

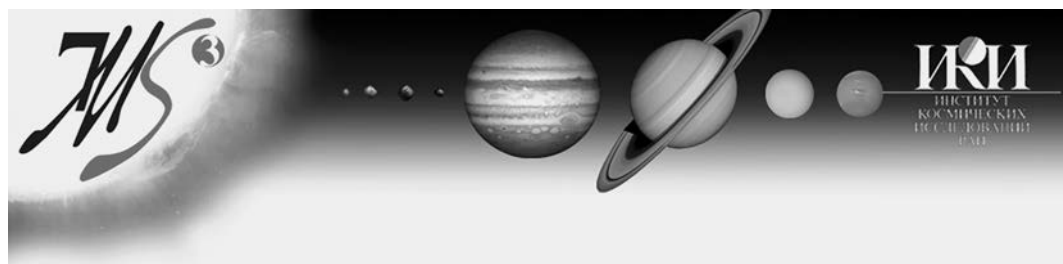
## **Симпозиум по исследованиям Солнечной системы**

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,



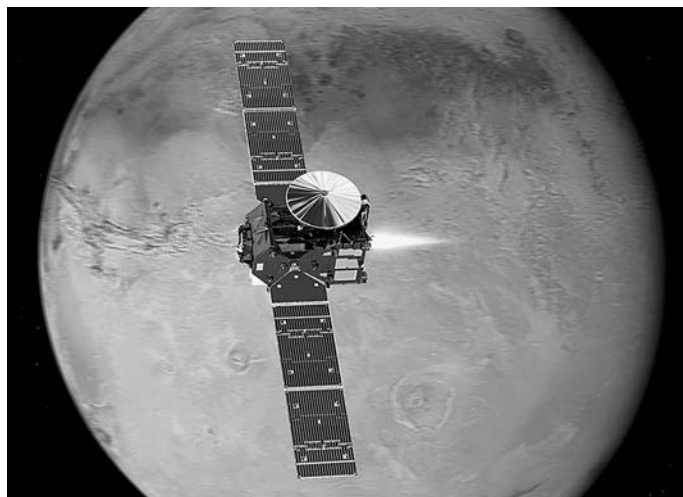
*Эмблема симпозиума.*

*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

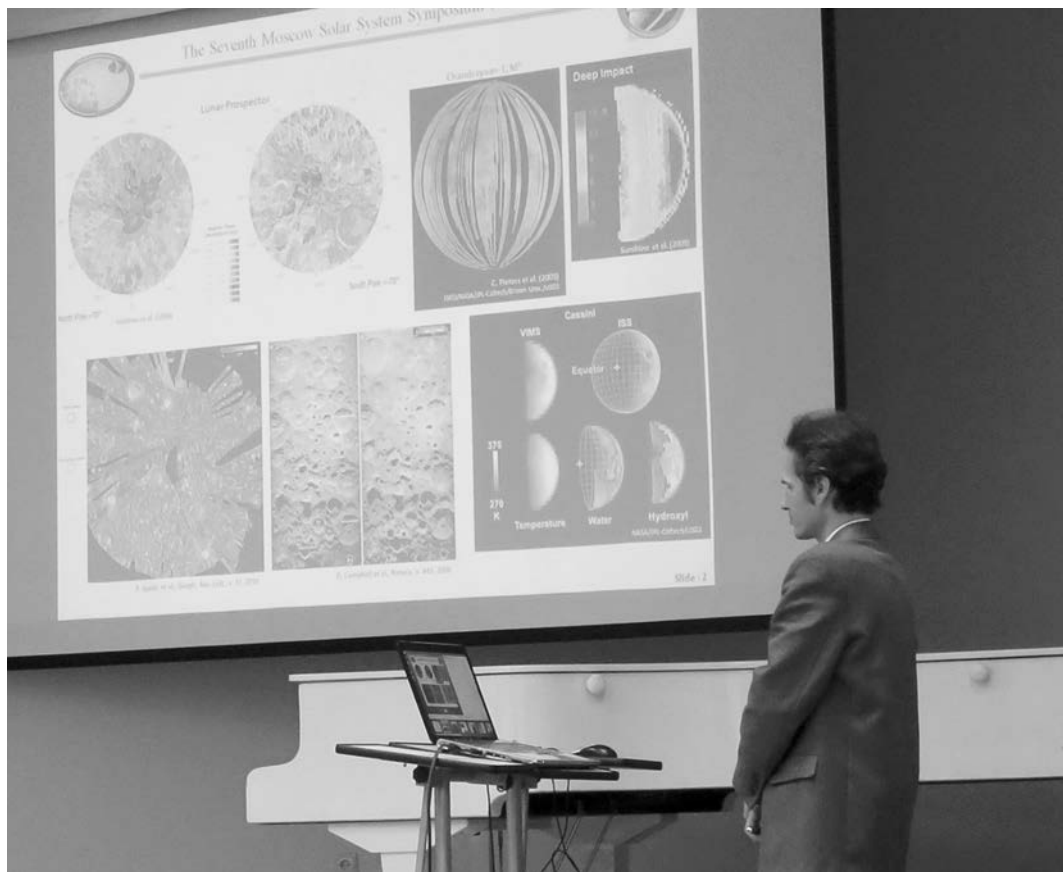


поверхность посадочной платформы с марсоходом на борту. Россия снова предоставит средства выведения, а также будет “отвечать” за посадочную платформу и некоторые научные приборы, которые более подробно изучат поверхность Марса и нижний слой атмосферы. Следующим шагом станет исследование спутников, Фобоса 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, “выбываемых” 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 ( $\text{FeCl}_3$ ) 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).*

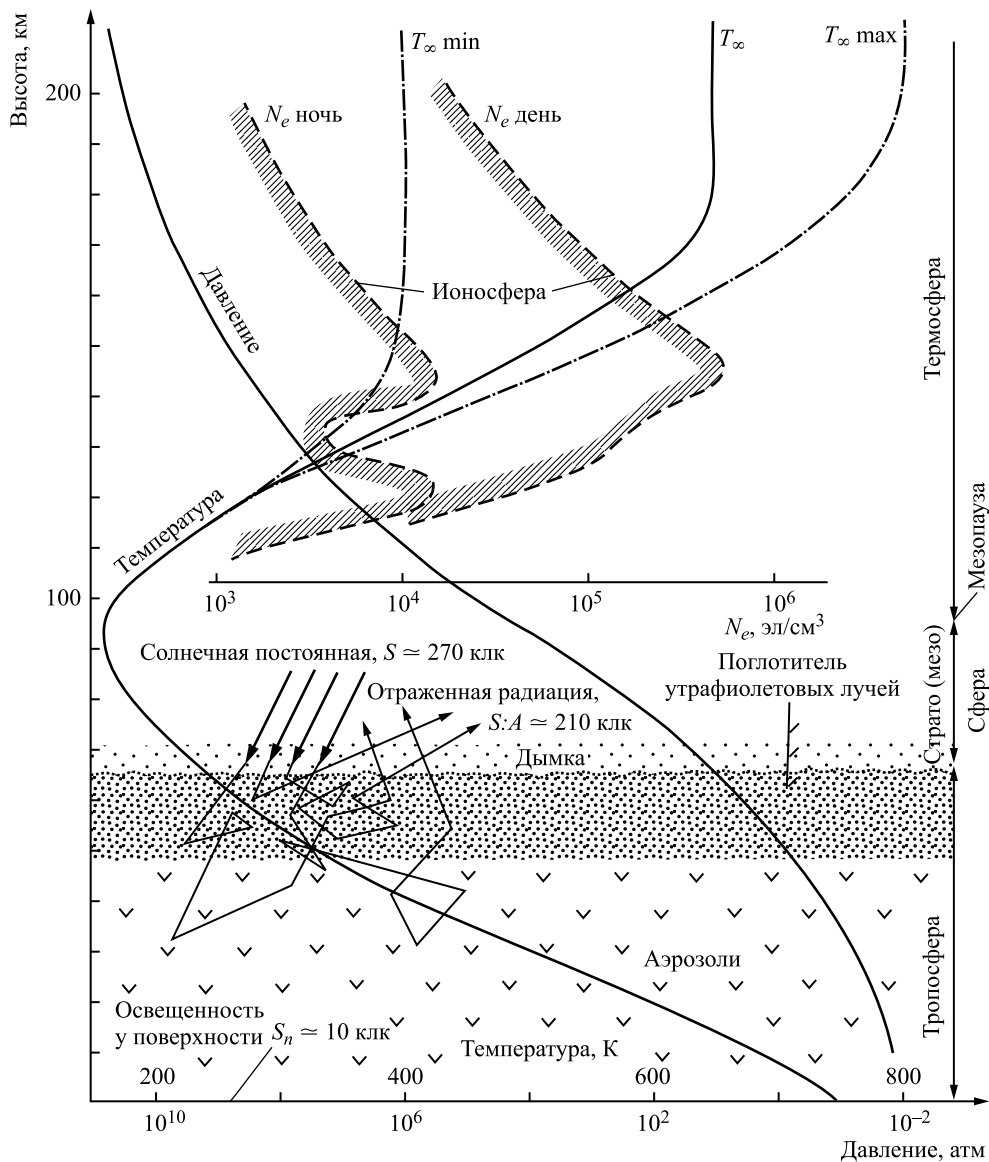


Схема строения атмосферы Венеры.

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 перицентра 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.*

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,

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 RAT-M, 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).



*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 термоактивных (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*

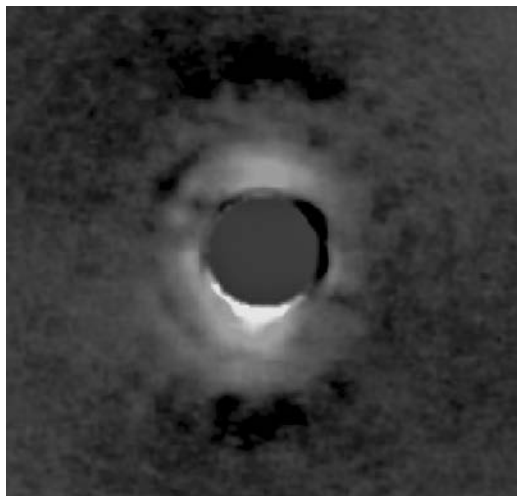
### Новый коронограф для поиска экзопланет

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

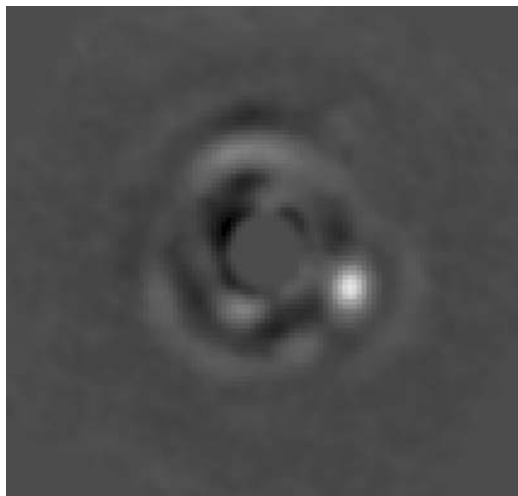
маской, а вместо этого перенаправляет его в сторону от детекторов, используя метод, при котором световые волны объединяются и уравниваются. Его изобрел в 2005 г. сотрудник Лаборатории реактивного движения NASA Д. Моет (в то время он работал в Льежском университете в Бельгии). Вихревой коронограф для 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.*