек, обладающий скудными знаниями”. Эти слова стали для него жизненным правилом.

Всех поражала его работоспособность, он умел рационально планировать свои силы и время, поэтому успевал всюду: много работал, занимался спортом, пел в хоре. Кроме того, он много времени посвящал и научной работе, а в его зачетной книжке не было оценки ниже четверки. Дипломная работа В.М. Комарова была посвящена очень сложной задаче в области

динамики полета, привлекавшей внимание ученых. В пределах возможностей дипломного проекта он продемонстрировал вполне обоснованное в первом приближении ее решение. В 1959 г. окончил факультет авиавооружения с отличием, высококвалифицированный инженер-капитан получил направление в один из военных научных институтов.

Владимир Михайлович служил помощником ведущего инженера-испытателя 5-го отдела Государственного научно-испытательного института ВВС в пос. Чкаловский Щёлковского района Московской области (сейчас рядом с ним находится Звёздный городок – Центр подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина). Проводя испытания новой авиационной техники, он привлек внимание медицинской комиссии, проводившей отбор в отряд космонавтов. Комиссия предложила ему некую секретную миссию, и он согласился. Только потом стало ясно, что отобранных военных готовили к полетам на космических кораблях, они должны были стать первыми испытателями космической техники.

7 марта 1960 г. приказом Главкома ВВС № 267 В.М. Комарова зачислили на должность слушателя-космонавта ЦПК ВВС. С марта 1960 г. по апрель 1961 г. он прошел общую космическую подготовку, и 3 апреля 1961 г., успешно сдав выпускные экзамены, был зачислен в первый отряд космонавтов. Владимир Михайлович имел высшее образование, это преимущество перед товарищами по отряду особенно проявилось, когда начался теоретический курс – ведь большую часть того, что им преподавали, он уже хорошо изучил в академии. Но было и много неизвестного; он был одним из первых, кто осваивал новый материал.

Первый полет человека в космос в апреле 1961 г. прошел отлично. Но впереди предстояли более сложные и длительные полеты на кораблях “Восток”. В 1962 г. В.М. Комаров

готовился к полету в качестве дублера пилота на КК “Восток-4”, после полета П.Р. Поповича проходил подготовку к групповому полету в качестве дублера пилота корабля “Восток-5”. Случилось так, что ему надо было лечь на операцию по поводу паховой грыжи. После курса лечения в мае 1963 г. врачи запретили космонавту всякие тренировки: он полгода не должен был летать на самолетах, прыгать с парашютом, ему не разрешалось заниматься на тренажерах. Владимир Михайлович сам разработал для себя дополнительные упражнения, связанные с перегрузками, отрабатывал каждое движение, многократно повторяя нагрузки, увеличивая их. На совещании медкомиссии, где решалась его судьба, единого мнения так и не сложилось: опасались, что болезнь может прогрессировать, но, с другой стороны, молодой тренированный организм позволял надеяться на полное выздоровление. Хотя большинство настаивало на том, чтобы отчислить его из отряда, но Владимир Михайлович все-таки не сдался и заставил поверить в себя.



Встреча В.М. Комарова после полета в космос с Ю.А. Гагариным. Центр подготовки космонавтов, лето 1961 г. Фото из семейного архива Комаровых. Публикуется впервые.

А когда в июне 1964 г. он был включен в группу непосредственной подготовки к полету на новом корабле “Восход” – радости не было предела. Его сначала допустили к испытаниям на центрифуге, потом к прыжкам с парашютом; здоровье не подвело, и ему официально разрешили приступить к тренировкам.



Главный конструктор С.П. Королёв с экипажем КК “Восход” перед стартом. Космодром Байконур, октябрь 1964 г.



Экипаж КК "Восход" после приземления.
13 октября 1964 г.

До сентября 1964 г. В.М. Комаров прошел курс подготовки к полету в качестве командира экипажа КК "Восход" в основном экипаже с ведущим проектантом КК "Восход" инженером-конструктором К.П. Феоктистовым и капитаном медицинской службы А.В. Сорокиным, которого затем сменил Б.Б. Егоров. Однако после того как основной и дублирующий экипаж поменяли местами, А.В. Сорокина перевели в дублирующий экипаж вместе с командиром корабля Б.В. Волиновым и доктором технических наук Г.П. Катусом. 9 октября 1964 г. решением Госкомиссии Владимира Михайловича назначили командиром основного экипажа корабля "Восход", в который вошли космонавт – научный сотрудник К.П. Феоктистов и врач Б.Б. Егоров; дублирующим стал экипаж: Б.В. Волинов, Г.П. Катус и А.В. Сорокин.

12 октября 1964 г. Владимир Михайлович, наконец, отправился в космос на первом в мире трехместном пилотируемом корабле "Восход". Впервые в практике мировой космонавтики экипаж летел без скафандров, системы ракеты-носителя и корабля не имели средств спасения при аварии в первые минуты после запуска (что подвергало космонавтов большому риску), но полет прошел благополучно. Командир В.М. Комаров проводил наблюдения за работой приборов и систем,

осуществлял астрономическую ориентацию и управление по ионным датчикам, вручную ориентировал корабль, определял возможность визуального ориентирования в пространстве, записывал свои замечания о работе систем в боржурнал, вел сеансы радиосвязи с Землей. КК "Восход" облетел Землю 16 раз, полет продолжался 1 сут 17 мин. Посадка произошла в 312 км северо-восточнее г. Кустанай (Казахстан). Уже потом его спросили: что он вынес из этого полета, что он дал ему как летчику, инженеру, космонавту. Владимир Михайлович ответил: *"Кто поднимался на высокую гору, тот знает, каким обновленным и безбрежным предстает мир. Горизонт раздвигается, и видишь необъятный простор. Как будто нет ему конца и края. Перед тобой расступаются горы, которые раньше закрывали обзор, и глаза ласкают, изумляют снежные пики, зеленые долины, светлые города, синие воды. Почти сказочная гамма цветов и оттенков. И все увиденное словно приближается к тебе, принимает зримые, живые черты"*.

За выполнение программы полета В.М. Комарову было присвоено звание Героя Советского Союза с вручением ему ордена Ленина, ему присвоили воинское звание инженер-полковник. Международная авиационная федерация наградила экипаж золотыми медалями "Космос" и дипломами. Международный комитет по аэронавтике отметил подвиг В.М. Комарова орденом "Розы ветров", украшенным бриллиантами. Вскоре ему присвоили квалификацию "космонавт 3-го класса", а 23 января 1965 г. назначили инструктором-космонавтом в группу космонавтов, готовившихся по программам Министерства обороны.

Старт в космос открыл перед В.М. Комаровым новые горизонты, у него рождались новые планы, более конкретные и перспективные. В 1965 г. Владимир Михайлович продолжал учебу в адъюнктуре Академии

им. Н.Е. Жуковского, готовил материалы для защиты диссертации. В ЦПК он возглавил отдел летной и космической подготовки. Коллеги относились к нему с большим уважением, верили ему и приводили его опыт в качестве примера будущим покорителям космоса. Он внес значительный вклад в отечественную космонавтику.

Владимир Михайлович занимался общественной деятельностью: выступал в школах и институтах, давал интервью. В 1965–1966 гг. космонавт был с визитами на Кубе, во Франции, в Германии, в Иране. В июле 1966 г. вместе с делегацией советской молодежи он посетил Японию, где выступил на телевидении. В напряженном графике он выкраивал время и для семьи.

Судьба не раз “отводила” его от космоса. Однажды во время тренировки на центрифуге на электрокардиограмме отразились “неполадки” в работе сердца. Медики запретили на полгода перегрузки и парашютные прыжки. Для того, чтобы доказать, что он здоров, космонавт поехал в военно-медицинскую академию в Ленинград к кардиохирургу А.А. Вишневскому. Академик его обследовал, выдал положительное заключение. Владимир Михайлович вновь приступил к тренировкам; кроме того, он занимался с утра и до позднего вечера на заводах, в различных конструкторских бюро и в лабораториях – изучал системы и оборудование, которое предполагалось установить на новом корабле.

После смерти Главного конструктора С.П. Королёва в нашей пилотируемой космонавтике наступила полоса неудач. В.П. Мишин, назначенный в марте 1966 г. главным конструктором ЦКБЭМ (сегодня – Ракетно-космическая корпорация “Энергия” им. С.П. Королёва), проявил настойчивость, расчищая дорогу для основных космических программ: орбитальных “Союзов” и лунных экспедиций (с облетом и посадкой). Основные силы КБ и завода сосредоточились на этих темах.



В.М. Комаров с дочкой Ириной и женой Валентиной Яковлевной дома. 1964 г. Фото из семейного архива Комаровых. Публикуется впервые.

В 1966 г. неожиданно была закрыта программа “Восход” (планировались полеты экипажей на КК “Восход-4–7”, были уничтожены три из четырех готовых аппаратов. В спешном порядке стали изготавливать летные образцы нового корабля “Союз” (7К-ОК), он начал проектироваться в 1962 г. в ОКБ-1. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров от 24 августа 1965 г. предписывалось ускорить работы над новым кораблем. Проект предусматривал создание многоцелевого трехместного корабля, предназначенного для выполнения операций маневрирования и стыковки на околоземной орбите, но главной задачей была отработка перехода космонавтов из корабля в корабль через открытый космос, – необходимого для посадки на Луну космонавта в экспедиционном комплексе “Н-1–Л-3”. Из-за переориентации работ на другую программу и нереальные сроки подготовки кораблей к полетам конструкторы потеряли возможность отработать технические решения. В СССР наступил двухгодичный перерыв в пилотируемых запусках, во время которого США провели 10 пилотируемых полетов по программе “Джемини” и активно испытывали корабль “Аполлон” для полета на Луну. Руководители СССР



Основной и дублирующий экипажи кораблей "Союз-1" и "Союз-2": В.Ф. Быковский, А.С. Елисеев, В.М. Комаров и Е.В. Хрунов с Ю.А. Гагариным. Центр подготовки космонавтов. Конец 1966 г.

и космической отрасли были не довольны тем, что за предыдущие два года (после досрочного прекращения рискованной и малоперспективной программы "Восход") не было выполнено ни одного пилотируемого полета; поэтому было решено как можно скорее запустить КК "Союз". Советские космонавты должны были первыми в 1967 г. облететь Луну, а через год высадиться на нее.

Первые три беспилотных летных испытания кораблей "Союз" оказались полностью (либо частично) неудачными, обнаружилось серьезные ошибки в конструкции корабля (зафиксировано 200 замечаний). 28–30 ноября 1966 г. состоялся полет корабля 7К-ОК № 2 ("Космос-133") с манекеном на борту, планировалась стыковка с другим "Союзом" (7К-ОК № 1), который должен был быть запущен позже, но из-за неполадок на корабле его старт был отменен. Вернуть корабль на Землю не удалось из-за ошибок при его сборке (спускаемый аппарат приземлится за пределами СССР), поэтому

сработала система автоматического подрыва, его уничтожившая. 14 декабря 1966 г. предпринята вторая попытка запуска "Союза" (7К-ОК № 1), но ракета-носитель взорвалась на стартовом столе. 7–9 февраля 1967 г. совершил полет третий корабль серии "Союз" ("Космос-140") с манекеном, но из-за проблем с автоматической системой ориентации корабль израсходовал слишком много топлива и не смог выполнить задачи. Во время посадки дно спускаемого аппарата прогорело из-за нарушений теплозащиты, он приземлился вместо запланированного места посадки на лед Аральского моря и затонул. Если бы корабль был пилотируемым, то экипаж бы погиб.

Несмотря на аварийные запуски трех кораблей и многочисленные недоработки в их конструкции, госкомиссия на "Союзе-1" приняла решение запустить космонавта. Для выполнения этой ответственной задачи и следующих полетов кораблей этой серии отобрали нескольких опытных космонавтов: Ю.А. Гагарина, В.М. Комарова,

А.Г. Николаева, В.Ф. Быковского и новичков: Е.В. Хрунова, В.В. Горбатко, А.Ф. Воронова, П.И. Колодина. Космонавтом-испытателем корабля “Союз-1” назначили В.М. Комарова, его дублером – Ю.А. Гагарина. Снова началась напряженная пора подготовки к полету и тренировок, шедшая в ускоренном темпе – для того, чтобы к 1 мая успеть запустить корабль. 30 марта 1967 г. Владимир Михайлович успешно сдал экзамены по теоретической части и практический экзамен по управлению кораблем по программе “Стыковка”. Он предчувствовал беду – перед стартом навел у себя в столе порядок, ответил на все письма: он знал, что корабль еще не готов: *“Процентов на девяносто полет будет неудачным”*.

Неполадки начались сразу после выхода корабля “Союз-1” на орбиту 23 апреля 1967 г.: не раскрылась левая панель солнечных батарей, корабль стал испытывать дефицит электроэнергии. Космонавт пытался открыть солнечную батарею раскруткой корабля вокруг своей оси, однако это не привело к желаемым результатам. Вследствие этой и других неисправностей (из-за запотевания не работал солнечно-звездный датчик, возникли сбои в работе ионной системы ориентации) полет досрочно пришлось прекратить. В течение суток космонавт все же успел провести испытания основных систем корабля в различных режимах, совершить маневрирование. Когда поступила команда “идти на посадку”, автоматика “запретила” выдавать тормозной импульс. На связи с Владимиром Михайловичем в это время был Ю.А. Гагарин, который очень беспокоился за него (они дружили, даже дни рождения отмечали вместе). ЦУП предложил выполнить ручную ориентацию на светлой стороне. 24 апреля космонавт сумел произвести ориентацию и торможение над расчетной точкой, корабль начал спуск. В.М. Комаров сделал все – даже невозможное – чтобы вернуться



В.М. Комаров на тренировке за месяц до старта. Центр подготовки космонавтов, март 1967 г.

с результатами испытаний. Сначала все шло штатно, но потом случилось непредвиденное: на заключительном участке приземления, в 65 км восточное г. Орска, отказала парашютная система. По неустановленным причинам вытяжной парашют на высоте 7 км (при скорости около 220 м/с) не смог “вытянуть” основной парашют. На высоте 1,5 км успешно сработал запасной парашют, но не наполнился купол, так как его стропы обмотались вокруг неостреленного вытяжного парашюта. Спускаемый аппарат ударился о землю со скоростью около 50 м/с, что привело к мгновенной гибели космонавта. Произошел взрыв из-за сработавших двигателей мягкой посадки, загорелись емкости с перекисью водорода. В результате аппарат разрушился и практически полностью сгорел. Удар был таким сильным, что образовалось

углубление более полуметра. Первыми на место падения прибыли жители из соседнего села. Пытаясь потушить пожар, они забрасывали огонь землей. Когда приземлились вертолеты службы поиска, то были использованы огнетушители.

Останки В.М. Комарова похоронили в двух могилах – на месте гибели и в Кремлевской стене; родным выдали два свидетельства о смерти. 25 апреля на траурном митинге с трибуны Мавзолея выступали Президент АН СССР М.В. Келдыш и Ю.А. Гагарин. 11 июня 1967 г. на месте гибели группой военнослужащих 13 ракетной дивизии РВСН установлен обелиск, позднее – сооружен памятный комплекс.

За героизм, мужество и отвагу, проявленные при осуществлении полета на космическом корабле “Союз-1”, В.М. Комарова посмертно наградили второй медалью “Золотая Звезда”.

Хотя причина аварии не была установлена, специалисты выдвинули несколько версий. Первая: нарушение технологии на заводе – при подготовке спускаемого аппарата к окраске не был закрыт промасленной бумагой полированный лоток выброса парашюта. Внутренняя поверхность лотка была покрашена, на участке спуска из-за нагрева аппарата краска стала липкой, и вытяжной парашют не смог вытянуть прилипший основной парашют. По второй: на полированный лоток могли осесть летучие фракции химического реагента тепловой защиты во время его полимеризации из-за того, что смежники запаздывали с изготовлением крышек парашютных контейнеров и они во время этой процедуры были закрыты подручными материалами, внутренняя поверхность лотка стала липкой. Рассматривался также вариант ошибки в проектировании: произошла деформация стенок парашютного отсека в полете из-за перепада давлений. Вот что сказал один из заместителей С.П. Королёва – Б.Е. Черток – через много лет после трагедии:

«То, что случилось с Комаровым, – это наша ошибка, разработчиков систем. Мы пустили его слишком рано. Не работали “Союз” до нужной надежности. В частности, систему приземления, систему отстрела и вытяжки парашюта. Мы обязаны были сделать, по крайней мере, еще один безотказный пуск и получить полную уверенность, как это сделал Королёв перед пуском Гагарина: слетали два “Востока”. Гибель Комарова на совести конструкторов».

Никто никогда не сможет рассказать о разыгравшейся на пути из космоса драме. Владимир Комаров унес с собой тайну своих последних минут. Его жизнь оборвала случайность, которой трудно было бы избежать в таком сложном и рискованном деле, как пилотируемые полеты, сопряженные с неожиданными нештатными ситуациями. Юрий Гагарин сказал о нем: *“Комаров сделал важное дело: испытал новый корабль. Но и другое очень важное дело сделал он: заставил всех нас быть еще собраннее, еще придирчивее к технике, еще внимательнее ко всем этапам проверки и испытаний, еще бдительнее при встрече с неизвестным. Он показал нам, как крута дорога в космос. Его полет и его гибель учат нас мужеству. Мы горды тем, что он был нашим другом, каждый из нас пронесет память о нем через всю свою жизнь”.*

Не хочется это осознавать, мысль противится этому, – но своей гибелью В.М. Комаров спас жизни экипажу КК “Союз-2” В.Ф. Быковскому, А.С. Елисееву и Е.В. Хрунову, которые должны были на следующий день лететь на однотипном корабле для стыковки с кораблем “Союз-1”. После аварии “Союза-1” конструкция корабля была полностью переработана для возобновления пилотируемых полетов (выполнено 6 беспилотных пусков), и в октябре 1967 г. состоялась первая удачная автоматическая стыковка двух “Союзов” (“Космос-186 и -188”).

В октябре 1968 г. были возобновлены пилотируемые полеты (“Союз-3” с Г.С. Береговым); в январе 1969 г. проведена первая стыковка пилотируемых кораблей “Союз-4 и -5” и в октябре 1969 г. – групповой полет сразу трех кораблей “Союз-6–8” (стыковка не получилась); а в июне 1970 г. – автономный полет КК “Союз-9” рекордной длительности (17,8 сут). Сейчас корабль “Союз” считается самым надежным и пока единственным средством для полетов экипажей в космос.

С тех пор прошло 50 лет, но имя В.М. Комарова помнят не только люди, связанные с космосом: он запечатлен на портрете художника А.И. Лактионова, в памятниках, установленных в Москве на Аллее Героев космоса и у школы № 235, где он учился; в Нижнем Новгороде, на месте гибели ему посвящен памятный мемориал в селе Карабутак Адамовского района Оренбургской области.

В.М. Комаров – почетный гражданин Калуги и Батайска, французского г. Нант. Его именем названы кратер на Луне и астероид (№ 1836), Ейский высший военный авиационный институт и училище летчиков, научно-исследовательское судно; проспекты, площади и улицы десятков городов страны, средние школы, дворцы детского и юношеского творчества, вулкан на Камчатке и самолет А320 авиакомпании “Аэрофлот”. Открыт мемориальный музей в школе № 2107 в Москве, историко-краеведческий музей в Алтайском крае. Созданы кинофильмы “Трое в космосе” (1964), «В космосе – “Восход”» (1965), “Гибель



Бюст на месте гибели В.М. Комарова – восточнее г. Орска, Оренбургская область.

космонавта” (2009), “Наш космос” (2011), “Владимир Комаров. Неизвестные кадры хроники” (2016).

Астронавты КК “Аполлон-11”, побывавшие на Луне, оставили там памятные медали с изображением людей, отдавших жизнь освоению космоса: Владимира Комарова, Юрия Гагарина, Вирджилла Гриссома, Эдварда Уайта и Роджера Чаффи. Международная авиационная федерация учредила Почетный диплом им. В.М. Комарова, а Российская академия наук и Федерация космонавтики России – медаль им. В.М. Комарова.

Вспоминая этого обаятельного, надежного и мужественного человека, совершившего подвиг, приходят на память строчки В. Маяковского: нужно стремиться жить так, “...чтобы, умирая, воплотиться в пароходы, в строчки и в другие долгие дела”.

С.А. ГЕРАСЮТИН

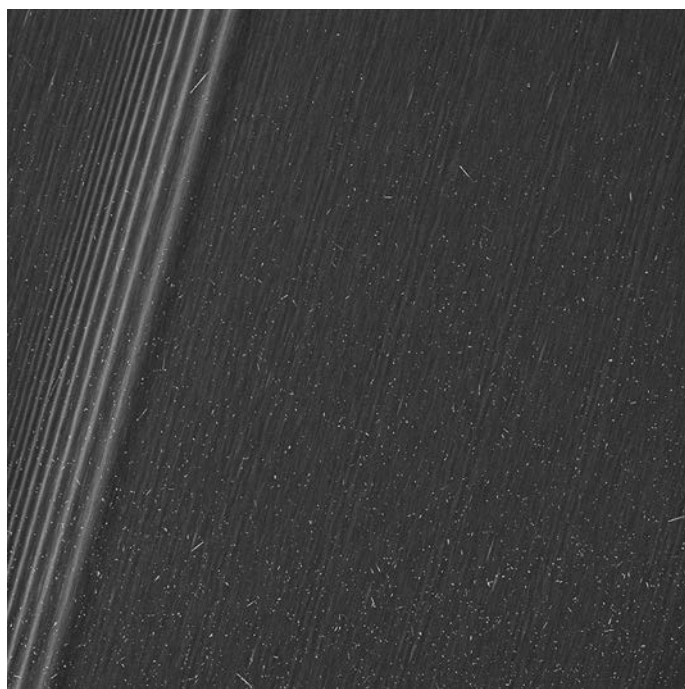
“Кассини”: детали снимки колец Сатурна

31 января 2017 г. NASA опубликовало детальные снимки внешних (А и В) колец Сатурна, переданных в декабре 2016 г. и в январе 2017 г. АМС “Кассини” в ходе девятого и десятого пролетов около колец. Станция продолжает исследования системы Сатурна на орбите его искусственного спутника с 2004 г.,

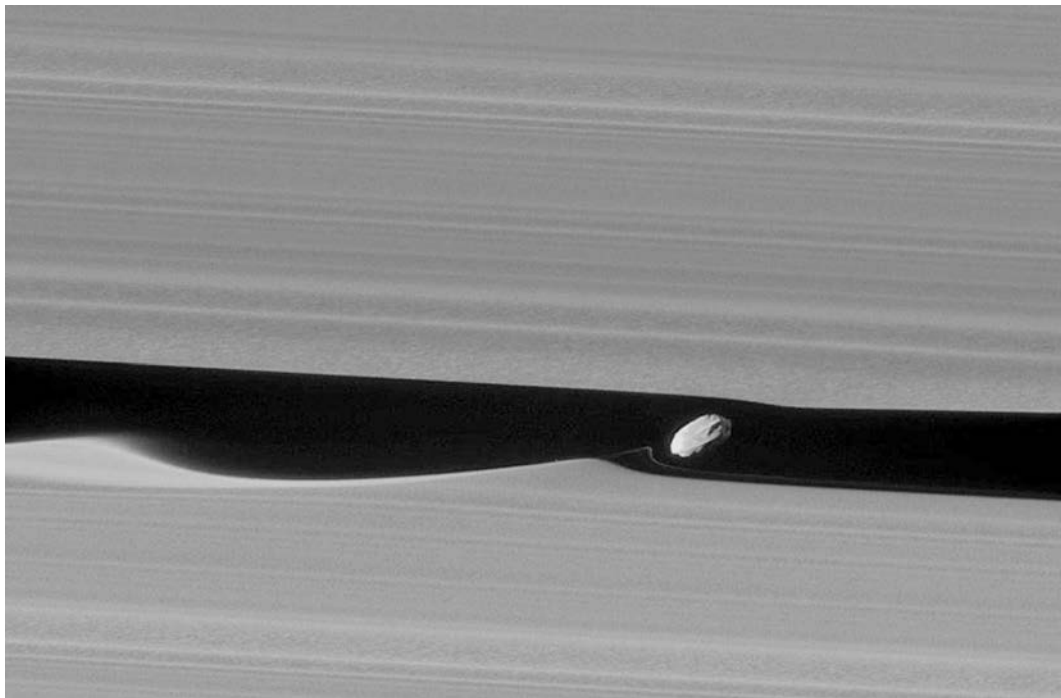
свой полет она продолжает уже почти 20 лет (запущена 15 октября 1997 г.; Земля и Вселенная, 1998, № 3, с. 48–51; 2005, № 2, с. 58–61; 2005, № 3, с. 105–107; 2005, № 5, с. 38–40). По современным представлениям, кольца Сатурна возникли в результате разрушения рядом с ними “зародыша” еще одной планеты в начале формирования Солнечной системы. Сатурн оказался слишком близко от него и был разорван приливными силами (раздроблен на множество мелких осколков). Самые плотные скопления упали на планету и на его крупнейший

спутник – Титан, а из других сформировалась система колец.

На новых снимках в кольцах можно различить мельчайшие объекты размером более 100 м. Фотографии подтвердили, что в двух крупнейших кольцах присутствуют необычные явления: “складки”, “соломинки”, “спицы” и “пропеллеры” – это следы возмущений, вызванных воздействием гравитационных полей небольших спутников Сатурна. В кольцах замечены небольшие вихри и волны вещества, они порождаются небольшими спутниками планеты-гиганта. На одном из них виден крошечный спутник Дафнис (размер $6 \times 9 \times 9$ км) в щели Килера внутри внешнего кольца А и гигантские “волны плотности”. В узком 42-км зазоре края кольца “колышутся” во время того, как мимо проходит спутник Дафнис: своим гравитационным полем он влияет на движение вещества в узкой области колец, заставляя их искривляться и “качаться”. Дафнис и мелкие спутники Пан (диаметр 26 км), Эпиметей (112 км) и Янус (180 км) играют роль своеобразных “пылесосов”, захватывающих частички пыли и льда, попадающие в деления Энке и Килера: они накапливают их на своих экваторах. Фотографии, как надеются ученые, помогут уточнить массу спутников Сатурна и понять, как они влияют на поведение материи в кольцах: как быстро ее поглощают.



Структуры в небольшой области кольца А Сатурна: завихрения (“спицы”, “складки”, “соломинки”, “пропеллеры”) и волны плотности. Снимок сделан 18 декабря 2016 г. АМС “Кассини” с расстояния в 54 тыс. км (разрешение – 330 м). Фото NASA/JPL.



Спутник Сатурна Дафнис в щели Киллера создает “волны плотности” в кольце А; слабый след из вещества тянется за ним. Видны некоторые детали поверхности на Дафнисе, включая узкий хребет вдоль экватора (вероятно, сформированный из захваченных частиц кольца). Снимок сделан 16 января 2017 г. АМС “Кассини” с расстояния 28 тыс. км (разрешение – 168 м). Фото NASA/JPL.

АМС “Кассини” приступила к изучению колец Сатурна в конце ноября 2016 г. Его орбита скорректирована таким образом, что она совершает витки над (и под) полюсами планеты, “ныряя” каждые семь дней в наиболее неисследованный район внешнего края основных колец. Прохождение станции вблизи колец станет завершением ее путешествия, так как топливо – на исходе. Подготовка к завершению полета произойдет 4 декабря 2017 г., будет включен двигатель для коррекции ее орбиты. По расчету, 15 сентября 2018 г. станция

войдет в атмосферу Сатурна, где завершит свое существование. В рамках программы станция совершила ряд орбитальных маневров, благодаря этому она максимально приблизилась к поверхности Титана, а затем приступила к детальному изучению колец. Во время девятого витка мимо колец АМС сделала фотографии спутников Энцелада и Тефии (Тетис), а также полярного сияния на северном полюсе планеты. Кроме того, уже получены, но пока не отправлены на Землю последние (и самые детальные) снимки загадочных красных полос на

поверхности Тефии, а также небольшого Эпиметея (от него “Кассини” пролетела всего в 5800 км).

Специалисты-планетологи Лаборатории реактивного движения (JPL) NASA создали карту колец Сатурна из множества фотографий АМС “Кассини” высокого разрешения (6 км), снятых в естественных цветах. Снимки были получены 9 мая 2007 г., когда станция в течение 2,5 ч пролетала над неосвещенной частью колец на расстоянии 1,1 млн км.

*Пресс-релиз NASA/JPL,
1 февраля 2017 г.*

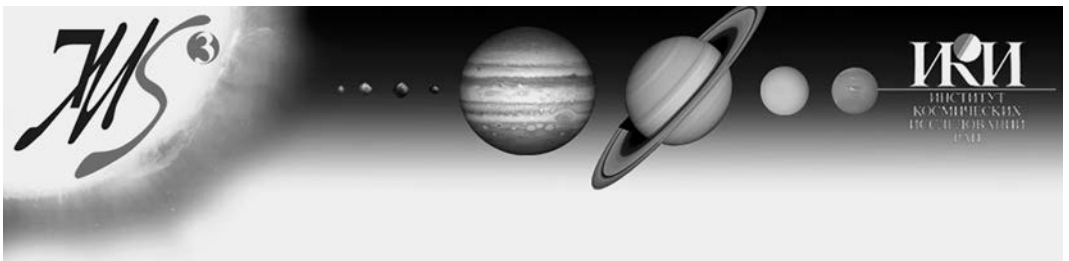
Симпозиум по исследованиям Солнечной системы

10–14 октября 2016 г. в Институте космических исследований РАН прошел ежегодный 7-й Международный московский симпозиум по исследованиям Солнечной системы (Moscow Solar System Symposium, 7 MS3), в котором принимали участие ученые и специалисты нескольких стран, институтов и организаций. Ключевыми темами стали результаты изучения Луны и Марса. Симпозиум проводится в ИКИ РАН с 2010 г. при поддержке Российской академии наук и Российского фонда фундаментальных исследований (Земля и Вселенная, 2012, № 4; 2014, № 3). Круг обсуждаемых тем

включает в себя вопросы формирования и эволюции Солнечной системы, исследования планет и их спутников, малых тел, межпланетной среды, экспериментальные методы исследований, разработка научных инструментов и приборов. На форуме заслушено 96 докладов с презентациями и представлено 69 стендовых докладов. Специальная сессия была посвящена памяти американского ученого Роберта Фаркуара (Robert W. Farquhar; 1932–2015), получившего известность за выдающиеся достижения в области динамики и навигации космического полета, ди-

ректора проекта “NEAR” по исследованию астероида Эрос в 2000–2001 гг. (Земля и Вселенная, 1997, № 4, с. 63–64; 2000, № 4, с. 66–67; 2001, № 5, с. 24–25).

Симпозиум открыл академик **Л.М. Зелёный**, директор ИКИ РАН. Он рассказал о проектах Федеральной космической программы России на ближайшие годы, отметил готовящиеся миссии к Луне (Земля и Вселенная, 2012, № 4; 2014, № 3). С целью изучения ее природных ресурсов, освоения и создания плацдарма для экспансии к другим планетам планируется искать районы посадки, исследовать полярные области,

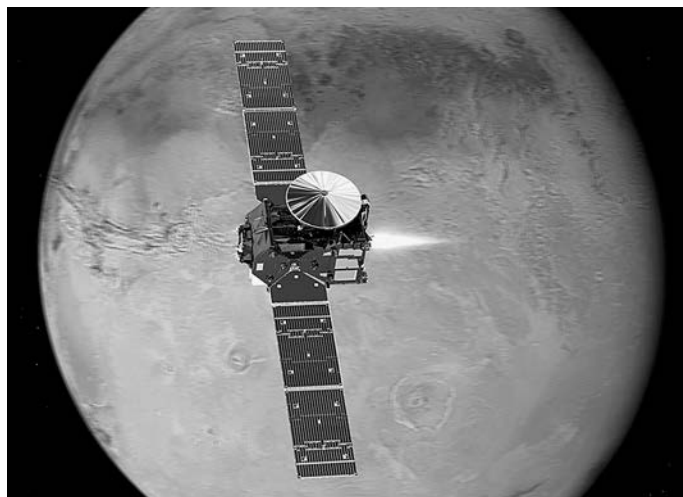


Эмблема симпозиума.

Орбитальный модуль “TGO” АМС “ЭкзоМарс” выполняет маневр около Марса. Рисунок ESA.

проводить технологические эксперименты. Сейчас готовятся к запуску автоматические станции в 2019 г. – “Луна-25” (ранее называлась “Луна-Глоб”), в 2020 г. – “Луна-26” (“Луна-Ресурс” орбитальный), в 2021 г. – “Луна-27” (“Луна-Ресурс-2” посадочный) и в 2023–2024 гг. – “Луна-28” (“Луна-Грунт”).

Что касается Марса, то главным остается совместный проект Роскосмоса и Европейского космического агентства “ЭкзоМарс”, первый этап которого стартовал 14 марта 2016 г. (Земля и Вселенная, 2016, № 3). Орбитальный аппарат “Trace Gas Orbiter” (“TGO”; орбитальный аппарат поиска следов газа) и экспериментальный посадочный модуль “Скиапарелли” (“Schiaparelli”), запущенные с космодрома Байконур ракетой-носителем “Протон-М” и разгонным блоком “Бриз-М”, успешно преодолели расстояние до Марса и разделились, после чего 19 октября 2016 г. “TGO” вышел на орбиту искусственного спутника Марса, а “Скиапарелли” выполнил спуск и посадку, но разбился. Второй этап с запуском в 2020 г. предусматривает доставку на

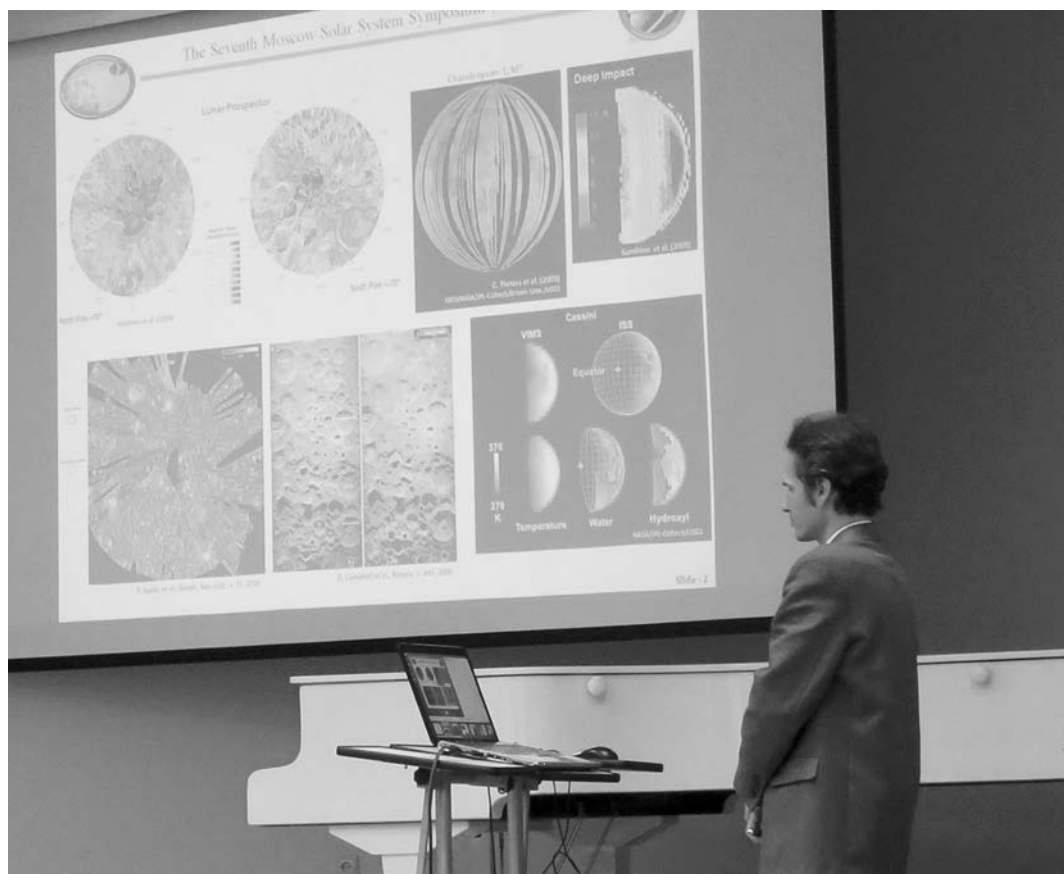


поверхность посадочной платформы с марсоходом на борту. Россия снова предоставит средства выведения, а также будет “отвечать” за посадочную платформу и некоторые научные приборы, которые более подробно изучат поверхность Марса и нижний слой атмосферы. Следующим шагом станет исследование спутников, Фобоса и Деймоса. По проекту “Бумеранг” или “Фобос-Грунт-2” запуск АМС намечен на 2024 г., она попытается доставить на Землю вещество с Фобоса, а затем планируется миссия “Экспедиция-М” (“Марс-Грунт”) по доставке грунта с Марса.

Директор планетного отделения NASA **Дж. Грин** представил обзор текущих и будущих миссий по исследованию планет. Он подчеркнул важность международного сотрудничества,

изложил некоторые подробности организации таких исследований и перечислил основные проекты, входящие в перспективные программы “Discovery” (“Открытие”) и “New Frontiers” (“Новые рубежи”), а также стратегические миссии (Strategic Missions). В программу “Discovery” вошли запуски: в октябре 2021 г. АМС “Люси” (“Lucy”); в 2027–2033 гг. станция должна исследовать 6 троянских астероида Юпитера в Главном поясе астероидов; а в октябре 2023 г. миссия АМС “Психея” (“Psyche”) будет посвящена изучению в 2030 г. астероида главного пояса (16) Психея.

Весь первый день был посвящен Марсу. Доктор физико-математических наук **В.И. Шематович** (ИНАСАН) сообщил о высыпаниях электронов на верхней границе атмосферы и о полярных



А.Б. Санин (ИКИ РАН) рассказывает об эксперименте, выполненном с помощью российского прибора LEND на ИСЛ "Лунный орбитальный разведчик" (США).

сияниях. Профессор **Э. Дубинин** (Институт исследований Солнечной системы Общества им. Макса Планка) представил доклад об атмосферных и ионосферных частицах, взаимодействующих с солнечным ветром, что наблюдали ИСМ "Марс Экспресс" (ESA) и "MAVEN" (NASA). Продолжил тему доктор физико-математических наук **М.И. Веригин** (ИКИ РАН) – в его презентации показано, как теряются атомы кислорода из

ионосферы Марса. Затем профессор **В.А. Краснопольский** (Католический университет, США) привел данные по смешиванию угарного газа и его свечению на дневной стороне планеты, вариациям отношения $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$. Кандидат физико-математических наук **А.А. Фёдорова** (ИКИ РАН) представила анализ многолетних наблюдений содержания водяного пара по данным инфракрасного спектрометра SPICAM-IR,

созданного российскими учеными и работающего на борту ИСМ "Марс Экспресс". Переходя к теме эволюции планеты, доктор **Дж. Хед** (Университет Брауна, США) описал существующие на сегодняшний день гипотезы эволюции марсианского климата и продемонстрировал эффекты изменения оси вращения планеты. На борту одного из функционирующих сейчас марсоходов, "Кьюриосити" ("Curiosity", NASA)

Профессор Дж. Хед (США) дает интервью в перерыве между заседаниями Симпозиума.

работает российский нейтронный детектор ДАН, по данным которого восстанавливается содержание воды в подповерхностном слое Марса (Земля и Вселенная, 2012, № 3, с. 110–112). Его последние измерения и общие тенденции, выявленные на 14-км пройденном пути, представил заведующий лабораторией нейтронной и гамма-спектроскопии ИКИ РАН доктор физико-математических наук **М.Л. Литвак**.

Профессор Института космических исследований Болгарской академии наук **Й. Семкова** представила сведения об аппаратуре для дозиметрических исследований в рамках миссий “ЭкзоМарс-2016” и “ЭкзоМарс-2020”. В состав российского прибора FRENД входит комплекс датчиков “Люлин-МО”, установленных на борту орбитального модуля “ТГО” АМС “ЭкзоМарс-2016”. На протяжении всего перелета от Земли до Марса с небольшими перерывами он измерял дозу космической радиации, чтобы оценить риск для будущих пилотируемых экспедиций. Аналогичный эксперимент будет проводиться и на втором



этапе проекта. Доктор **Дж.Л. Васкес-Полетти** (Мадридский университет Комплутенсе) описал новый метод для моделирования атмосферы Марса с помощью вычислений распределенных облачных слоев.

Следующие несколько докладов, сделанных участниками научной группы **Дж. Хеда** (Университет Брауна, США), были посвящены разным деталям поверхности Марса. Например, в области с координатами 39,11° с.ш. и 23,199° в.д. содержит образцы трех основных геологических эпох планеты – Нойской (4,1–3,7 млрд лет назад), Гесперийской (3,2–2 млрд лет назад) и Амазонийской (2,5–1 млрд лет назад) – кроме того, в ней обнаружены залежи чистого водяного льда, поэтому ее рассматривают как вариант для высадки пилотируемых экспедиций. **С. Куфман** (США)

рассказала о местах, богатых филлосилкатами (водосодержащими минералами) и гидратированными сульфатами, которые могут свидетельствовать о присутствии жидкой воды на Марсе в прошлом; **Э. Дентон** – о необычных каналах на севере Аравийской Земли. Далее профессор **Т. Даксбери** (Университет Джорджа Мейсона, США) показал фотографии местности, куда готовился осуществить посадку экспериментальный посадочный модуль “Скиапарелли”. Завершающий доклад этой сессии сделал **В.Н. Губенко** (Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН) о внутренних гравитационных волнах в атмосфере Марса.

11 октября сессия была посвящена Луне. Сотрудник научной группы профессора И.Г. Митрофа-

нова **А.Б. Санин** (ИКИ РАН) описал эксперимент, выполненный с помощью российского прибора LEND (Lunar Exploration Neutron Detector), установленного на американском ИСЛ “Лунный орбитальный разведчик” (“Lunar Reconnaissance Orbiter”, “LRO”) и методе зондирования поверхности нейтронами; показал новые результаты (Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 99–102; 2013, № 1). Доктор физико-математических наук **Б.А. Иванов** (Институт динамики геосфер РАН) раскрыл процесс деградации малых кратеров, а **М.А. Креславский** (Университет Калифорнии, США) сравнил их параметры с тем, что получается в цифровых моделях рельефа. Детали исследования самого древнего, самого глубокого и большого ударного бассейна Луны Южный полюс–Эйткен (размер – 2400 × 2050 км, глубина – 8 км, перепад высот – 16,1 км) представила профессор **Д. Роммель** (Технический университет Дортмунда, Германия). Исключительно богаты магнием четыре расположенных там кратера – Алдер, Антониади, Драйден и Лайман. Эти данные получены с помощью американского спектрометра Moon Mineralogy Mapper, работавшего в 2008–2009 гг. на индийской АМС “Чандраян-1”

(“Chandrayaan-1”; Земля и Вселенная, 2009, № 2, с. 90–91). Переходя к вопросам внутреннего строения Луны, доктор химических наук **Е.М. Кронрод** (Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН) сообщила о “холодной” и “горячей” моделях лунной мантии. **Дж. Келлер** (Центр космических полетов им. Р. Годдарда, NASA) представил недавние результаты исследований ИСМ “LRO”. В докладе **Л. Уилсона** и **Дж. Хеда** (Университет Брауна, США) речь шла о вулканической деятельности Луны, которая могла иметь место в прошлом. Как предполагают ученые, она проходила в три этапа и проявляется в элементах рельефа.

В рамках проекта АМС “Луна-25” (“Луна-Глоб”) на поверхность Луны должна спуститься посадочная станция для исследования ее полярных регионов. На отдельном семинаре, проведенном до начала симпозиума, обсуждался выбор места посадки “Луны-25”. Доктор физико-математических наук **И.Г. Митрофанов** (ИКИ РАН) описал критерии выбора мест посадки АМС “Луна-25”, которыми руководствуются разработчики, отталкивающиеся от научных и технологических задач программы. **Дж. Флао** (ESA) и **М.А. Иванов** (Институт

геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН) говорили о списке мест посадки, состоящем из 18 “кандидатов”. Для каждого были выписаны параметры: координаты (нужны достаточно высокие широты), максимальный угол склонов (не должен превышать 7°), средняя освещенность (достаточная для работы солнечных батарей), видимость земных станций радиосвязи, высокая концентрация водорода. Важна и максимальная температура, до которой может нагреться аппарат под солнечными лучами. Окончательное решение, как ожидается, ученые вынесут в конце 2016 г. **С.С. Филимонов** (Московский институт электроники и математики) описал модели воздействия солнечного излучения на посадочную станцию и возникающий в результате нагрев ее корпуса, а **В.В. Ермаков** (ГЕОХИ) изложил принцип действия прибора для регистрации нейтральных частиц, “выбиваемых” солнечным излучением.

Представитель ESA **Дж. Карпентер** познакомил с планами агентства, касающимися исследования и освоения Луны. Сейчас агентство отвечает за разработку системы PILOT, которая позволит отработать технологию высокоточной и безопасной посадки

АМС. В полном варианте она будет установлена на АМС “Луна-27” в 2021 г. Также ESA предоставит для “Луны-28” буровую систему PROSPECT (извлечение образцов реголита с глубины до 2 м). В планах – создание лунохода для “Луны-29” и (совместно с Роскосмосом) системы доставки грунта на Землю “Луны-28”. В рамках подготовки программного обеспечения для навигации луноходов **М.А. Захарова** (ГЕОХИ РАН) рассказала о картографировании района горы Рюмкера. В докладе **Дж. Оберста** (Берлинский технологический университет) описывалось моделирование освещенности в потенциальных местах посадки АМС “Луна-25” и “Луна-27”. **Д.А. Моисеенко** (ИКИ РАН) описал масс-спектрометр ARIES-L АМС “Луна-25”, анализирующий вторичный поток частиц от лунной поверхности. Доктор физико-математических наук **А.И. Гусев** (Казанский федеральный университет) говорил о динамике внутренних слоев Луны и прецессии ее оси, что можно изучать в экспериментах с лазерными уголковыми отражателями. В завершение дня **М.Л. Литвак** представил комплексы для изучения реголита: это и нейтронное, и гамма-зондирование, и лазерная масс-спектроскопия,

в том числе на буровой установке “Луны-28”.

Обсуждение тем, связанных с Луной, продолжилось **12 октября**. На этот раз в центре внимания оказалась научная программа орбитального аппарата “Луна-26” (“Луна-Ресурс”). Доктор физико-математических наук **А.А. Петрукович** от лица коллектива ИКИ РАН сделал обзор целей, инструментов и плана работ ИСЛ “Луна-26”. **В.М. Смирнов** (ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН) подробно описал радарный комплекс, предназначенный для зондирования поверхности и подповерхностного слоя Луны. **А.Б. Санин** (ИКИ РАН) описал задачи исследования с помощью лунного гамма- и нейтронного спектрометра LGNS на “Луна-26”. О предназначенной для топографической съемки стереокамере LSTK говорилось в презентации кандидата физико-математических наук **И.В. Полянского** (ИКИ РАН). По результатам ее наблюдений планируется создать трехмерную карту высокого разрешения – 2,5–3 м по горизонтали и до 10 м по высоте. Доктор физико-математических наук **М.А. Креславский** (ГЕОХИ РАН) подчеркнул важность составления такой карты. Для Марса аналогичный продукт имеется (по данным альтиметра MOLA) на ИСМ “Марс Глобал Сервейер”

(1997–2007; Земля и Вселенная, 1997, № 4; 1998, № 3; 2004, № 3; 2007, № 2, с. 78), а в случае Луны – до сих пор некоторые участки ее поверхности остались неохваченными. **А.Е. Зубарев** (Московский государственный университет геодезии и картографии) перечислил районы, для которых не хватает наблюдений, важных с точки зрения планирования программ изучения геологии и строения Луны.

В тот же день прошла сессия, посвященная изучению Венеры. Профессор **В.А. Краснопольский** (Католический университет, США) рассказал о содержании хлорида железа (FeCl_3) в ее облачном слое. Эти частицы играют важную роль в климате планеты и могут оказаться основными поглотителями воды в диапазоне



*В.А. Краснопольский
(Католический университет,
США).*

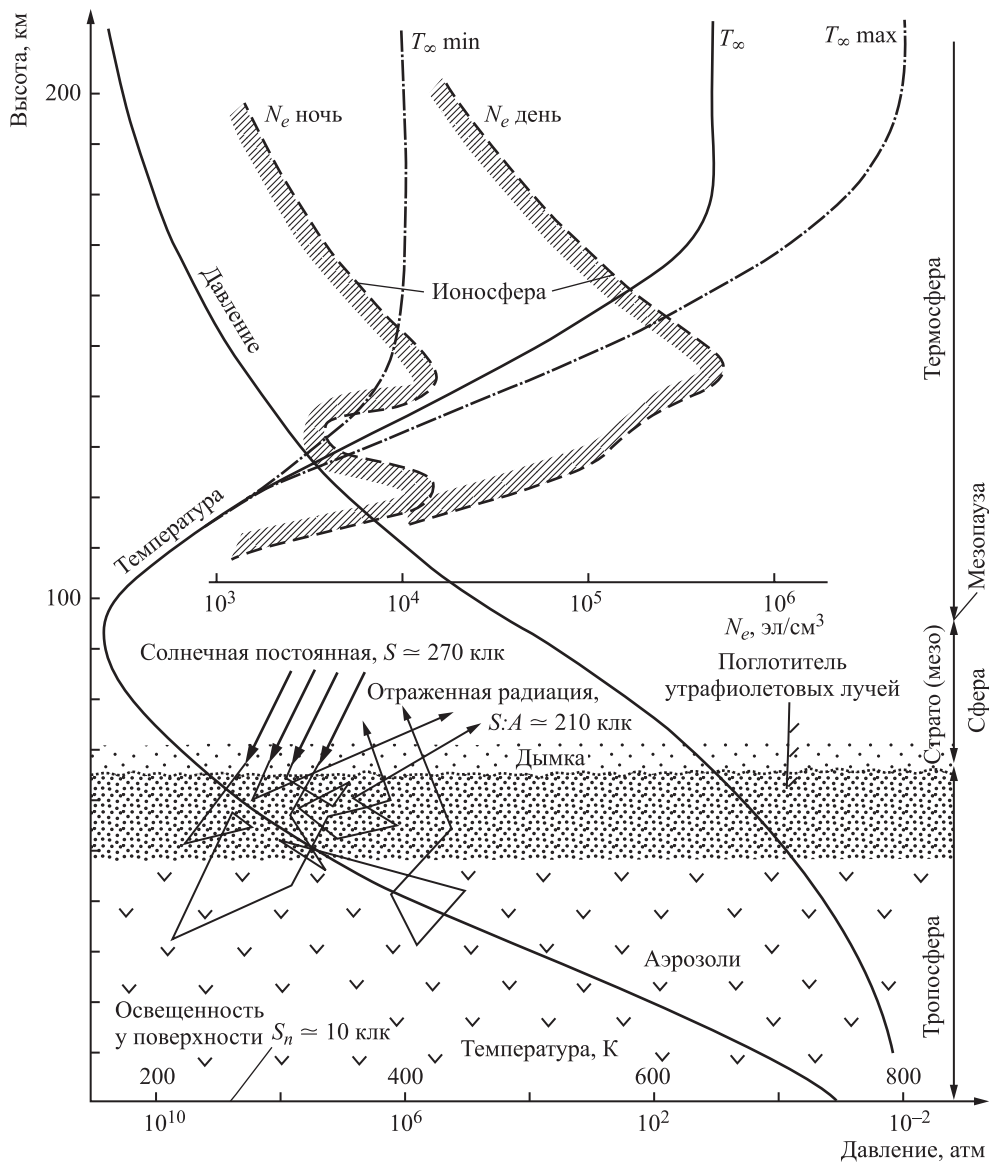


Схема строения атмосферы Венеры.

ближнего ультрафиолета. По словам доктора **С. Лимае** (Университет Висконсина, США), данный вопрос остается давней загадкой, в качестве одного из вариантов влияния на климат рассматривались

даже живые бактерии. Затем **Д.А. Беляев** (ИКИ РАН) представил новые результаты обработки данных, полученных ИСВ “Венера Экспресс” в 2006–2014 гг. (Земля и Вселенная, 2009, № 6; 2012, № 3). Интересную

информацию удалось извлечь и из еще более ранних экспериментов, выполненных в 1975 г. с помощью АМС “Венера-9 и -10”, и радиолокационного картографирования Северного полюса Венеры в 1983–1984 гг. ИСВ

Взаимодействие солнечного ветра с кометой Чурюмова–Герасименко, о котором идет речь в докладе А.В. Дивина.



“Венера-15 и -16”, о чем сообщил **А.Г. Павельев** (ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН). Доклад **Е.И. Гусевой** (ГЕОХИ РАН) был посвящен некоторым особенностям геологии Венеры. В презентации **коллектива авторов из Японского агентства аэрокосмических исследований (JAXA)** сообщалось о статусе японской АМС “Акацуки” (“Akatsuki”; Земля и Вселенная, 2009, № 6, с. 75–76; 2015, № 1, с. 49). Запущенная в мае 2010 г., станция должна была достичь своей цели в декабре того же года, но маневр выхода на орбиту окончился неудачей. Второй шанс, представившийся спустя 5 лет, сделала “Акацуки” единственной сегодня функционирующей АМС, изучающей Венеру.

Следующие несколько докладов относились к проекту АМС “Венера-Д”, не включенному в новую Федеральную космическую программу России на 2016–2025 гг. Тем не менее, существует российско-американская объединенная научная рабочая группа по

этой миссии, и, как сообщила доктор физико-математических наук **Л.В. Засова** (ИКИ РАН), проект предусматривает запуск орбитального и посадочного аппаратов (Земля и Вселенная, 2012, № 3; 2015, № 1). Научные задачи АМС “Венера-Д” включают вопросы эволюции, магнитного поля, химии, динамики и суперротации атмосферы; термического баланса, состава облаков, а посадочный аппарат позволит исследовать поверхность, обменные процессы между ней и нижним слоем атмосферы, выявить наличие радиоактивных изотопов; вулканическую и сейсмическую активность. Специалисты рассматривают необычные предложения: например, сбросить несколько малых зондов в разные районы планеты. Кандидат геолого-минералогических наук **М.А. Иванов** (ГЕОХИ РАН) осветил проблему выбора места посадки “Венеры-Д”, исходя из критериев безопасности посадки модуля и научного интереса. **Т. Кре-**

мик (Исследовательский центр имени Дж. Гленна, NASA) озвучил технологические и конструкторские задачи, которые встанут перед разработчиками. Сотрудник американской компании “Northrop Grumman Corp.” **Г. Ли** рассказал о еще одном возможном вкладе NASA в совместный с Россией проект исследования Венеры – об управляемой атмосферной платформе “VAMP”, которая будет дрейфовать на высотах 55–70 км, передавая данные в течение длительного времени.

12 октября началось с обсуждения вопросов, связанных с космической пылью. **С.К. Попель** (ИКИ РАН) сделал обзор о пылевой плазме – пылинках с электрическим зарядом; они существуют в самых разных областях Солнечной системы: в межпланетной среде, в окружении комет и малых тел, в кольцах планет-гигантов. **О.Ф. Петров** (Объединенный институт высоких температур РАН) изложил данные об изучении “кулоновских кристаллов”,

в которых частицы под воздействием сильного электростатического поля выстраиваются в пространстве определенным образом. **М. Хорани** (Университет штата Колорадо) сообщил о пылевом окружении Луны, по данным американского ИСЛ "LADEE" (2013–2014 гг.; Земля и Вселенная, 2014, № 1, с. 106–107; 2015, № 1, с. 51). **Н.Д. Борисов** (ИЗМИРАН) представил аналогичное исследование спутников Юпитера Фебы и Амальтеи. Облако Кордылевского – скопление частиц в точках Лагранжа системы Земля–Луна – описала профессор **Т.В. Сальникова** (МГУ). Доклад **Ф. Киприани** (ESA) касался совместного проекта ESA и NASA по изучению небольшого быстро вращающегося околоземного астероида Дидим (65803 Didymos) из группы аполлонов в рамках программы "AIDA": АМС должна стартовать в октябре 2020 г. и подлететь к астероиду в мае 2022 г. для его исследований. **А.В. Дивин** (СПбГУ) продемонстрировал результаты моделирования процессов взаимодействия солнечного ветра с кометой Чурюмова – Герасименко. Сотрудник ИКИ РАН **И.А. Кузнецов** предупредил об опасности пылевой плазмы и наведенного ею заряда для



Доктор физико-математических наук Г.Г. Манагадзе (ИКИ РАН) рассказывает о фундаментальных вопросах современной астробиологии.

автоматических станций на Луне.

Следующая сессия, впервые проводимая в рамках Симпозиума, затрагивала вопросы астробиологии. Открыл ее **Н.Э. Демидов** (Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН) с рассмотрением районов Марса, где возможно существование криобиосферы. Работа ученых из Ирана **М. Далир Шарами** и **С. Ебадираха** была посвящена процессам синтеза на Марсе. Вызвавшая оживленную дискуссию презентация доктора физико-математических наук **Г.Г. Манагадзе** (ИКИ РАН) обозначила фундаментальные вопросы современной астробиологии: гипотеза зарождения живой

материи в плазменной среде при падении метеоритов и молекул воды в солнечном ветре, существование микроорганизмов среди частиц марсианской пыли, методы детектирования биомассы с помощью лазерного масс-спектрометра. О попытках искать следы живой материи в углистых метеоритах рассказывали **М.А. Зайцев** (ИКИ РАН) и **В.В. Бусарев** (ГАИШ МГУ). **С.И. Ипатов** (ГЕОХИ РАН) доложил о современных теориях формировании планет земной группы и, в частности, попадания на них воды с периферии Солнечной системы. Доктор биологических наук **О.Р. Коцюрбенко** (МГУ) изложил результаты исследования микробных сообществ, выделяющих метан, обнаруженных в атмосфере Марса. Могут ли это быть живые организмы?

Небольшая сессия, посвященная малым телам Солнечной системы, состоялась в тот же день. **С.С. Ефимов** (МФТИ) показал, как с помощью новых моделей рассчитывается динамика объектов в поясе Койпера. Профессор **Е.А. Зубко** (Дальневосточный Федеральный университет) представил анализ поляризации света на поверхности комет. Подбирая коэффициенты преломления лучей, ученые пришли к выводу,



Доктор биологических наук О.Р. Коцюрбенко (МГУ) сообщил о микробах, выделяющих метан в атмосфере Марса.

что пыль на них состоит, по крайней мере, из двух различных веществ. Более детально на химическом составе кометы 67P/Чурюмова–Герасименко остановился **П. Вурц** (Университет Берна, Швейцария) – основываясь на данных приборного комплекса ROSINA на борту АМС “Розетта” (ESA). Проводя измерения на довольно долгом пути кометы: от 3,5 а.е. от Солнца до перигелия и затем снова до 3,5 а.е., он обнаружил частицы размером порядка 100 нм. По данным другого инструмента – MIRO (Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter), – удалось изучить холодные слои пыли кометы в окрестности ядра, о чем рассказал доктор физико-

математических наук **Ю.А. Скорова** (Институт исследования Солнечной системы Общества им. Макса Планка, Германия). **С.С. Красильников** (ГЕОХИ РАН) говорил о необычных остроконечных выступах на поверхности кометы; их найдено около 50. Самый крупный имеет высоту 84 м, самый маленький – 8 м. Предполагается, что они образовались в результате эрозии материала вокруг ядра. Еще несколько приборов “Розетты” изучали зернистую структуру ядра кометы Чурюмова–Герасименко, и некоторые новые детали рельефа ее поверхности представил доктор геолого-минералогических наук **А.Т. Базилевский** (ГЕОХИ РАН). Доктор физико-математических наук **Л.В. Ксанфомалити** (ИКИ РАН) сравнил ядра комет Чурюмова–Герасименко и Галлея и описал гипотезы их образования (Земля и Вселенная, 2015, № 4).

Сессия, посвященная памяти Р. Фаркуара, состоялась 14 октября. Ее “открыл” доклад ведущего сотрудника NASA **Д. Данхэма**. Вместе с Р. Фаркуаром они занимались расчетами баллистики и навигации большинства межпланетных программ последних десятилетий. Он сообщил о его жизни, о выдающихся достижениях и реализованных проектах великого “навигатора космоса”. **А. Поро**

из Международной ассоциации тайминга покрытий (IOTA) выступила с сообщением о методе наблюдений астероидов с помощью транзитного метода (покрытия ими звезд). С помощью этого метода удастся уточнить их орбиты, динамические характеристики, число объектов и некоторые свойства поверхности.

Еще несколько докладов было посвящено перспективным межзвездным перелетам – эта тема стала еще одним новым направлением Симпозиума. **С.П. Уорден** (NASA) описал проект “Breakthrough Starshot” (прорыв звездного выстрела), выдвинутый российским бизнесменом Юрием Мильнером и космологом Стивеном Хокингом. Его цель – послать много миниатюрных аппаратов



Выступает ведущий исследователь в области баллистики и космической навигации Дэвид Данхэм (NASA).



Роберт Фаркуар со студентами в лаборатории “Космические исследования, технологии, системы и процессы”, МИЭМ.

массой 1 г со скоростью 20% от скорости света к ближайшим звездам. Сейчас С. Уорден является руководителем этой программы. **Л.Д. Фридман** с коллегами из Планетарного сообщества (США) предложил один из объектов, который можно выбрать для подобной миссии – фокус гравитационной линзы, образованной Солнцем. Он находится на расстоянии 547 а.е. от Земли. Если поместить аппарат дальше фокуса, то такая линза будет способна давать чрезвычайно детализированную картину далеких звезд, галактик и экзопланет. **Е.П. Попова** (НИИЯФ им. Д.В. Скобельцина) рассмотрела проблему стабильности наноаппаратов, которые, как предполагается, должны приводиться в движение фотонным двигателем и светоотражающим парусом.

Во второй половине дня 14 октября обсуждали более реалистичные планы готовящихся миссий и технологий. Кандидат физико-математических наук **Д.П. Скулачев** (ИКИ РАН) описал характеристики микроволнового радиометра РАТ-М, предназначенного для измерения температуры поверхности Марса и взвешенной в атмосфере пыли в рамках проекта “ЭкзоМарс-2020”. Другой комплекс, включающий газовый хроматограф GCM совместной разработки ИКИ РАН и лаборатории LATMOS (Франция) и китайский масс-спектрометр MS, его предстоит разместить на посадочной платформе АМС “ЭкзоМарс-2020” и анализировать состав атмосферы, о чем доложил кандидат физико-математических наук **С.А. Асеев** (ИКИ РАН).

В JAXA на 2022 г. назначен запуск АМС “Mars Moon Exploration” (“ММХ”) по изучению Фобоса, который осуществит на него посадку в 2022 г. и затем привезет грунт на Землю. По словам **Т. Даксбери**, важную роль в подготовке этой программы полета играют наблюдения спектрометра OMEGA и камеры HRSC, установленных на ИСМ “Марс Экспресс”; они неоднократно пролетали на очень близком расстоянии от Фобоса (Земля и Вселенная, 2008, № 6, с. 89). Профессор **Э. Дентон** (NASA) говорила о теориях образования “тигровых полос” на южном полюсе Энцелада – спутника Сатурна – из которых выбрасываются на высоту до 200 км водяные фонтаны с песком (Земля и Вселенная, 2006, № 4, с. 110–111; 2009, № 2, с. 82–83). **А.Е. Бутенко** (ИКИ РАН) сравнил варианты исследования ледяных спутников Юпитера и Сатурна с помощью разных буровых установок. **Н.Г. Чеченин** (НИИЯФ МГУ) сообщил о разработке новой оптической системы из композитных материалов,



Область Южного полюса Энцелада со струями гейзеров, извергающихся из разломов в этой области. Снимок получен 30 ноября 2010 г. с помощью узкоугольной камеры АМС «Кассини». Фото NASA.

имеющих частицы размером 10^{-9} м, и терморепродуктивных (или термопластических) полимеров. **М.И. Мищенко** (Центр космических полетов им. Р. Годдарда, NASA) описал проблемы и решения дистанционного зондирования планетных атмосфер, а также восстановление распределения аэрозоля и облаков по наблюдениям рассеянного света.

Другой важной задачей, обсуждавшаяся на Симпозиуме, стала регистрация космического излучения в длительных пилотируемых полетах для обеспечения безопасного функционирования научных приборов и систем космического корабля. **К.В. Захарченко**

(Московский институт электроники и математики) представил разработку алмазного детектора для этих целей. Доктор физико-математических наук **А.В. Захаров** (ИКИ РАН) привел характеристики готовящегося анализатора лунной пыли, который будет установлен на борту посадочного аппарата «Луна-27». В докладе **Л.В. Ксанфомалити** говорилось об одном из объектов, открытых американской космической обсерваторией «Кеплер», – звезде КIC8462852. На ее кривой блеска замечены странные аномалии, которым до сих пор нет однозначного объяснения. В завершение сессии кандидат

физико-математических наук **М.С. Чубей** (Пулковская обсерватория ГАО РАН) рассказал о проекте «Орбитальной звездной стереоскопической обсерватории». Два идентичных космических аппарата планируется вывести в окрестности точек Лагранжа L4 и L5 системы Солнце–барицентр системы «Земля+Луна». Сейчас рассчитаны параметры рабочих орбит, навигационные маневры и последовательность стартов, устойчивость и характеристики необходимого оборудования.

*Д.С. БЕЦИС,
ИКИ РАН
Фото автора*

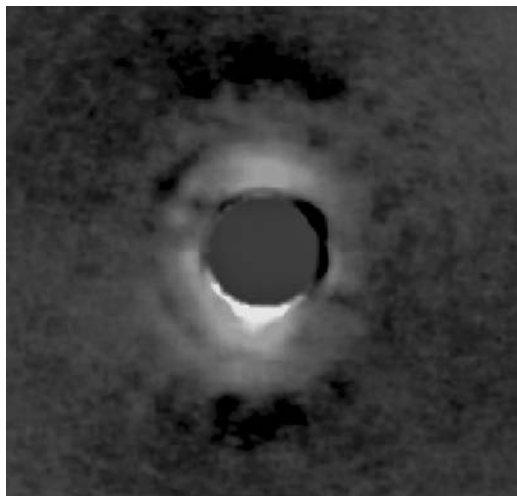
Новый коронограф для поиска экзопланет

С помощью нового инструмента, смонтированного на 10,4-м телескопе Обсерватории им. В. Кека на Гавайях, получены изображения коричневого карлика и пылевого кольца вокруг звезды, внутри которого формируется планета. Вихревой коронограф установили внутри камеры ближнего инфракрасного диапазона NIRC2-телескопа. Устройство называется вихревым потому, что свет звезды сосредоточен на оптической сингулярности, которая создает темное отверстие в изображении. Оно не блокирует свет

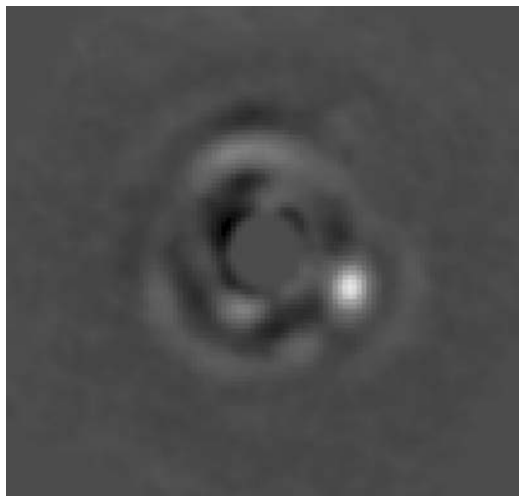
маской, а вместо этого перенаправляет его в сторону от детекторов, используя метод, при котором световые волны объединяются и уравниваются. Его изобрел в 2005 г. сотрудник Лаборатории реактивного движения NASA Д. Моет (в то время он работал в Льежском университете в Бельгии). Вихревой коронограф для Обсерватории им. В. Кека изготовлен Льежским университетом в сотрудничестве с Уппсальским университетом, Лабораторией реактивного движения и Калифорнийским технологическим институтом. Он может различать планетарные системы и коричневые карлики, расположенные очень близко к своим звездам. Это – очень непростая задача, поскольку звезда может засвечивать область в тысячи и миллиарды раз ярче,

чем излучает одна планета на ее орбите. До настоящего времени могли фиксировать только те газовые гиганты, которые рождаются намного дальше. Теперь астрономы в состоянии увидеть, как планеты вращаются вокруг звезд на расстоянии Юпитера от Солнца (5,2 а.е.) и даже в два-три раза ближе, чем это было возможно прежде. Изучение областей вокруг звезд вихревым коронографом поможет определить класс экзопланеты. Предполагается решить несколько вопросов: родились ли эти планеты за пределами границы льда, а затем мигрировали ближе, или они сформировались в непосредственной близости от звезды?

Сведения о работе вихревого коронографа опубликованы в январском выпуске (2017 г.) “Астроно-



Протопланетный диск вокруг звезды HD 141569, расположенный на расстоянии 320–370 св. лет от нас в созвездии Весы. Получено вихревым коронографом. Фото NASA/JPL.



Коричневый карлик HIP 79124 B вращается по орбите в 23 а.е. от звезды. Получено вихревым коронографом. Фото NASA/JPL.

мического журнала”. В одной из статей, подготовленной коллективом, возглавляемым Дж. Серабином из Лаборатории реактивного движения, рассказывается о первом “прямом” изображении коричневого карлика HIP 79124 В в созвездии Весы, расположенного на расстоянии 23 а. е. от звезды в соседнем регионе звездообразования Скорпиона–Центавра. Возможность

рассмотреть газопылевые диски около звезд необходима для поиска формирующихся планет.

Другая статья посвящена внутреннему пылевому кольцу из трех, находящихся вокруг молодой звезды HD 141569А (возрастом 5 млн лет), в котором формируется планета. Снимки синтезированы на основе данных, полученных космическими инфракрасными

обсерваториями “Спитцер” и “WISE”, а также “Гершель” (ESA). Установлено, что температура внутреннего кольца составляет -173 °С. Три кольца вокруг молодой звезды “вложены” друг в друга и в настоящее время претерпевают разительные изменения – там рождаются новые планеты.

*Пресс-релиз NASA,
1 февраля 2017 г.*

Информация

Самые грандиозные события во Вселенной

Астрофизики NASA обнаружили в космосе место, где одновременно происходят два события вселенского масштаба – какие только можно представить: три сверхмассивные черные дыры испускают мощные джеты плазмы, которые затем дополнительно ускоряются, попадая в область столкновения двух скоплений галактик. Самые мощные ускорители элементарных частиц во Вселенной – это три сверхмассивные черные дыры и столкновение гигантских галактических скоплений. Этот “двойной удар” был обнаружен в паре взаимодействующих скоплений галактик Abell 3411 и Abell 3412 (масса каждого $10^{15} M_{\odot}$), расположенных в созвездии Возничего на рассто-

янии около 2 млрд св. лет от нас. Кометообразное рентгеновское излучение сформировано горячим газом из одного скопления, оно проникает во второе.

Оптические данные 10,4-м телескопа Обсерватории им. В. Кека и японского 8,2-м телескопа “Субару” (Мауна-Кеа, Гавайи) обнаружили галактики в каждом из скоплений. Вихрь в одном из них образован сверхмассивной черной дырой в виде вращающейся плотной магнитной воронки. Мощные электромагнитные поля, связанные с этой структурой, ускорили притекающий из окрестностей черной дыры газ, образовав энергичную высокоскоростную струю – джет. Затем ускоренные частицы джета набрали еще большую скорость, встретившись с ударными волнами – акустическими ударами, возникшими при столкновении массивных газовых облаков (связанных со скоплениями), сообщая им колоссальную энергию. В результате в пространстве

между скоплениями галактик Abell 3411 и Abell 3412 появляются частицы самых высоких энергий, которые только можно найти во Вселенной.

Исследование Abell 3411 и Abell 3412 раскрывает давнюю тайну о происхождении вихрей радиоизлучения в скоплениях галактик, простирающихся на миллионы световых лет. Астрономы пришли к выводу, что, по мере того, как ударные волны движутся по скоплению на протяжении сотен миллионов лет, дважды ускоренные частицы создают гигантские водовороты радиоизлучения.

Для того чтобы наблюдать происходящее в месте столкновения скоплений галактик, потребовались изображения, полученные с помощью космической обсерватории “Чандра” (в рентгеновском диапазоне), позволившие оценить энергию джетов (см. стр. 1 обложки), и радиотелескопов VLA (США) и GMRT (Индия).

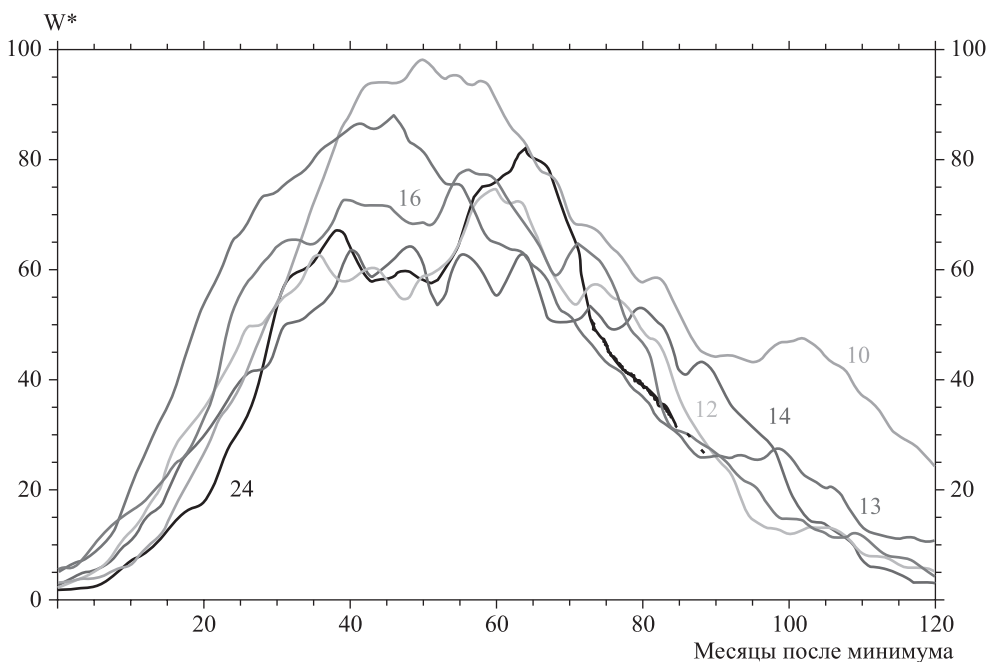
*Пресс-релиз NASA,
7 января 2017 г.*

Солнце в декабре 2016 г. — январе 2017 г.

Солнечная пятнообразовательная активность в эти месяцы менялась от очень низкого до среднего уровней, оставаясь в основном на низком. Количество беспятенных дней увеличилось еще на 6 сут в декабре (91 сут за весь прошедший год) и на 8 сут в январе текущего 2017 г. (в 2016 г. — 31 сут). Число групп пятен на видимом диске Солнца в этот период колебалось от 0 до 4, все они были небольшими и спокойными.

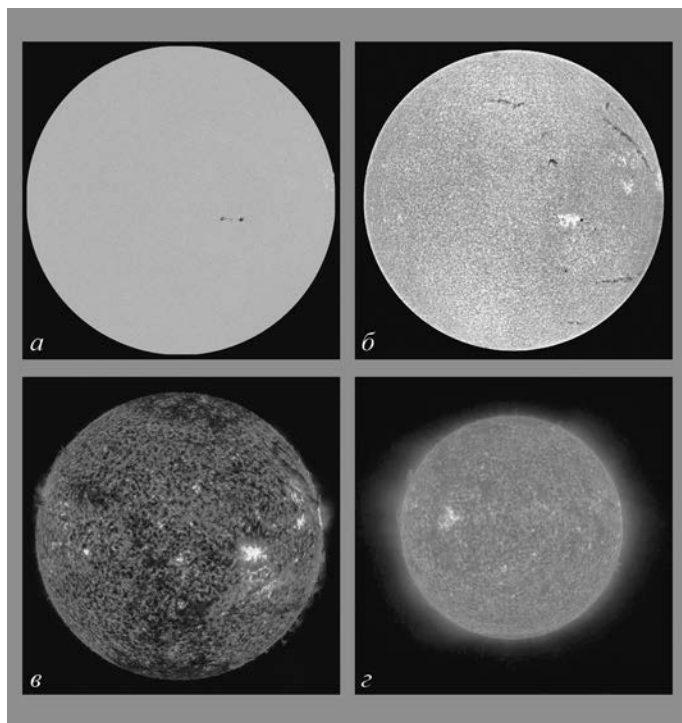
Из 12-ти групп солнечных пятен 10 появились в Северном полушарии. Кривая роста сглаженных за год значений относительного числа пятен продолжает уверенно идти на спад. Продолжалась, но значительно ослабла выразившаяся отчетливо тенденция длительного рекуррентного (повторяющегося через оборот Солнца) периода (около 4 сут) геомагнитных возмущений: на последнем обороте — 2 сут. Это связано с высоко-

скоростными потоками солнечного ветра, вызванного семейством низкоширотных корональных дыр, связанных в какой-то мере с большими корональными дырами на полюсах Солнца. Текущие среднемесячные значения чисел Вольфа (мы, как и Служба состояния околоземного пространства — www.swpc.noaa.gov — будем придерживаться старой, классической системы) составили $W_{\text{дек.}} = 11,3$ и $W_{\text{январ.}} = 16,0$.



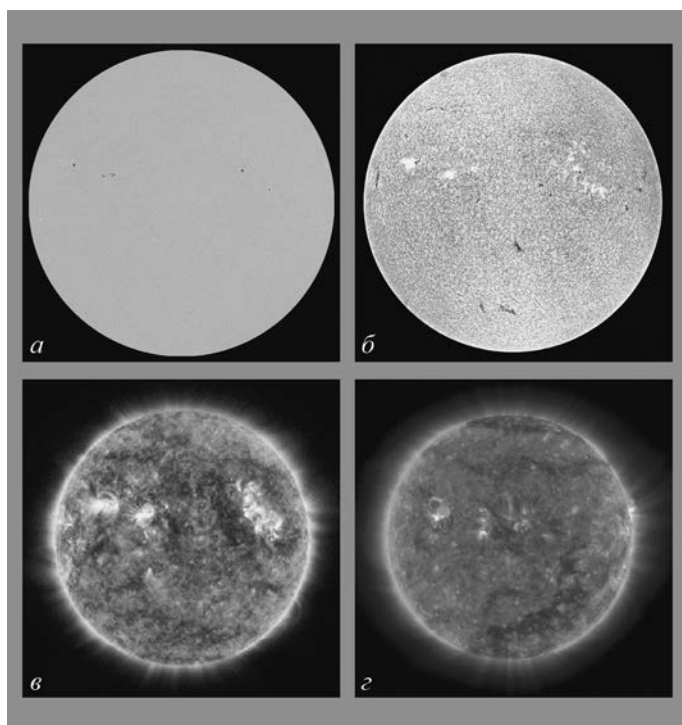
Ход развития (90 месяцев) текущего, 24-го цикла солнечной активности, среди всех достоверных, начиная с 1849 г.). W^* — сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен, представленные в старой, классической системе.

Солнце 5 декабря 2016 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$); г – в линии крайнего ультрафиолета He II ($\lambda = 304 \text{ \AA}$), обратная сторона Солнца. Космические солнечные обсерватории “SDO” и “STEREO-A” (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>).

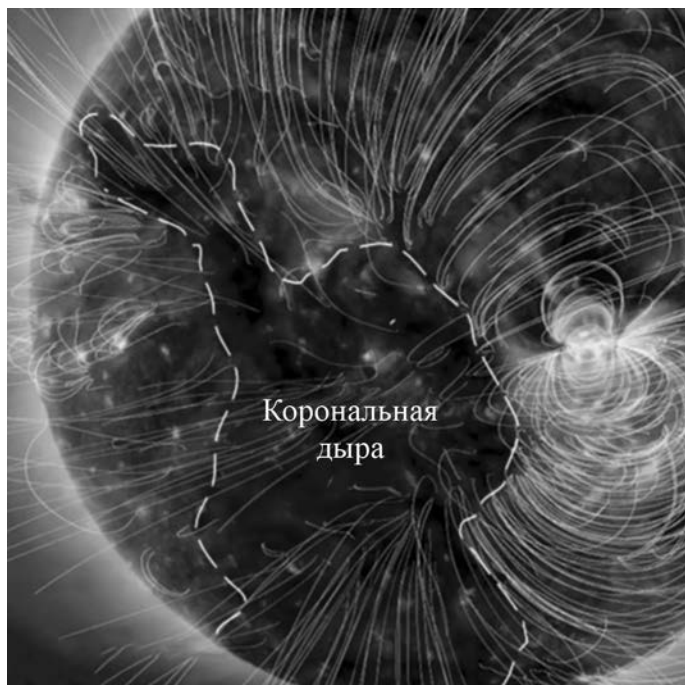


Сглаженное значение этих индексов в июне и июле 2016 г. составило $W^* = 25,0$ и $W^* = 23,5$ соответственно.

В начале декабря пятнообразовательная активность оставалась на среднем уровне 6 первых суток на очень низком до конца месяца. Максимальное ежедневное значение относительных чисел солнечных пятен отмечено **2 декабря ($W = 62$)**, минимальные – 10, 16, 23–26 декабря ($W=0$). Низкий уровень вспышечной активности (вспышки рентгеновского балла C) наблюдался 4–5 и 10 декабря, в остальные дни эти показатели оставались на очень низком уровне. Выбросы солнечных волокон (8 событий) наблюдались 4, 5, 7, 8, 15, 17, 26 и 29 декабря. Коронаграфы космической обсерватории “SOHO” зарегистрировали 35 корональных выбросов вещества различной интенсивности, из которых всего один был типа II (угловая ширина 90–180°).



Солнце 21 января 2017 г.: а – фотосфера в непрерывном спектре ($\lambda = 4500 \text{ \AA}$); б – в самой сильной линии водорода H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в – в линии крайнего ультрафиолета Fe IX ($\lambda = 171 \text{ \AA}$); г – в линии крайнего ультрафиолета Fe IX ($\lambda = 171 \text{ \AA}$), обратная сторона Солнца. Космические солнечные обсерватории “SDO” и “STEREO-A” (<http://spaceweather.com>).



Большая корональная дыра в линиях крайнего ультрафиолета $\lambda = 171 \text{ \AA}$ (Fe IX) + 211 \AA (Fe XIV) + 193 \AA (Fe XII). Штриховой линией обозначены размеры корональной дыры. На снимке 5 декабря 2016 г. показаны силовые линии магнитного поля. Космическая солнечная обсерватория "SDO" (<http://www.solarmonitor.org/>).

образовавшаяся. В геомагнитном поле отмечены четыре малых магнитных бури: 5–6, 18, 26–27 и 31 января, источниками которых стали высокоскоростные потоки от корональных дыр. Всего отмечено 7 сут с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах очень высокий поток (более 10^7 частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями более 2 МэВ зафиксирован 6–17, 20–31 января.

Несколько оборотов существовала большая корональная дыра на Солнце. Горячее вещество из короны вытекает в виде высокоскоростного потока солнечного ветра. Размеры корональной дыры в солнечной атмосфере можно оценить на снимке, сделанном космической солнечной обсерваторией "SDO". Высокоскоростные потоки от больших корональных дыр ускоряются до 700 км/с и, достигая Земли, вызывают магнитные возмущения и (на высоких широтах) полярные сияния.

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

*В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН,
ГЦ РАН*

По видимому диску Солнца проходили 11 рекуррентных и 2 новых корональных дыры, высокоскоростные потоки от них "внесли" определенный "вклад" в геомагнитные возмущения (особенно от низкоширотных корональных дыр семейств полярных корональных дыр). На средних широтах Земли отмечены семь магнитных бурь: 1–4, 13–14, 16–17 и 30 декабря – малые, 24–29 декабря – умеренные. Всего же в геомагнитном поле зарегистрировано 9 возмущенных дней. На геостационарных орбитах очень высокий поток (более 10^7 частиц/м²) релятивистских электронов с энергиями более 2 МэВ наблюдался 1–7, 9–18 и 22–31 декабря.

Уровень пятнообразовательной активности Солнца 1–12 января 2017 г. оставался на очень низком уровне, причем в течение 10 сут на видимом диске пятен не было. До конца второй декады регистрировалась низкая

активность, а с 21 января ее уровень поднялся до среднего. На видимом диске Солнца отмечались от 0 до 4 небольших групп солнечных пятен, причем 1 из них локализовалась в Южном полушарии. Максимальное наблюдаемое число солнечных пятен отмечено 21 января ($W = 45$), минимальное – 4–11 января ($W = 0$). Вспышечная активность была на низком уровне 12 и 20 декабря и – на очень низком – в остальные дни. Выбросы солнечных волокон (23 события) наблюдались 2, 3, 12, 23 и 28 января. Коронграфы космической обсерватории "SOHO" зарегистрировали больше 35 корональных выбросов вещества разной интенсивности, среди которых один был типа "частичное гало II" (угловая ширина 90° – 180°). В январе наблюдались два семейства рекуррентных, связанных с приполярными (6 штук), корональных дыр – 2 отдельные (рекуррентные) и одна вновь

Раннее Солнце, физические условия на ранней Земле и происхождение жизни: совместимые модели

Одним из аспектов, который активно обсуждался на коллоквиуме “Земля на ранних этапах развития Солнечной системы”, проходившем в ноябре 2016 г. в ГАИШ МГУ в рамках совместного проекта Астрономического общества и программы РАН “Происхождение жизни и развитие биосферы”, был вопрос о совместимости имеющихся теоретических моделей формирования Солнечной системы, физических условий на ранней Земле с существованием и развитием современного типа жизни. На форуме сделано 33 обзорных доклада, на которых рассматривались комплексные аспекты возникновения и развития разномасштабных объектов, – от молекулярных галактических облаков и Солнечной системы до первых клеток и современной биосферы. В данной статье сделан обзор докладов,

посвященных изучению места, времени и технологиям происхождения жизни в Солнечной системе.

Вопрос этот можно рассмотреть с двух сторон. Начальные физические условия на Земле накладывали ограничения на возможные варианты жизни (“бытие определяет сознание”), а имеющиеся на сегодня астробиологические и палеонтологические данные о ранних экосистемах позволяют отбрасывать те физические модели, которые не соответствуют факту и условиям их экспериментально подтвержденного существования. Например, вопрос о возрасте магнитного поля Земли и температуре ранней Земли, скорее всего, будет решен, исходя из оптимальных условий существования первых белковых структур, а не из предпочтений магнитогидродинамики,

исторически занимающейся этой областью знаний. И, наоборот, из нескольких моделей возможных мест и технологий первичного зарождения жизни предпочтительнее те, которые объясняют, каким образом первые организмы противостояли сверхактивному разрушающему воздействию ультрафиолетового излучения древнего Солнца.

Изучение эволюции звездных скоплений и планет, физических условий существования раннего Солнца и Земли, а также достижения астробиологии и палеонтологии привели к тому, что к настоящему моменту гипотезы возникновения жизни отличаются от тех, что были еще 30 лет назад, по крайней мере, по четырем пунктам:

– процессы возникновения жизни могли начинаться уже на этапе образования звездных скоплений из молекулярных

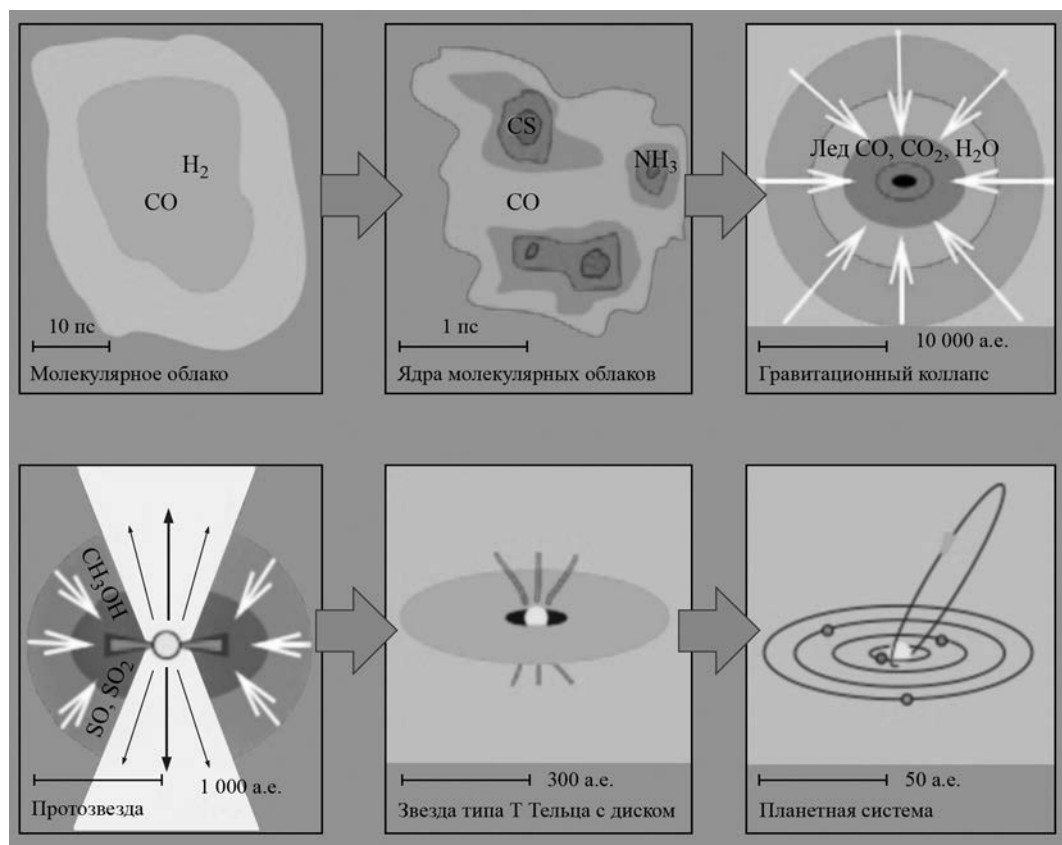
облаков; экспериментальный материал по химическому составу молекулярных облаков в межзвездном пространстве предполагает существование активного до-биологического синтеза сложных органических веществ;

– эти данные позволяют не рассматривать в качестве “конкурентов” гипотезы панспермии (занесения изначальных биологических структур из космоса на Землю; Земля и Вселенная, 2014, № 1; 2016, № 2) и зарождения

первичной жизни на Земле. Скорее всего, эти гипотезы отражают разные этапы одного и того же процесса;

– земная жизнь возникла не как отдельный биологический элемент любой степени сложности (РНК, белок или ДНК), но как сложная открытая экосистема с различными взаимодополняющими компонентами (академик Г.А. Заварзин, теория функциональных связей в геосферно-биосферной системе);

– гипотеза возникновения земных экосистем в однофазной среде (“первичный бульон”) представляется на сегодняшний день неубедительной. Все современные модели используют либо двухфазную среду (например, модель В.А. Твердислова о возникновении жизни на границе жидкой и газообразной фазы), либо трехфазную (обогащенный микроэлементами газ, вода и твердые глиняные структуры,



Базовый сценарий звездообразования. Из презентации Д.З. Вибе.

как например, в модели А. Мулкиджаняна).

ДОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Тот вариант жизни, который мы имеем на сегодняшний день, формировался в соответствии с физическими условиями на ранней Земле, 4,5–4 млрд лет назад, а возможно, – еще раньше: в протозвездном или протопланетном облаке.

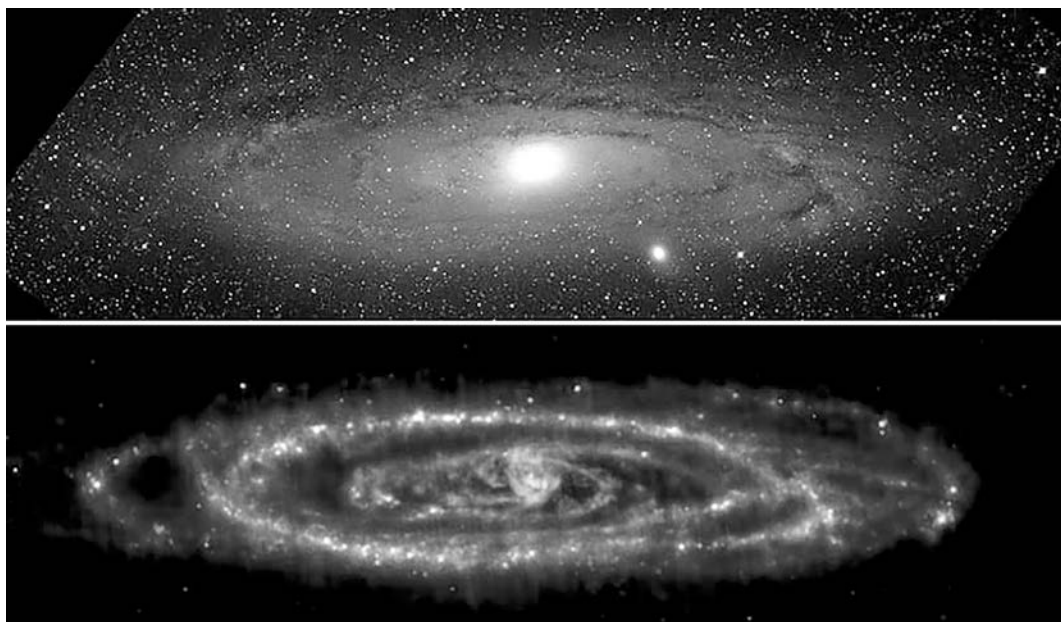
Образование Солнечной системы происходило в плотной звездной ассоциации с присутствием соседних массивных звезд, с возможностью неоднократных инъекций вещества в допланетные диски

благодаря вспышкам сверхновых звезд. Экспериментальный материал по химическому составу молекулярных облаков в межзвездном пространстве предполагает наличие активного добиологического синтеза сложных органических веществ уже в процессе формирования звездных скоплений (Земля и Вселенная, 2016, № 6).

В обзорном докладе доктора физико-математических наук **Д.З. Вибе** (ИНАСАН) о добиологической эволюции органического вещества во Вселенной было указано, что суммарная масса молекулярного газа в нашей Галактике составляет несколько

миллиардов масс Солнца (это примерно половина всей массы межзвездного вещества). Газ занимает не более нескольких процентов объема галактического диска. Наибольшие массы (миллионы солнечных масс) характерны для гигантских молекулярных облаков.

Из-за значительного содержания космической пыли внутренние области молекулярных облаков экранированы от разрушающего ультрафиолетового, жесткого рентгеновского и гамма-излучений звезд нашей Галактики, что и создает в них благоприятные условия для синтеза наблюдаемых органических молекул. В первых



Галактика Туманность Андромеды в оптическом и инфракрасном диапазоне. В ней присутствуют молекулярные облака массой – до $10^6 M_{\odot}$, размерами – десятки парсек, температурой – 10–50 K, плотностью – около 200 г/см^{-3} . Из презентации Д.З. Вибе.

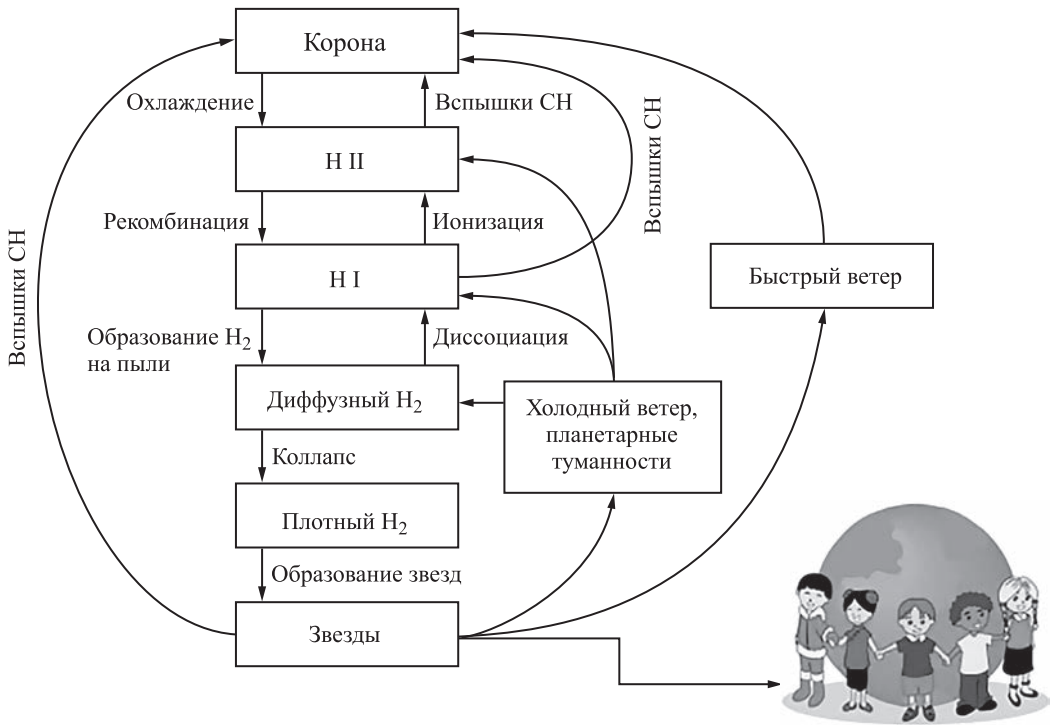


Схема круговорота вещества в межзвездной среде. Из презентации Д.З. Вибе.

моделях образование молекул в межзвездной среде связывалось с реакциями радиоактивной ассоциации (радиационного захвата простых молекул или ионов в более сложные).

Столкновение двух атомов само по себе не способно привести к образованию молекулы, однако в ряде случаев в процессе столкновения формируется слипшийся столкновительный комплекс, который успевает до распада излучить избыток энергии в виде фотона и тем самым превратиться в стабильную молекулу. В 1951 г. доказано, что в ранних

расчетах скорости этих реакций были существенно переоценены и в построенных на них моделях недооценивают наблюдаемые содержания межзвездных молекул на порядки величин. Появилась необходимость в новых объяснениях синтеза межзвездных молекул.

Предлагались разные варианты: синтез молекул на поверхностях космических пылинок с последующим испарением или в проэволюционировавших звездах с выбросом молекул в межзвездную среду; фотодиссоциация сложных молекул,

испаряющихся из углеводородных пылинок. В результате по современным представлениям ключевую роль в межзвездной молекулярной химии играют нейтральные ионы (или ион-молекулярные), и реакции между ионизованным и нейтральным реагентом, а первичную ионизацию «обеспечивают» частицы космических лучей. В межзвездном веществе присутствуют как синтез («сборка»), так и диссоциации («распад») молекул.

В настоящее время количество известных межзвездных и околозвездных молекул

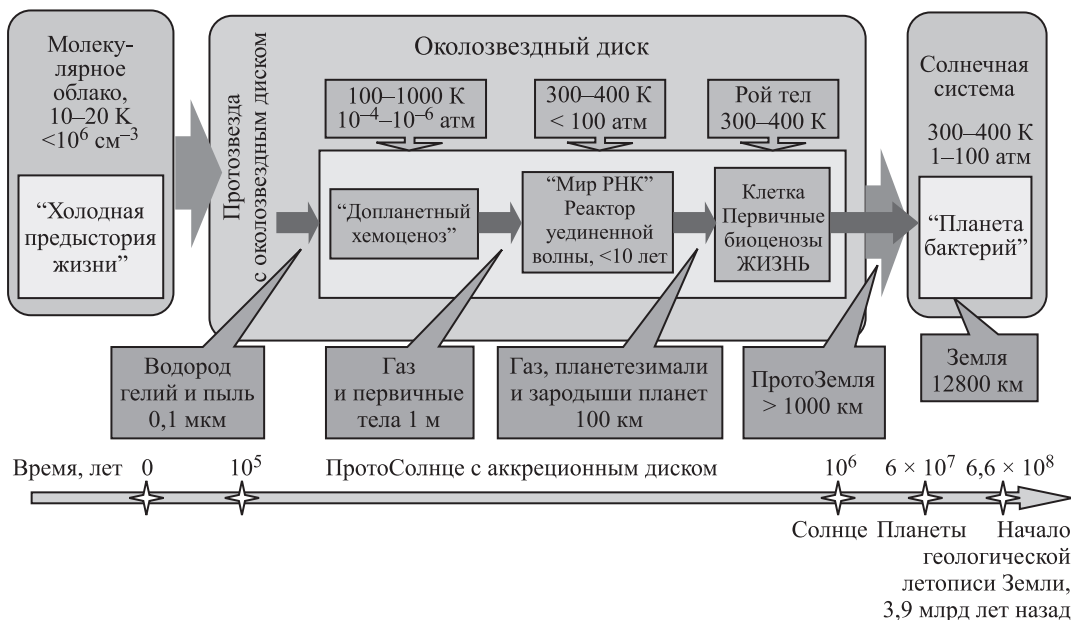
приближается к двум сотням (без учета изомеров и изотопомеров). Среди них встречаются как простые, так и довольно сложные соединения: самые большие уверенно идентифицированные молекулы состоят из 12 атомов ($\text{CH}_3\text{OC}_2\text{H}_5$, $\text{C}_3\text{H}_7\text{CN}$). В межзвездной среде, несомненно, присутствуют и более сложные органические структуры – фуллерены, какие-то формы ароматических соединений. Обновляемый список экспериментально зафиксированных межзвездных и околозвездных молекул приведен на специализированном астрохимическом сайте: [http://](http://astrochymist.org/)

astrochymist.org/. В последнее время это разнообразие все чаще становится поводом для предположения о том, что органические соединения могли попадать в “готовом виде” на Землю и на другие формирующиеся планеты.

Доктор физико-математических наук **Н.Г. Бочкарев** (ГАИШ МГУ) отметил, что параметры межзвездной среды, определяющие степень проникновения галактических космических лучей, межзвездных атомов и пылинок в Солнечную систему и их влияние на Землю значительно меняются по мере перемещения Солнца из одних участков

межзвездной среды в другие. В некоторых случаях это может вызывать изменения условий, существенных для жизни на Земле.

Пока остается открытым вопрос, насколько важен был “вклад” дозвездного органического синтеза в обогащение органикой формирующихся планет Солнечной системы (в том числе Земли). Предбиологические синтезы органического вещества в протопланетных дисках, их компьютерное моделирование, наблюдение и лабораторное моделирование обсуждались в докладе “Предбиологические синтезы органического вещества в



Модель эволюции происхождения жизни: возможная самоорганизация добиологического органического вещества в протопланетных дисках и физические параметры окружающей среды. Из презентации В.Н. Снытникова.

протопланетных дисках” астрохимика, профессора **В.Н. Снытникова** (НГУ, Новосибирск). Первичную “лабораторию” по производству органических веществ, основанную на процессах самоорганизации, необходимо искать в молекулярных облаках, исходя из химических оценок процессов автокатализа биологических веществ. При образовании планет в околозвездных дисках за десятки миллионов лет происходит сжатие вещества – от разреженной газопылевой среды молекулярных облаков до конденсированного состояния среды. Сжатие вещества в дисках может сопровождаться потерей водорода и гелия, как у планет земной группы Солнечной системы. В этом случае происходит обогащение среды кислородом, углеродом, азотом и другими элементами в их космической распространенности. Эти элементы вместе с водородом составляют основу органических соединений и известной нам жизни. Сжатие вещества в дисках – процесс неравномерный, который идет с широчайшей сменой условий по давлению, температуре, плотности вещества, по воздействию излучения, и сопровождается разнообразным комплексом физико-химических реакций. Пылевидная твердая ком-

понента вещества диска, состоящая в основном из Mg, Si, O, Fe с добавками всех остальных элементов, исходно находилась в нанодисперсном состоянии. Наночастицы этого состава обладают высокой каталитической активностью в химических процессах синтеза сложных органических и предбиологических соединений. Космический реактор по давлению и температуре реагентов был близок к условиям лабораторных каталитических реакторов высокого давления. По мнению В.Н. Снытникова, начальной массы всей Земли не хватает для создания массы первичной биосферы примерно на 6 порядков (даже в предположении использования самых эффективных многоступенчатых автокаталитических химических реакций). Этап предбиологической эволюции органических молекул необходимо перенести в протопланетные диски, которые обладают нужной массой и энергией.

Успешный добиологический синтез органических веществ в присутствии метеоритов в качестве катализаторов пребиотического синтеза молекул из формамида (амид муравьиной кислоты, простейший карбоксамид) под действием ионизирующих излучений, проведенный в Объединенном институте ядерных исследований,

был представлен в докладе кандидата физико-математических наук **М.И. Капралова** (ОИЯИ, Дубна). Возможность доставки при падении метеоритов на раннюю Землю предбиологических структур обсуждалась в докладе доктора физико-математических наук **В.В. Бусарева** (ГАИШ МГУ). Эти данные позволяют не рассматривать в качестве непримиримо конкурентных гипотезу панспермии (занесения изначальных биологических структур из космоса на Землю) и гипотезу зарождения первичной жизни на Земле. Скорее всего, эти гипотезы отражают разные этапы одного и того же процесса. Молекулы – “кирпичики жизни” – могут возникать в протопланетных дисках еще на стадии слипания пылинок и образования планетезималей. В процессе эволюции диска некоторые из этих “кирпичиков” попадают туда, где могут создаться условия, подходящие для сохранения и переноса жизни (например, в рождающиеся астероиды, у которых существует фаза жидкого водяного ядра). При попадании на планету начинается новый цикл развития и адаптации жизни применительно к конкретным физическим условиям. Как показывает опыт развития Земли, иногда этот процесс бывает успешным.

Для существования любого процесса нужна энергия. У биосферы есть только два глобальных источника энергии – Солнца и земных недр. Динамика молодого Солнца и физические условия на ранней Земле, безусловно, определяют формирование земной биосферы: выбраковываемая, к примеру, из формирующихся молекул конфигурации, неустойчивые к ультрафиолетовому излучению.

Возраст Солнца около 4,6 млрд лет, Земля моложе Солнца на 100 млн лет. Первыми из планет образовались газовые планеты-гиганты, собрав в себя основную массу из газопылевого облака будущей Солнечной системы. Миграция Юпитера и Сатурна по Солнечной системе остановила рост Земли и позволила ей существовать в привычном для нас диапазоне современных физических характеристик (масса, место расположения в ряду других планет, наличие магнитного поля и атмосферы). На данный момент подтверждена оценка общей длительности завершающего этапа роста Земли – около 100 млн лет от начала образования из протопланетного диска. Начало развития жизни и возникновение магнитного поля на нашей

планете, скорее всего, произошли одновременно около 4–4,2 млрд лет назад.

Молодое Солнце значительно отличалось от сегодняшнего его состояния. В обзорных докладах докторов физико-математических наук **В.А. Батурина, С.И. Аюкова** и **М.М. Кацовой** (ГАИШ МГУ, ИЗМИРАН) рассматривалась общая картина современных представлений о строении и эволюции как звезд солнечного типа, так и нашего светила в первые 0,5–1 млрд лет его существования. Примерно через 0,5–1 млрд лет после образования Солнце, вероятно, имело период вращения вокруг своей оси около 8–10 дней. В ту эпоху его активность была более высокой, чем сейчас, но менее упорядоченной. Затем установились циклы, но их амплитуды менялись: последовательности “высоких” циклов сменялись эпохами низкой активности. Электромагнитное излучение Солнца на этих этапах эволюции в оптическом диапазоне менялось незначительно, однако в мягком рентгеновском диапазоне (0,15–4 кэВ) отношение рентгеновской светимости молодого Солнца к его полной (боллометрической) светимости было в тысячи раз больше, чем в обычный максимум активности в современную

эпоху. То же можно сказать и об интенсивности солнечных космических лучей.

При отсутствии атмосферы и меньших размерах магнитосферы Земли эти виды излучения были существенными поражающими факторами, препятствующими как процессам зарождения жизни на Земле, так и процессам переноса органических молекул с планеты на планету в пределах Солнечной системы. Четыре – три с половиной миллиарда лет тому назад во вспышечной активности Солнца доминировали не импульсные явления (как в настоящее время), а более длительные события. Однако в момент крупных вспышек мощность корпускулярного излучения древнего Солнца не менее чем в 10 тыс. раз превосходила его современное состояние. Ранее 4 млрд лет назад, даже при наличии благоприятных температурных, атмосферных и литосферных условий, вновь сформировавшаяся (или занесенная с метеоритами) жизнь на Земле практически сразу погибла под действием очередного импульсного потока внешнего излучения, не успев начать инициировать процесс эволюции. Вполне вероятно, что возникновение и устойчивое развитие сложной современной биосферы

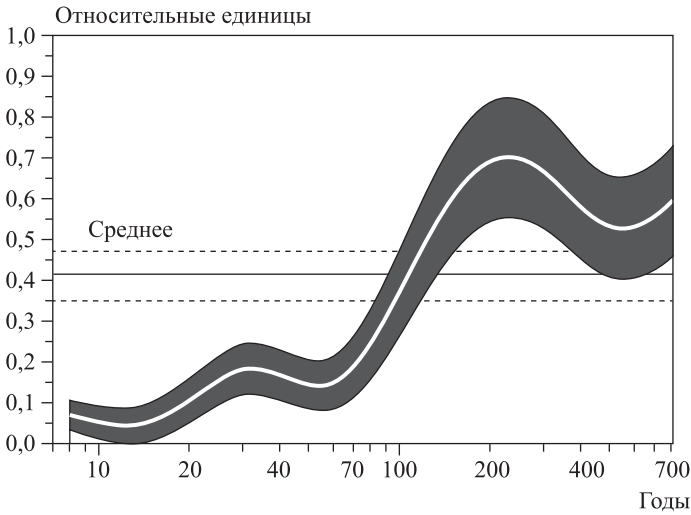


График "вклада" современной солнечной активности в климат Земли на разных временных интервалах. Центральная средняя линия – вклад в процентах, темная – интервал достоверности. Из презентации Ю.А. Наговицына.

является следствием не только появления магнитосферы и атмосферы современного типа, но и переходом Солнца к более упорядоченному и регулярному типу активности. Даже при относительно спокойном и "упорядоченном" современном Солнце "вклад" солнечной активности в климат и развитие биосферы очень велик. Как было сказано в докладе доктора физико-математических наук **Ю.А. Наговицына** (ГАО РАН, Пулково), использовавшего несколько математических реконструкций, он (вклад) составляет в среднем $17 \pm 5\%$, причем дифференциально зависит от временных шкал: 0–25 лет – вклад солнечной активности 3–5%; 25–100 лет – $17 \pm 5\%$; 100–200 лет – вклад солнечной активности 30–40%; 350–450 лет – 50–70%; 1000–1500 лет – снижение

солнечной активности до 5–10%; 2500 лет и больше – около 50%.

При наличии очень интенсивных солнечных и галактических космических лучей еще одним защитным физическим фактором, крайне важным для развития биосферы, является наличие магнитного поля Земли. Вопрос о точном времени его возникновения до сих пор остается дискуссионным. Считается, что происхождение магнитных полей у разнообразных небесных тел (включая Землю) связано, как правило, с работой механизма динамо – происходит преобразование кинетической энергии движущейся проводящей среды, находящейся в процессе сепарации тяжелых и легких фракций, в энергию магнитного поля. Результаты палеомагнитных данных позволяют утверждать, что значения геомагнитного

поля (сравнимые с современными) отмечались уже от 4,2 млрд лет назад. При этом имеющиеся основные теоретические модели динамо Земли приводят к выводу о том, что твердое ядро Земли и композиционная конвекция, необходимые для существования магнитного поля Земли, возникли только 1–1,5 млрд лет назад. В этом состоит так называемый "геомагнитный парадокс". Пути теоретического разрешения "геомагнитного парадокса" были предложены в докладе доктора физико-математических наук **С.В. Старченко** (ИЗМИРАН). Профессор МГУ **Д.Д. Соколов** рассмотрел вопрос: почему магнитное поле есть у Земли, но его нет у Марса, у Луны и Венеры? Проведенные им общие оценки показывают, что магнитное поле Земли, скорее всего, сформировалось в первые 10 млн лет ее существования. Отсутствие магнитного поля земного типа у Венеры логично

связать с ее медленным вращением. Отсутствие магнитного поля у Марса и Луны обусловлено отсутствием у них конвективных проводящих оболочек; имеющиеся у планет земного типа остатки магнитного поля можно объяснить наличием таких оболочек в прошлом. На этих небесных телах в первые несколько сотен миллионов лет их существования, скорее всего, присутствовала защитная оболочка, которая способна была поддержать развитие соответствующей, присущей только им, формы жизни.

МЕСТА И УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ БИОСФЕРЫ ЗЕМЛИ И ДРУГИХ ПЛАНЕТ

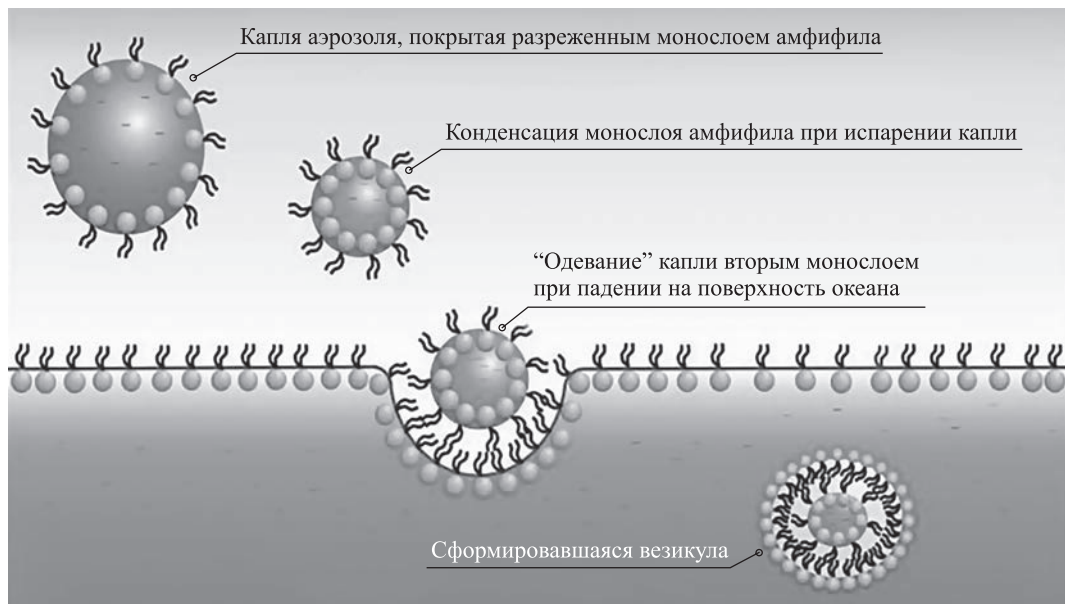
Происхождение жизни занимает одно из центральных мест в современных естественно-научных исследованиях. За последние сто с лишним лет в этих исследованиях были выработаны две основные парадигмы происхождения жизни на Земле. Одна из них, связанная с именами Опарина–Холдейна, предполагает возникновение жизни на поверхности Земли в ее первые 600–800 млн лет. Другая парадигма, связанная с именами Рихтера–Аррениуса, предполагает занесение жизни на Землю из космоса. Научно обоснованный

подход к этой проблеме был сформирован В.И. Вернадским. Из данных о наличии признаков жизни на Земле на всех этапах геологического развития им был сделан вывод о необходимости поиска места возникновения жизни в особенных условиях в космосе. На коллоквиуме было представлено два обзорных доклада крупнейших специалистов по данному вопросу: профессора МГУ В.А. Твердислова и академика А.Ю. Розанова (Институт палеонтологии).

В.А. Твердислов в докладе “Живое. От принципов к механизмам” привел аргументы, что на ранней Земле были все условия для локального зарождения жизни на поверхности первичных водных сред (около 4 млрд лет назад). Однако первичными в происхождении жизни являются не химические (или биологические) закономерности, а физические принципы симметрии и хиральности. Представления о симметрии и ее нарушениях составляют фундаментальную основу физики. Столь же важными они должны быть для понимания физических основ происхождения и эволюции живых систем. Исходная удаленность биологических структур от состояния термодинамического равновесия связана со спонтанным

возникновением в неравновесном тонком поверхностном слое морской воды двух сопряженных фундаментальных биологических асимметрий: клеточной – ионной и молекулярной – хиральной. Первая определила способность дискретных пробионтов к реагированию на внешние возмущения и их включение в биологическую эволюцию, вторая – молекулярную специфичность углеродных соединений и их иерархическое структурообразование.

В докладе **А.Ю. Розанова** “История жизни – история Земли” обсуждалась проблема верификации физических условий на ранней Земле последними астробиологическими и палеонтологическими данными. В частности, оптимальные температурные кривые для древних бактерий предполагают среднюю температуру океана не менее +40°C (сегодня это +15°C), что ставит под сомнение гипотезу “Земля–снежок” в первые 500–700 млн лет существования нашей планеты. Также благодаря исследованиям последних двух десятилетий по палеонтологии докембрия и бактериальной палеонтологии отвергается гипотеза о бескислородной атмосфере Земли в первые 2 млрд лет ее геологически документированной истории.



Одна из моделей происхождения жизни: возникновение ионной и хиральной асимметрии в неравновесном тонком поверхностном слое морской воды на границе фаз жидкость–газ. Из презентации В.А. Твердислова.

Проводилось сравнение окаменелостей из метеоритов и современных биологических форм, а также высказывалась гипотеза о необходимости рассмотрения возможного существования мира прокариотов (4,5–5 млрд лет назад), и мира РНК (до 7 млрд лет назад); для сравнения – возраст Солнечной системы оценивается в 4,6 млрд лет. Ученый отстаивает точку зрения: жизнь – это явление галактических масштабов, и время ее зарождения следует передвинуть на более раннее время по крайней мере на 1–2 млрд лет назад.

Хотелось бы подчеркнуть, что в настоящее время биологи довольно

далеко продвинулись в искусственной синтезе РНК из нуклеатидов, однако для этого процесса плохо подходит монофазная водная среда (типа первичного бульона). Из-за того, что во время реакции синтеза выделяется вода, химическое равновесие в таких средах будет сдвинуто в сторону распада длинных полимерных молекул, а не в сторону их “сборки”. Для сдвига равновесия в сторону преимущественного создания, а не распада молекул, необходимо ввести в модели сосуществующих неравновесных двухфазных водно-газообразные или трехфазные структуры. В качестве места возникновения первых

биологических объектов в современных моделях обычно рассматривают адсорбирующие поверхности различных глинистых минералов (например, в работах члена-корреспондента РАН А.Б. Четверина, Институт белка РАН), взаимодействующих с водными растворами и обогащенными другими химическими элементами газами. Одновременно глиняная (или сульфидная минеральная) подложка играет роль формирующей подложки, на которой происходит “сборка” длинных органических молекул, – границы раздела термодинамически неравновесных структур и катализатора реакции.

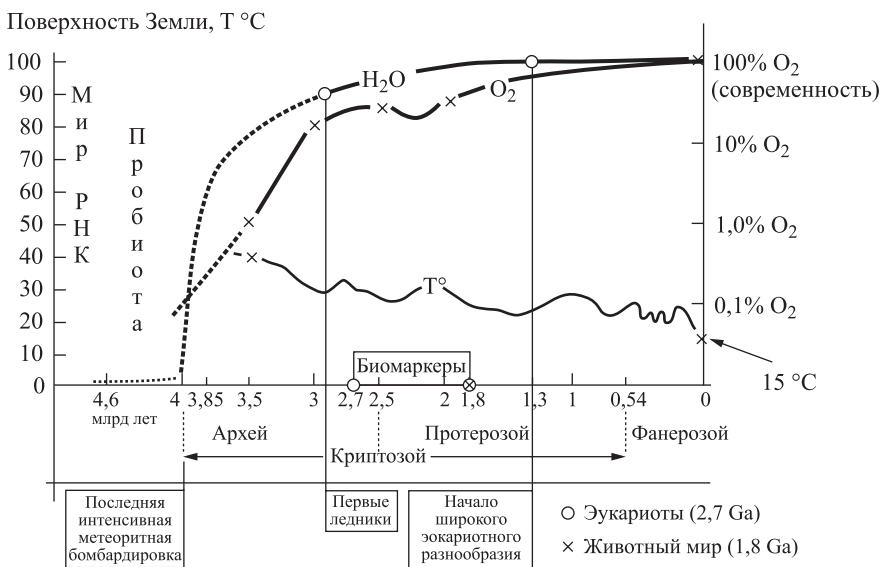


График формирования жизни в истории Земли на протяжении геологических эр. Верхняя кривая – количество воды на поверхности Земли за последние 4 млрд лет, средняя – количество воды, нижняя – температура. Из презентации А.Ю. Розанова.

В ходе дискуссии на коллоквиуме обсуждалось, являются ли углерод и вода единственными возможными “кирпичиками основ жизни” (“водно-углеродный шовинизм”) или возможно построение жизни на основе другой биохимии?

В качестве “заместителей углерода” были предложены кремний, азот и бор. При этом отмечена уникальность углерода: кремний не создает двойных связей, биохимия азота требует сверхвысоких давлений, а бор является слишком редким элементом во Вселенной. Было отмечено, что подробно этот вопрос освещен в книге М.А. Никитина “Происхождение жизни: от туманности до клетки” (2016).

По мнению автора, альтернативную биохимию можно предложить, если заменить воду на другие растворители: например, на аммиак, серную кислоту, формамид или на жидкую углекислоту. Такие условия могут присутствовать на спутниках планет-гигантов (на Европе, Ганимеде, Титане) или на экзопланетах. Еще 20–30 лет назад за идею существования биосфер на краю Солнечной системы подняли бы на смех, а сейчас специалисты всерьез ищут там жизнь.

Подробнее о физических условиях на спутниках и экзопланетах и их пригодности для жизни земного типа (или альтернативной жизни) рассказывалось в докладах

кандидата химических наук **М.Б. Симакова** (Институт цитологии РАН) и доктора физико-математических наук **В.И. Шематовича** (ИНАСАН). Гипотетический внутренний океан Титана или Европы может содержать несколько ниш, пригодных для возникновения и существования биологических систем:

- слой жидкой воды, который содержит разнообразные органические и неорганические составляющие;

- поры (каналы) различных размеров и полости с жидкой водой в нижнем слое ледяной коры;

- места криогенной активности на поверхности спутника, где внутренний водный слой реагирует с продуктами сложной

атмосферной фотохимии (в случае Титана);

– разветвленную сеть пещер и других образований, которая может быть связана как с криогенным вулканизмом, так и с воздействием приливных сил;

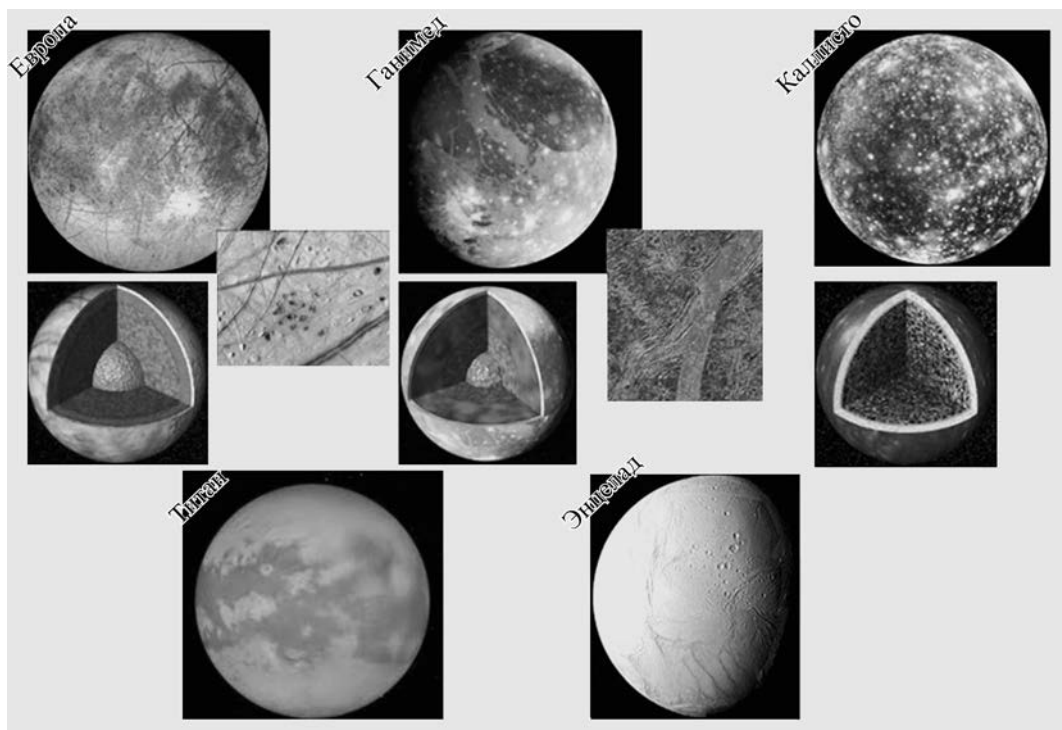
– места падений метеоритов, в которых могут образовываться значительные массивы жидкой воды, сохраняющиеся продолжительное время, до нескольких миллионов лет;

– места гидротермальной активности на дне океана. Подобные внутренние океаны могут

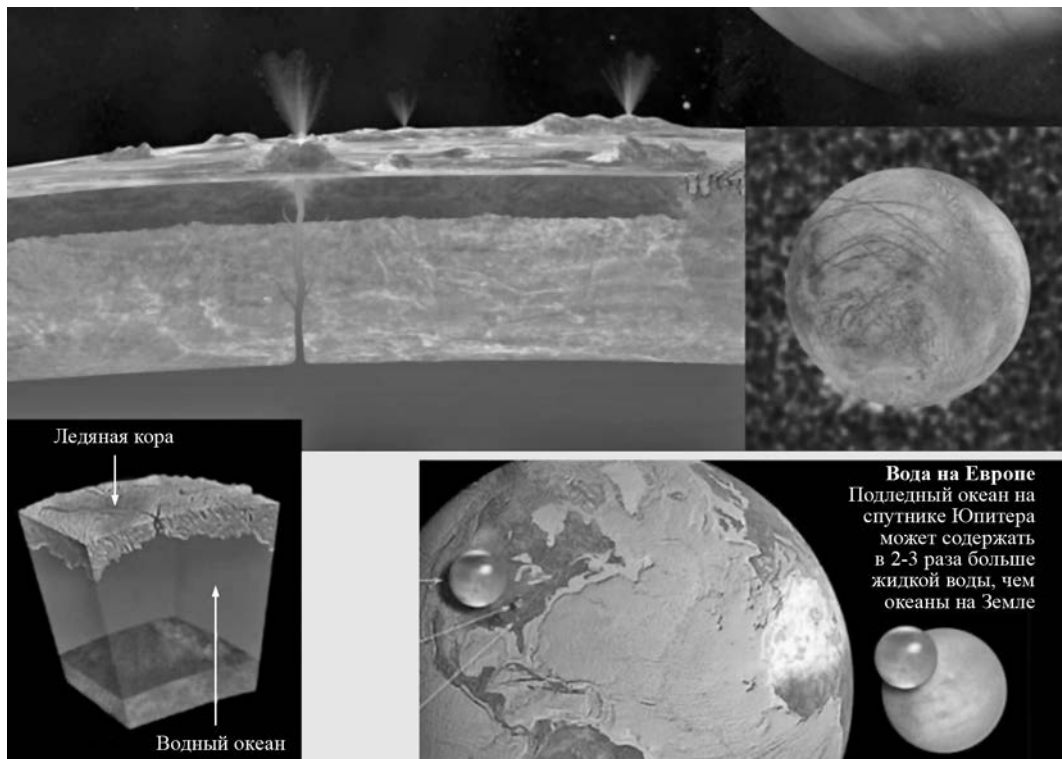
быть широко распространены во внесолнечных планетарных системах.

В докладе кандидата физико-математических наук **М.В. Рагульской** (ИЗМИРАН) говорилось о том, что многие эволюционные вехи в развитии биосферы имеют не биологическую, а физическую природу (например, возникновение многоклеточных организмов и эукариотов, а также топологически скрученных форм белков позволяет биообъектам успешнее противостоять разрушительному внешнему излучению). Формиру-

ющиеся биологические структуры и экологические системы должны были одновременно “уметь использовать” ультрафиолетовое излучение в качестве источника энергии, эффективно от него защищаться и проходить отбор на устойчивость к разрушительному воздействию излучения молодого Солнца. Сохранность древних адаптивных функций до наших дней можно объяснить необходимостью самозащиты биосферы в моменты экскурсов и инверсий магнитного поля Земли,



Крупные ледяные спутники планет-гигантов, фрагменты их поверхности и внутреннего строения. Под ледяной корой спутников находятся водоемы, где возможно существование экосистем микроорганизмов. Из презентации М.Б. Симакова.



Спутник Юпитера Европа. Вверху: слева – рисунок художника, показывающий возникновение гейзеров; справа – фото Европы с “тигровыми” полосами на поверхности (трещины в коре), через которые бьют фонтаны. Внизу: слева – строение недр, справа – соотношение запасов воды на Земле и Европе. Крупными каплями показано соотношение объемов океанической воды на Земле и Европе, мелкая капля – объем пресной воды на Земле. Из презентации М.Б. Симакова.

когда магнитосфера уменьшается и меняет конфигурацию, и на поверхности планеты резко повышается уровень губительных для клеток энергичных космических лучей и вызванного ими вторичного излучения.

Фактор наличия мощного солнечного УФ-излучения (при отсутствии защитной атмосферы современного типа), скорее всего, определял место и условия возникновения развитой земной биосферы. Благодаря

мощному УФ-излучению раннего Солнца в формирующейся биосфере одновременно происходили разные типы отбора:

- отбор стойких к УФ-излучению азотистых оснований;
- отбор нуклеотидов в комплементарные пары;
- отбор более длинных и устойчивых молекул РНК;
- отбор гомохиральных нуклеотидов (эта смесь изомеров менее устойчива к УФ-излучению, чем

изомеры с одинаковой хиральностью).

В результате существующие молекулы ДНК являются максимально устойчивыми структурами к УФ-излучению, хотя не являются единственными возможными.

Еще одна успешная адаптационная “стратегия” древних биологических структур в условиях импульсного агрессивного Солнца – это способность создавать конгломераты из различных видов биообъектов. Как

показали эксперименты на ускорителе в Дубне, сообщества из различных видов бактерий выдерживают в 10–12 раз более интенсивное облучение, чем каждый из видов в отдельности.

Об этом подробно рассказал кандидат биологических наук **В.С. Чепцов** (ИКИ РАН). Полученные результаты значительно расширяют существующие представления о радиорезистентности земных микроорганизмов, что дает основания для пересмотра существующих оценок вероятности и длительности сохранения живых организмов на планетах и телах Солнечной системы. Предполагается возможность сохранения потенциальной биосферы в приповерхностном (защищенном от УФ-излучения) слое реголита Марса в латентном состоянии в течение не менее 13 млн лет, при современной интенсивности ионизирующего излучения.

Доктор физико-математических наук **А.К. Павлов** (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН) рассмотрел проблему возможного существования микроорганизмов в поверхностном слое марсианского грунта даже не в древней, а на современной стадии эволюции Марса. Сделан анализ воздействия низкого атмосферного давления и температуры,

а также высокого радиационного фона от космических лучей на “выживаемость” бактерий и возможность их активного метаболизма. С учетом результатов проведенных лабораторных экспериментов по моделированию условий в марсианском реголите показано, что эти факторы не являются “стерилизующими” и на современном Марсе могут быть районы с сезонной биологической активностью, где реализуются условия появления жидких растворов в поверхностном слое грунта. Существующие модели колебаний климата на Марсе за счет осциллирующей наклона оси вращения предсказывают сильные колебания температуры и атмосферного давления с основным периодом в 120 тыс. лет. В докладе проанализировано их воздействие на гипотетическую биосферу поверхностного слоя реголита. Сделан вывод, что такие колебания могут периодически создавать благоприятные условия для микроорганизмов в различных районах Марса. Технически возможно обнаружение биомаркеров космическими миссиями в местах с относительно недавней биологической активностью, включая районы с сезонной эмиссией метана, или породах, недавно выброшенных на поверхность

с глубины в несколько метров (вещество “молодых” кратеров).

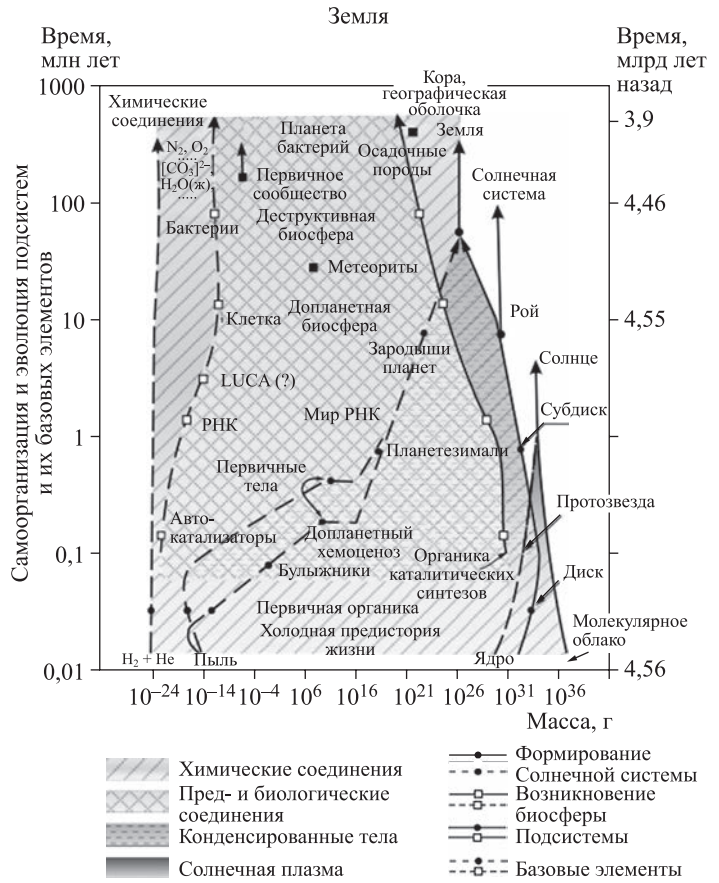
Из последних моделей происхождения не марсианской, а земной биосферы, хотелось бы обратить внимание читателей на так называемую модель “цинкового мира” профессора А. Мулкиджаняна, в которой удачно рассматриваются биохимические аспекты формирования первых клеток и экологических систем в соответствии с физическими условиями на ранней Земле и повышенной активностью молодого Солнца.

Модель рассматривает возникновение первых земных экологических сообществ в наземных геотермальных полях древней Земли, с использованием УФ-излучения в качестве источника энергии, катализатора и фактора отбора первых биологических структур. В образовании биоструктур участвуют обогащенный вулканический пар (с соотношением калия и натрия, соответствующего цитоплазме современных клеток), геотермальная вода с хлоридами натрия и железа и пористые минеральные твердые осадки в качестве катализатора и основной матрицы; присутствуют также фосфор, азот, цинк, марганец, молибден и бор, а сульфид цинка выполняет функцию защитной пленки от

Возникновение жизни в Солнечной системе. Самоорганизация и эволюция биосферы на различных пространственно-временных масштабах. Из презентации В.Н. Снытникова.

излишнего УФ-излучения древнего Солнца, что приводит к сосуществованию нескольких разных механизмов получения органических веществ из атмосферного углекислого газа и азота. Такой процесс позволяет создавать не отдельные экологические элементы, а целые экологические колонии первой земной биосферы в грязевых котлах древних вулканических геотермальных полей.

Еще более экзотические механизмы возможного возникновения современной земной биосферы – из полноценной допланетной биосферы в процессе формирования и развития протопланетных облаков подробно обсуждалась во втором докладе В.Н. Снытникова. В нем была представлена общая схема автокаталитической самоорганизации и эволюции допланетной биосферы в трехфазной неравновесной системе протопланетных облаков 4,6 млрд лет назад. Последующая деградация и резкое уменьшение разнообразия деструктивной биосферы периода формирования планет земной группы 4,55–4,5 млрд лет назад,



а также расцвет выживших и приспособившихся древних экосистем после 4 млрд лет назад создали современную земную биосферу.

Итак, в настоящее время места поиска жизни в ее бактериальной форме значительно расширились. Колыбелью жизни могут быть как молекулярные галактические облака и протопланетные диски, так и вулканы и океаны Земли, Марса и малых планет – спутников планет-гигантов. Эволюционно жизнеспособным является возникновение не отдельных

биологических молекул, а комплексной взаимодополнительной экологической системы на границе трех фаз вещества. Теоретические модели древней земной биосферы учитывают системообразующую роль интенсивного ультрафиолетового и рентгеновского излучения древнего Солнца. Земная форма жизни не единственно биохимически возможная. В качестве растворителя вместо воды альтернативные биологические структуры могли бы использовать аммиак, серную кислоту, формамид или жидкую

углекислоту. В связи с этим встает вопрос: сможет ли человечество идентифицировать такую жизнь как жизнь, если случайно найдет ее в космических исследованиях?

Полные видеозаписи всех докладов доступны на сайте ГАИШ МГУ.

Работа поддержана программой Президиума РАН “Происхождение биосферы и

эволюция геобиологических систем”.

*М.В. РАГУЛЬСКАЯ,
кандидат
физико-математических
наук
ИЗМИРАН*

Информация

Гигантская радиогалактика

Международная группа астрономов обнаружила гигантскую радиогалактику GRG (giant radio galaxy), связанную с триплетом эллиптических галактик UGC 9555. Она входит в более крупную группу галактик – MSPM 02158, расположенную на расстоянии 820 млн лет от нас. Эта радиогалактика, еще не получившая официального названия, имеет размер 8,34 млн св. лет (диаметр Млечного

Пути – 100 тыс. св. лет), что делает ее одной из крупнейших радиогалактик во Вселенной. Астрономы предполагают, что UGC 9555 поглотила как минимум одну большую галактику. Пальма первенства среди гигантских радиогалактик до сих пор принадлежит J1420–0545, достигающей около 16 млн св. лет.

Это – довольно редкие объекты, развивающиеся в условиях низкой плотности окружающего пространства. Для астрономов они особенно важны тем, что помогают раскрывать тайны образования и эволюции источников радиополучения. Пока ученым не хватает данных, чтобы точно установить класс этой новой гигантской радиогалактики; дальнейшие данные помогут определить

свойства этого объекта для определения его классификации.

Открытие сделано в рамках проекта MSSS (Multifrequency Snapshot Sky Survey – многочастотное изображение при обзоре неба) с помощью радиотелескопа LOFAR (Low Frequency Array – низкочастотный массив антенн), состоящего из 25 тыс. небольших радиоантенн, расположенных на территории Великобритании, Германии, Нидерландов, Франции и Швеции и разнесенных на 1000 км; работают на частотах 10–240 МГц.

*Пресс-релиз
радиообсерватории
“ASTRON”,
6 февраля 2017 г.*

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: июль–август 2017 г.

Таблица 1

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Июль		
1	0	Луна в первой четверти
1	9	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
3	21	Земля в афелии
6	4	Луна в апогее
7	3	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
9	4	Полнолуние
16	19	Луна в последней четверти
20	11	Луна проходит в 3° южнее Венеры
21	17	Луна в перигее
23	9	Новолуние
27	0	Марс в соединении с Солнцем
28	22	Луна проходит в 2° севернее Юпитера
30	3	Меркурий в наибольшей восточной элонгации (27°)
30	15	Луна в первой четверти
Август		
2	18	Луна в апогее
3	7	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
3	9	Уран переходит от прямого движения к попятному
7	18	Полнолуние
12	5	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
12	–	<i>Максимум метеорного потока Персеиды</i>
15	1	Луна в последней четверти
18	13	Луна в перигее
19	4	Луна проходит в 3° южнее Венеры
21	18	Новолуние
25	14	Сатурн переходит от попятного движения к прямому
25	15	Луна проходит в 3° севернее Юпитера
26	21	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
29	8	Луна в первой четверти
30	10	Луна в апогее
30	14	Луна проходит в 3° севернее Сатурна

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

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
Июль	01	06	40	+23	07	04:18	19:54	03:26	20:45	01:15	22:56
	11	07	21	+22	08	04:25	19:50	03:37	20:38	01:45	22:30
	21	08	01	+20	31	04:34	19:43	03:51	20:26	02:20	21:57
	31	08	41	+18	20	04:45	19:32	04:08	20:09	02:55	21:22
Август	10	09	19	+15	38	04:56	19:18	04:26	19:49	03:29	20:46
	20	09	57	+12	32	05:08	19:03	04:44	19:26	04:02	20:09
	30	10	33	+09	06	05:20	18:45	05:03	19:02	04:34	19:32

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время.

Пример. Определить время восхода Солнца 14 августа 2017 г. в Иркутске (широта – $52^{\circ}17'$, долгота – $6^{\text{ч}} 57^{\text{м}}$, 6-я часовая зона – московское время плюс $5^{\text{ч}}$, UT + $8^{\text{ч}}$). Пользуясь Таблицей II, интерполируем по широте значение времени восхода Солнца на 14 августа, получаем $4^{\text{ч}} 42^{\text{м}}$. Вычтем из него долготу места, прибавим $8^{\text{ч}}$, получим $5^{\text{ч}} 45^{\text{м}}$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости
									45°	55°	65°	
		ч	м	°	'	"						
Меркурий												
Июль	01	07	28,2	+23	47	-1,1	5,2	0,91	–	–	–	
	11	08	45,6	+19	38	-0,4	5,8	0,75	–	–	–	
	21	09	44,1	+13	59	0,0	6,6	0,60	–	–	–	
	31	10	24,9	+08	23	0,3	7,8	0,45	–	–	–	
Август	10	10	44,7	+04	17	1,0	9,3	0,28	–	–	–	
	20	10	36,0	+03	47	2,9	10,7	0,08	–	–	–	
	30	10	06,7	+07	51	4,4	10,3	0,03	–	–	–	
Венера												
Июль	01	03	34,9	+16	31	-4,2	18,3	0,63	2,8	2,5	–	Утро
	11	04	19,8	+18	58	-4,1	16,9	0,67	3,0	2,8	1,0	Утро
	21	05	07,0	+20	47	-4,1	15,7	0,71	3,2	3,2	2,5	Утро
	31	05	55,9	+21	49	-4,0	14,8	0,74	3,2	3,4	3,5	Утро
Август	10	06	46,0	+21	55	-4,0	13,9	0,77	3,3	3,5	4,2	Утро
	20	07	36,4	+21	01	-3,9	13,2	0,80	3,2	3,5	4,4	Утро
	30	08	26,6	+19	09	-3,9	12,6	0,83	3,0	3,4	5,2	Утро

Таблица III (окончание)

Дата		α		δ		m	d	F	Продолжительность видимости для разных широт, ч			Период видимости
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	
Марс												
Июль	01	07	14,7	+23	21	1,7	3,6	1,00	–	–	–	
	11	07	42,7	+22	25	1,7	3,5	1,00	–	–	–	
	21	08	10,0	+21	11	1,7	3,5	1,00	–	–	–	
	31	08	36,8	+19	43	1,7	3,5	1,00	–	–	–	
Август	10	09	02,9	+18	01	1,7	3,5	1,00	–	–	–	
	20	09	28,5	+16	07	1,8	3,5	1,00	–	–	–	
	30	09	53,4	+14	03	1,8	3,5	1,00	–	–	–	
Юпитер												
Июль	01	12	52,3	–04	11	–1,9	37,3	0,99	4,3	3,3	–	Вечер
	11	12	55,0	–04	31	–1,8	36,3	0,99	3,7	2,7	–	Вечер
	21	12	58,6	–04	56	–1,8	35,3	0,99	3,1	2,1	–	Вечер
	31	13	03,1	–05	26	–1,7	34,4	0,99	2,6	1,7	–	Вечер
Август	10	13	08,4	–06	01	–1,7	33,5	0,99	2,2	1,3	–	Вечер
	20	13	14,3	–06	38	–1,6	32,8	1,00	1,8	0,9	–	Вечер
	30	13	20,7	–07	19	–1,6	32,2	1,00	1,4	0,4	–	Вечер
Сатурн												
Июль	01	17	30,4	–21	56	0,1	18,4	1,00	6,8	4,4	–	Ночь
	11	17	27,5	–21	55	0,1	18,2	1,00	6,3	4,2	–	Ночь
	21	17	25,1	–21	55	0,2	18,2	1,00	5,8	4,0	–	Ночь
	31	17	23,1	–21	55	0,2	17,9	1,00	5,3	3,6	–	Вечер
Август	10	17	21,7	–21	55	0,3	17,6	1,00	4,8	3,3	–	Вечер
	20	17	21,0	–21	56	0,4	17,3	1,00	4,4	3,0	–	Вечер
	30	17	21,0	–21	58	0,4	17,1	1,00	4,0	2,8	–	Вечер

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

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

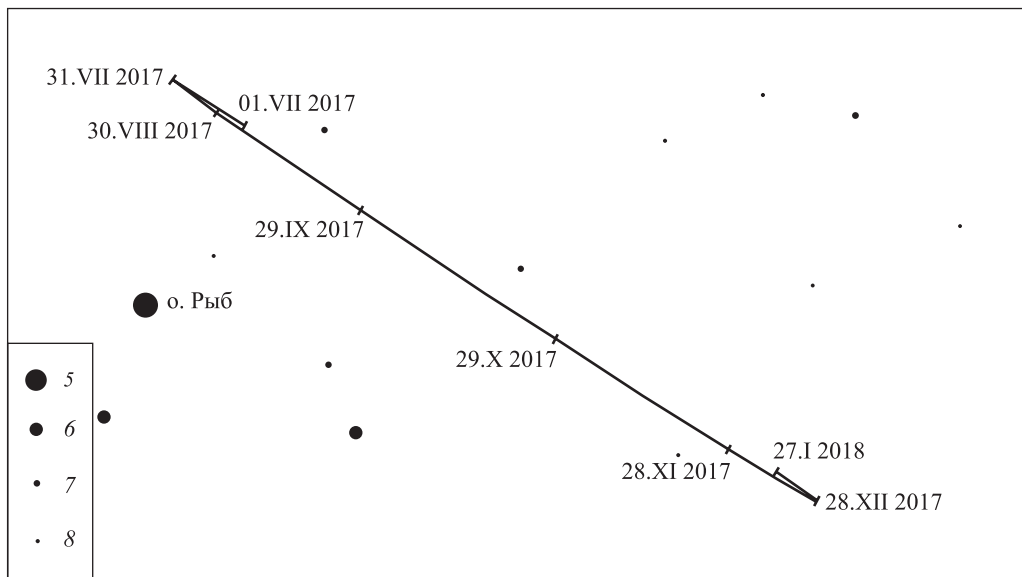
Меркурий в июле–августе не видим.

Венера постепенно становится ближе к Солнцу и видна в утреннее время суток. В июле утренняя планета перемещается по созвездию Тельца, в начале месяца – южнее рассеянного звездного скопления Плеяды, в середине месяца – севернее рассеянного звездного скопления Гиады. В конце июля Венера на двое суток окажется в самой верхней части созвездия Ориона. В августе она перемещается сначала по созвездию Близнецов, 25 августа окажется в созвездии Рака. В северных широтах нашей страны в июле Венера видна утром, в конце августа – до 5,2 ч. На средних и южных

широтах ее продолжительность составляет 2,5–3,5 ч. Блеск Венеры уменьшается с $-4,2^m$ до $-3,9^m$. Планета удаляется от Земли, и ее видимый угловой диаметр уменьшается с 18,3" до 12,6". Луна окажется вблизи Венеры 20 июля и 19 августа.

Марс в июле–августе не видим.

Юпитер перемещается по созвездию Девы в прямом движении недалеко от звезды Спика (α Девы) и виден в вечернее время. В северных широтах планета-гигант не видна. На средних и южных широтах продолжительность видимости Юпитера постепенно сокращается с 3,3–4,3 ч в начале июля



Видимый путь на небесной сфере Урана в июле 2017 г.–январе 2018 г.

до 0,4–1,4 ч в конце августа. Видимый угловой диаметр планеты-гиганта уменьшается с 37,3'' до 32,2''. Блеск уменьшается с $-1,9^m$ до $-1,6^m$. Луна окажется вблизи Юпитера 1, 28 июля и 25 августа.

Сатурн перемещается по созвездию Змееносца в попятном движении, 25 августа переходит от попятного движения к прямому. Планета-гигант в июле видна в ночное время суток, в августе – по вечерам. В северных широтах Сатурн не видим. На средних и южных широтах продолжительность видимости планеты-гиганта постепенно сокращается с 4,4–6,8 ч в начале июля до 2,8–4,0 ч в конце августа.

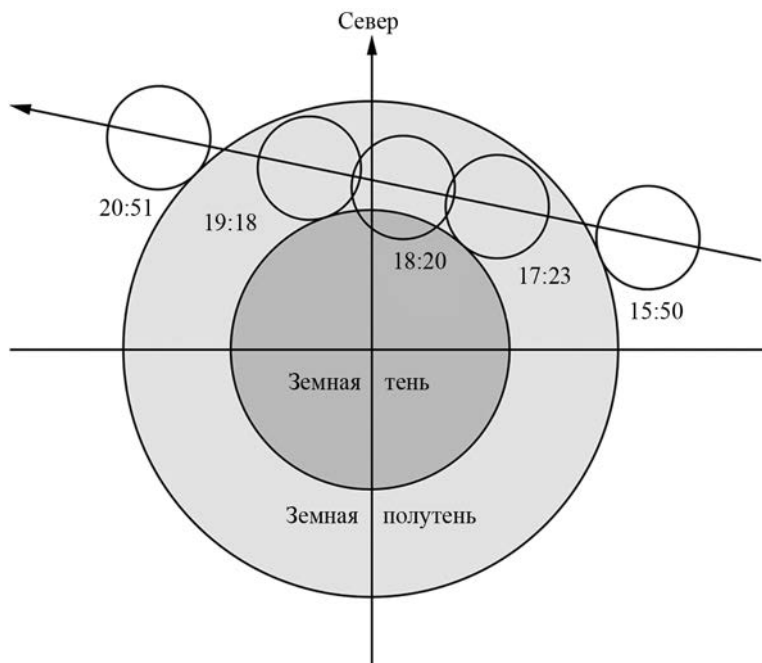
Видимый угловой диаметр Сатурна уменьшается с 18,4'' до 17,1''. Блеск уменьшается с $0,1^m$ до $0,4^m$. Луна окажется вблизи планеты-гиганта 7 июля, 3 и 30 августа.

Уран появится в июле в южной части созвездия Рыб, недалеко от звезды o Рыб ($4,3^m$). Блеск этой планеты-гиганта немного ярче 6^m , что позволяет увидеть ее зорким людям на темном небе невооруженным глазом. 3 августа Уран переходит от прямого движения к попятному. Противостояние планеты-гиганта и Солнца состоится 19 октября. 2 января 2018 г. Уран переходит от попятного движения к прямому.

Таблица IV

ЭФЕМЕРИДЫ УРАНА

Дата			α		δ		m	d
			ч	м	°	'		
Июнь	2017	1	01	44,2	+10	10	5,8	3,4
Июль	2017	31	01	45,9	+10	19	5,8	3,5
Август	2017	30	01	44,9	+10	12	5,7	3,6
Сентябрь	2017	29	01	41,5	+09	53	5,7	3,6
Октябрь	2017	29	01	36,9	+09	27	5,7	3,6
Ноябрь	2017	28	01	32,9	+09	04	5,7	3,6
Декабрь	2017	28	01	31,0	+08	54	5,8	3,5
Январь	2018	27	01	31,9	+09	00	5,8	3,4



Видимый путь Луны во время частного лунного затмения 7 августа 2017 г. Отмечены моменты контактов.

НЕБЕСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Частное лунное затмение

В ночь на 7 августа 2017 г. жители центральных регионов территории России станут свидетелями **частного теневого лунного затмения**. В западных и восточных регионах затмение видно фрагментарно. Частные фазы теневого затмения начнутся в 17^ч 23^м, максимальная фаза затмения произойдет в 18^ч 20^м и завершится в 19^ч 18^м по Всемирному времени. Луна пройдет через северную часть земной тени, максимальная фаза теневого затмения составит 0,247. Потемнение южного края Луны будет заметно даже во время полутеневого затмения – за 20–30 минут до начала теневого фазы затмения и тот же период времени после ее окончания. Луна во время затмения находится в созвездии Козерога.

Метеорный поток Персеиды

В августе ежегодно любители астроно-

мии готовятся к наблюдению одного из самых известных метеорных потоков – **Персеиды**, максимум которого в 2017 г. ожидается в ночь на 12 августа. Максимальное количество сгораемых частиц может достигнуть 100 метеоров в час или немного меньше. В течение 2015–2017 гг. рядом с Землей проходит участок потока Персеид, возмущенный гравитационным влиянием Юпитера и “сдвинутый” им ближе к земной орбите. В 2017 г. также следует ожидать повышенной активности потока. Луна в полнолунии будет значительно мешать наблюдениям. Радиант метеорного потока: $\alpha = 49^\circ$, $\delta = +58^\circ$. Скорость метеоров – 59 км/с. Метеорный поток Персеиды образуется в результате прохождения Земли через шлейф пылевых частиц, выпущенных кометой 109P/Свифта–Туттля. В 2016 г. ZHR потока достигло 117 метеоров. Интересно, каким оно будет в 2017 году?

В.И. ЦИВЬЁВ,
г. Балашиха,
Московская область

Дорогие читатели!

*Напоминаем, что подписаться на журнал
“Земля и Вселенная” вы можете с любого
номера по Объединенному каталогу
“Пресса России”*

(II полугодие 2017 г.) во всех отделениях связи.

*Подписаться можно и по интернету,
воспользовавшись каталогом журналов
на сайте “Почта России”.*

Подписной индекс – 70336.

Заведующая редакцией Л.В. Рябцева

Зав. отделом космонавтики и геофизики С.А. Герасютин

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина

Оператор ПК Н.Н. Токарева

Корректоры Р.В. Молоканова, Т.И. Шеповалова

Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 14.03.2017. Подписано в печать 26.04.2017. Дата выхода в свет 23.05.2017

Формат 70 × 100¹/₁₆ Цифровая печать

Уч.-изд.л. 12,3 Усл. печ.л. 9,1 Усл.кр.-отг. 2,5 тыс. Бум.л. 3,5

Тираж 263 Зак. 228 Цена свободная

Учредители: Российская академия наук, Президиум

Издатель: ФГУП “Издательство “Наука”

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

Адрес редакции: 117997, Москва, Профсоюзная ул., 90

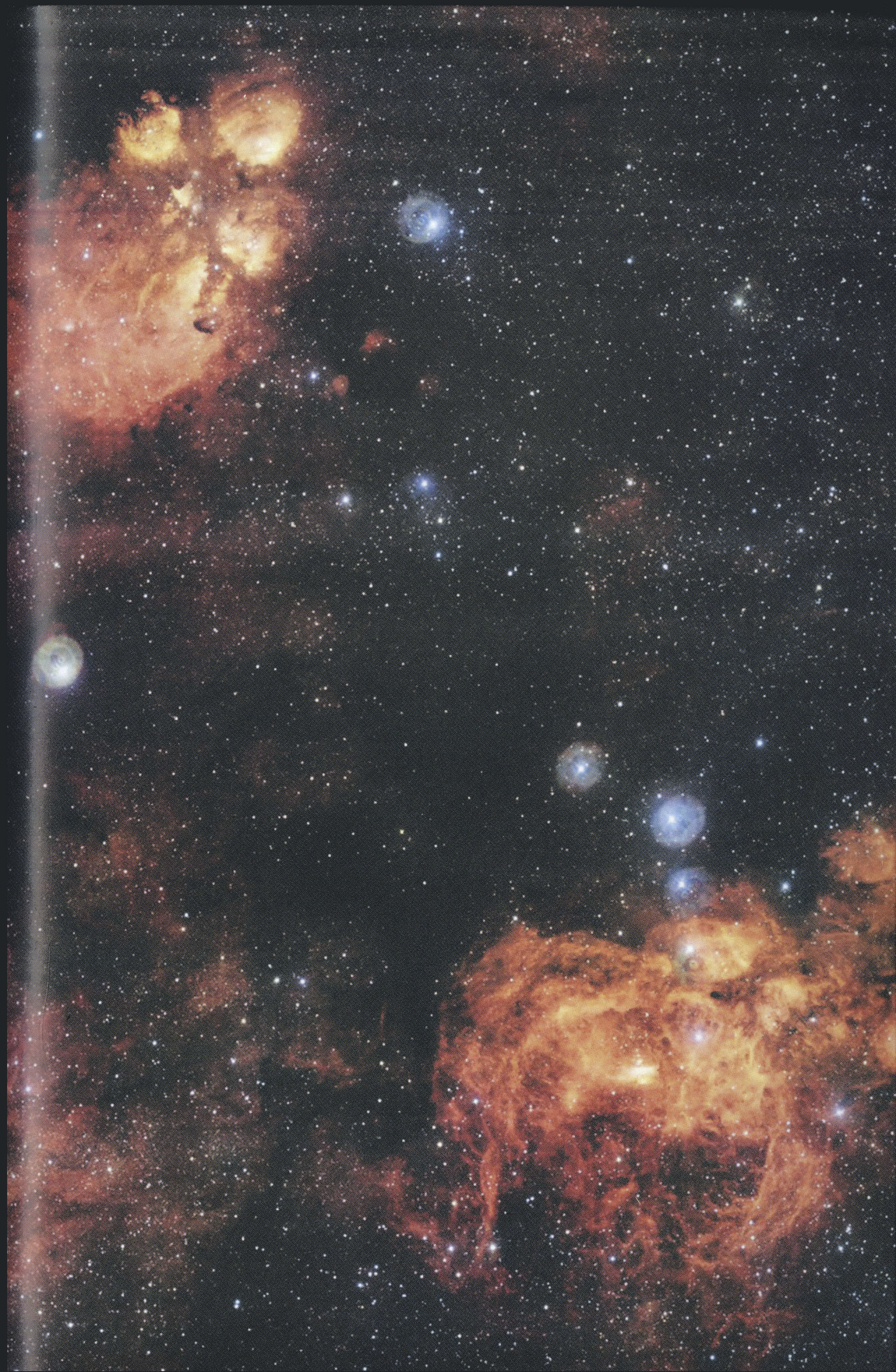
Телефон: (495) 276-77-28 доб. 42-31 или 42-32

E-mail: zevs@naukaran.com

Оригинал-макет подготовлен ФГУП “Издательство “Наука”

Отпечатано в ФГУП “Издательство “Наука” (Типография “Наука”)

121099, Москва, Шубинский пер., 6





"НАУКА"
Индекс 70336