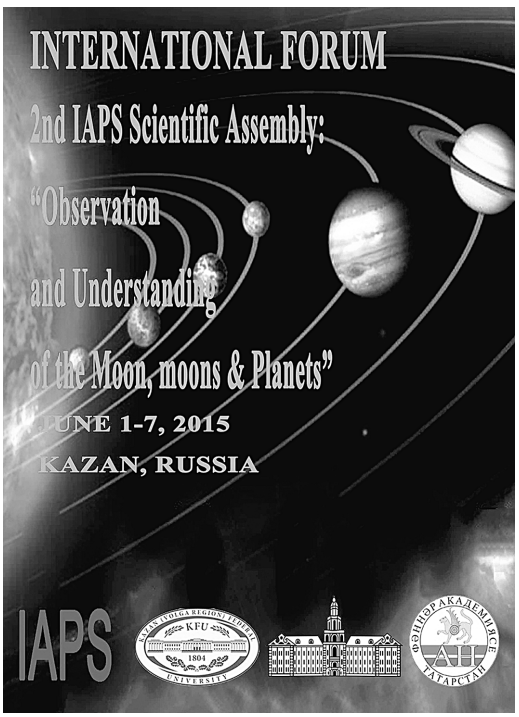
“Наблюдение и исследование Луны, планет и их спутников”

С 1 по 7 июня 2015 г. под таким названием в Казанском (Приволжском) федеральном университете и Академии наук Республики Татарстан прошла международная астрономическая конференция. Она была посвящена объявленному ООН Году Света, 50-летнему юбилею первого в мире выхода в открытый космос советского космонавта А.А. Леонова, 49-летию с момента посадки на Луну советской автоматической станции “Луна-9” и началу осуществления значимых космических проектов с участием российских специалистов. Бюро научного совета по астрономии РАН приняло решение провести международную конференцию в Казани, так как Республика Татарстан славится своей развитой научной базой и всемирно известной астрономической школой. Академик Э.М. Галимов обратился к Президенту Республики Татарстан Р.Н. Минниханову с просьбой поддержать данный научный форум, Президент РТ дал поручение содействовать проведению в Казани этой конференции. Председатель Оргкомитета конференции – академик М.Я. Маров.

В работе Конференции приняли участие российские и зарубежные ученые Великобритании, Германии, Китая, Нидерландов, США, Франции, Японии из многих астрономических организаций и институтов космических исследований. С наиболее ярким докладом выступил академик М.Я. Маров. Руководитель отдела планетарной геодезии Института планетных исследований Немецкого аэрокосмического центра, профессор Юрген Оберст, победитель конкурса Министерства образования и науки РФ 2010 г. коснулся истории исследований планет и их спутников в первые



Эмблема Конференции.

© Нефедьев Ю.А., Галеев А.И.

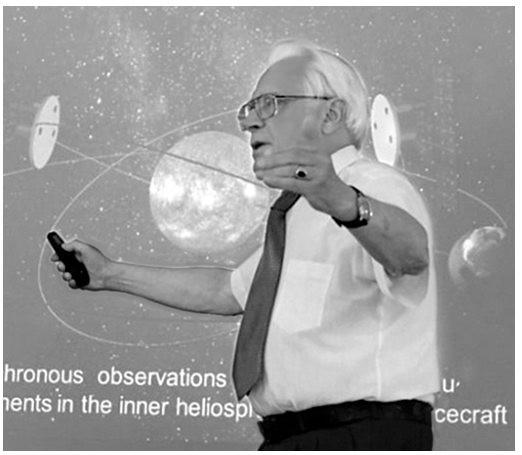
Делегаты Конференции в актовом зале Казанского (Приволжского) федерального университета. Фото Е. Минеева.

годы космической эры, перечислил состав научных приборов на космических аппаратах и результаты их полетов. С докладами выступили директор отдела спутниковых исследований Шанхайской обсерватории профессор Шуанген Джин, руководители научных проектов по исследованию Луны Японской астрономической обсерватории профессора Шо Сасаки и Хидео Ханада.

Торжественное заседание, посвященное открытию форума, состоялось в актовом зале Казанского федерального университета. Конференцию приветствовали и поздравили участников с началом ее работы представители Правительства Республики Татарстан, различных астрономических и космических организаций. Далее выступили с докладами делегаты Конференции.

Доктор **Р. Шульц** (Нидерланды) познакомила аудиторию с проектами изучения астероидов с помощью авто-

Руководитель планетных исследований Европейского космического агентства Р. Шульц (Нидерланды). Фото Е. Минеева.



Академик М.Я. Маров сообщает о российских планах исследования Луны и планет. Фото Е. Минеева.

матических межпланетных станций, сообщив что большая часть знаний о кометных ядрах и астероидах стала доступной за последние четверть века; они основанны на данных, полученных в ходе полетов АМС. Общий вид этих малых тел, а также некоторые из параметров их поверхности (альбедо, морфология, тепловые и оптические характеристики, элементный состав) могут быть непосредственно определены путем дистанционного зондирования во время пролетов АМС. В докладе дан обзор космических программ изучения комет и астероидов, выполненных к настоящему времени; проанализирована полученная информация с точки зрения понимания формирования Солнечной системы. Р. Шульц большое внимание уделила европейской программе “Розетта” по исследованию кометы Чурюмова – Герасименко (Земля и Вселенная, 2004, № 4, с. 47–50; 2013, № 1; 2015, № 2, с. 108–110; 2015, № 3, с. 110–111; 2015, № 4; 2016, № 1). Закончилось торжественное заседание концертом всемирно известного Казанского государственного камерного оркестра “La Primavera” под управлением Р.Ю. Абязова.

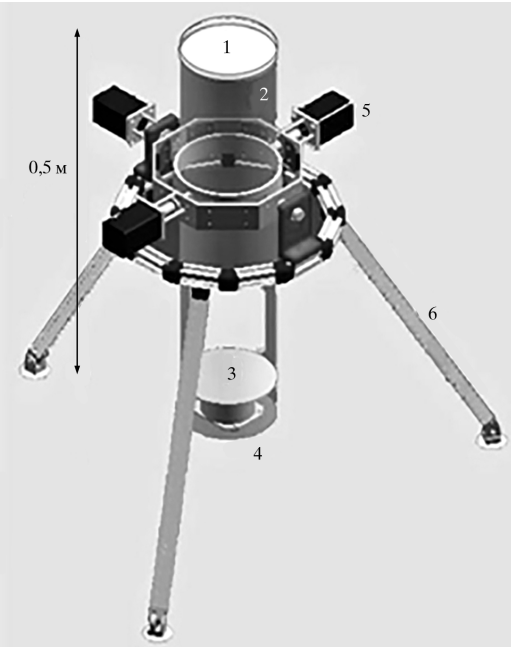
В последующие дни на Конференции обсуждались фундаментальные научные проблемы исследований планет и их спутников, промышленного робототехнического освоения Луны к 2017–2020 гг., марсианской пилотируемой экспедиции в 2030 гг. В обширную программу вошла работа многочисленных секций, специальных историко-мемориальных сессий, молодежной школы-конференции, рабочих групп и круглых столов; обзорные пленарные и сессионные доклады. Специалисты рассмотрели широкий круг научных проблем космических исследований, навигации, геодезии, небесной механики, астрометрии, физики и орбитальной динамики систем Земля – Луна, Марса, Юпитера, Сатурна, малых тел Солнечной системы, а также магнитных и гравитационных полей Земли и планет. Обсуждались результаты современных и перспективы будущих планетных программ.

Академик **М.Я. Маров** рассказал о российских планах исследования Луны и других тел Солнечной системы. В области фундаментальных исследований намечен второй этап лунной программы, рассчитанный на семь лет и разработанный в ИКИ РАН, ГАИШ МГУ и Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. В программу включены полеты пяти автоматических межпланетных станций (их по традиции назвали “Лунами”), которые создаются в НПО им. С.А. Лавочкина. В ноябре 2018 г., согласно Федеральной космической программе (ФКП-2015), стартует АМС “Луна-25” (бывший проект “Луна-Глоб”) с 10 научными приборами. Станция должна совершить посадку в южной полярной области Луны и провести исследования лунной поверхности, в том числе измерить температуру поверхности, определить запасы водяного льда и проанализировать собранные образцы грунта. На 2021 г. намечены исследования химического состава Луны с борта искусственного спутника “Луна-26” (“Луна-Орбитер”), еще через два года – второй спускаемый аппарат “Луна-27”

Заседание планетной секции. Фото Е. Минеева.

("Луна-Ресурс") с буровой установкой совершит посадку на южный полюс Луны и исследует пробы грунта и водяного льда. Следующим шагом лунной программы станет забор и доставка на Землю лунного грунта из полярной области с помощью АМС "Луна-28". В 2025–2027 гг. предполагается доставить на Луну российский луноход нового поколения с помощью АМС "Луна-29". ФКП-2015 предусматривает в последующие годы развернуть работы по пяти проектам: "Венера-Д" (посадочный аппарат длительного функционирования на Венеру), "Марс-Нэт" и "Марс-Грунт" (исследование Марса и его спутников), "Меркурий-П" (посадочный аппарат на поверхность Меркурия), "Сокол-Лаплас" (исследование системы Юпитера и его спутника Европы), экспедиция к одному из ближайших к Земле астероидов (Земля и Вселенная, 2014, № 3; 2015, № 1). Программа полета будет включать геофизическое и геохимическое изучение поверхности Европы, попытку найти признаки жизни в ее подледном океане.

Профессор Д.Ф. Оберст (Германия). Фото Е. Минеева.



Лунный телескоп PZT с диаметром главного зеркала 20 см, разработанный научной группой доктора Х. Ханада (Япония). На рисунке показаны: 1 – объектив, 2 – труба телескопа, 3 – ртутное зеркало, 4 – наклонометр, 5 – мотор для регулировки по осям вращения трубы, 6 – штатив.

Профессор Ю. Оберст (Германия) выступил с докладом “”PhoDEx” и будущие спутниковой системы Марса”. В 2024 г. ESA планирует запустить АМС “PhoDEx” (исследования Фобоса и Деймоса) для решения проблемы происхождения и эволюции марсианских спутников. После выхода на орбиту Марса, станция, используя различные методы, должна получить новые данные о морфологии, внутреннем строении и фигуре спутников, их гравитационном поле, спектральных и термических характеристиках поверхности. На основе статистического анализа кратеров будет определен возраст проходивших на поверхности Деймоса и Фобоса геологических процессов. Датчики космического аппарата будут фиксировать взаимодействие солнечного ветра с лунным грунтом, чтобы понять процессы эволюции рельефа и изменения свойств реголита. Мощный бортовой радар, работающий в коротковолновой области спектра, сможет исследовать внутреннюю структуру реголита. В полярной области Фобоса с “PhoDEx” предусматривается сброс платформы, которая рассчитана на работу в течение трех месяцев. С помощью спектрометра специалисты определят химический состав и минералогию грунта Фобоса, сейсмометр зарегистрирует удары и тепловые вспышки при падении микрометеоритов, радиосистемы АМС выполнят точные измерения орбитального и вращательного движения Фобоса, для того, чтобы определить его структурные параметры. “PhoDEx” даст максимально полную картину структуры и эволюции марсианских спутников, а также улучшит наше понимание формирования и эволюции других планетных систем.

Японская делегация в составе докторов **С. Сасаки, Х. Ханада, К. Матсумото** представила серию докладов по исследованию Луны. Рассмотрены вопросы анализа внутренней структуры Луны на основе селенодезических данных, полученных ИСЛ “GRAIL” и “Лунный орбитальный разведчик”, а также сейсмометрами, установленными астронавтами программы “Аполлон” на поверхности Луны (Земля и Вселенная, 2012, № 2, с. 35–36; 2009, № 6, с. 99–102; 2009, № 5). Планетологи представили результаты наземных испытаний небольшого 20-см телескопа-рефлектора PZT (фотографический зенитный телескоп), разработанного доктором Х. Ханада (Япония), чтобы проводить наблюдения с поверхности Луны с целью исследования физической либрации Луны. Проверены все его системы и программное обеспечение, эффект от колебаний грунта и изменения температуры CCD-матрицы оценен с точностью 0,1″. Предварительные наблюдения показали, что разброс звездных

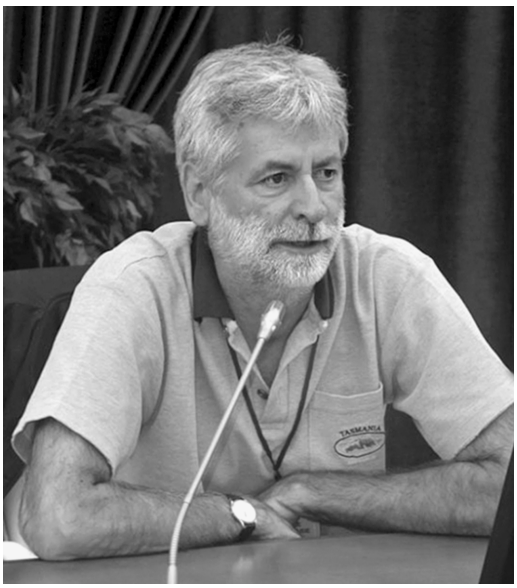
положений составил около 0,4 угловых секунд, что немного больше, чем ожидалось. PZT будет исследовать физическую либрацию Луны с ее поверхности в автоматическом режиме, установка его на поверхности Луны планируется в ближайшие 5 лет в ходе полета АМС “Селена-3” (Япония).

Научный координатор проекта “Венера Экспресс”, научный руководитель проекта “JUICE” (исследования ледяных лун Юпитера), сотрудник ИКИ РАН и Института исследований Солнечной системы Общества им. Макса Планка (Германия) доктор физико-математических наук **Д.В. Титов** сделал доклад о результатах исследований Венеры с помощью ИСВ “Венера Экспресс” (ESA), который работал с апреля 2006 г. до декабря 2014 г. (Земля и Вселенная, 2006, № 3; 2009, № 6; 2012, № 3; 2015, №№ 1, 5). За это время станция выполнила глобальный обзор динамики, состава и свойств атмосферы и облачного покрова планеты, были получены данные о структуре, температуре, о морфологии поверхности и ее взаимодействии с солнечным ветром. Установлено, что вертикальные профили градиента температуры атмосферы Венеры имеют сильную тенденцию изменений в мезосфере и верхней тропосфере, коррелируют с переменой в структуре верхних слоев облаков и показывают конвективную неустойчивость на высоте 50–60 км. Выявлены значительные широтные и временные вариации в структуре облачности, модулирующие количество солнечной энергии, поступающей в атмосферу. Верхняя граница облаков колеблется от 72 км в низких и средних широтах до 64 км в полярной области, в которой, наряду с уменьшением аэрозольной составляющей на высоте от 4 ± 1,6 км до 1,7 ± 2,4 км, отмечается сильная полярная депрессия. Ультрафиолетовые изображения дали возможность исследовать облака в средних широтах и полярных регионах с беспрецедентной точностью. Определено, что центр Южного полярного вихря по своей динамике оказался переменной функцией со сложной динамикой.

Научный сотрудник Европейского космического агентства Д.В. Титов выступает с докладом об исследовании Марса и Венеры. Фото Е. Минеева.

Китайская делегация представила ряд докладов по планетным исследо-

Руководитель отдела спутниковых исследований Шанхайской обсерватории Шуанген Джин (Китай). Фото Е. Минеева.



Научный сотрудник Астрономической обсерватории Лазурного берега в Ницце Дж.М. Торре (Франция). Фото Е. Минеева.

ваниям. Доктор **Шуанген Джин** выступил с аналитическим обзором о современной геодезии и дистанционном зондировании планет. Ученый представил методы исследований формирования, структуры, динамики и эволюции планет с помощью интерферометра со сверхдлинной базой (РСДБ), лазерной локации и альтиметрии, многоспектрального тепловизора и микроволнового радиометра. С 1960-х гг. изучаются Луна, Марс, Венера, Юпитер и другие тела Солнечной системы. Получены данные об атмосферах, поверхностных процессах, эволюции и внутреннем строении небесных тел, межпланетной среды. Доктор **Менг Джигио** сообщил о тепловых характеристиках Луны, полученных АМС “Чанъэ-2” (2010–2012); Земля и Вселенная, 2011, № 2, с. 110; 2013, № 3, с. 106; 2013, № 5, с. 36–37). К одной из важных задач лунных исследований относится характеристика тепловых лунных излучений, особенно “горячих точек”, с целью лучшего понимания процессов базальтового вулканизма и тепловой эволюции. В 1965 г. впервые были выявлены и каталогизированы по инфракрасным тепловым данным “горячие точки” на Луне. Авторы назвали регионы с высокими отклонениями поверхностной температуры, зарегистрированных в эксперименте CELMS (сверхвысокочастотное детектирование “Чанъэ-1/2”). Теоретически, ее значения более всего зависят от температурного профиля лунного реголита. Аномально высокие температуры, вероятно, указывают на субстрат, присутствующий в грунте, так как в полночь температура окружающей среды и на поверхности Луны однородна. Регионы с аномально высокой температурой распространены в морях и горной местности, то есть там, где недавно происходили процессы базальтового вулканизма. Вероятно, Луна до сих пор геологически активна и внутри нее есть источник тепла. Кроме того, обнаружены восемь крупных вулканов, семь из них расположены в районах с аномалиями температуры.

Профессор **Дж.М. Торре** (Франция) раскрыл историю и показал современное состояние лазерной локации Луны. Она стала возможна после установки на Луне лазерных уголковых отражателей экипажем КК “Аполлон-11” в июле 1969 г. Через одиннадцать дней, 1 августа, получены первые данные о точном расстоянии между Землей и Луной в Ликской обсерватории (США). 19 августа 1969 г. обсерватория Макдональд (США) приняла первый отраженный импульс с лазерного отражателя “Аполлона-11”. В 1970 г. специалисты выполнили измерения на астрономических обсерваториях Макдональд (США) и Пик-дю-Миди (Франция), а также в Крымской астрофизической обсерватории (СССР), а затем и на других наблюдательных площадках. Таким образом, на Луне появились другие лазерные уголковые отражатели, установленные на “Луноходе-1” (1970) и “Луноходе-2” (1973), а также в 1971 г. четыре отражателя на Луну доставили

Участники Конференции на балконе башни телескопа-рефрактора Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта. Фото Ю.А. Нефедьева.

экипажи “Аполлона-14 и -15”. За 40 лет большинство измерений сделано на обсерваториях Макдональд, Грасс (Франция) и Халеакала (Гавайи, США).

В основной части Конференции прозвучало много важных и интересных докладов. Следует упомянуть такие, как: “Точные оценки общего члена ряда Лапласа для тел нерегулярной структуры” заведующего кафедрой небесной механики СПбГУ доктора физико-математических наук К.В. Холшевникова, “Геофизика галилеевых спутников Юпитера” научного сотрудника отдела планетарной геодезии Института планетных исследований Германского аэрокосмического центра доктора Х. Хусмана, “Зоны низкой вязкости на Луне и некоторые петрологические константы их внутренней температуры” кандидата физико-математических наук С.А. Воропаева. (ГЕОХИ РАН).

Делегатам был вручен сборник трудов Конференции в области планетной астрономии “SPACEKAZAN-IAPS-2015”.

Культурно-просветительская программа конгресса включала в себя увлекательные экскурсии по музеям Казанского Кремля и Казанского университета, автобусную поездку в Раифский монастырь, экскурсию в Астрономическую обсерваторию им. В.П. Энгельгардта с посещением музея астрономии, пароходное путешествие по Волге до острова Свияжск.

МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА ПО АСТРОНОМИИ В КАЗАНИ

С 5 по 7 июня 2015 г. в рамках Конференции в Казанском университете и Академии наук Республики Татарстан состоялась молодежная школа “Косми-

Выступает доктор физико-математических наук В.И. Шематович (ИНАСАН). Фото А.И. Галеева.

ческая наука". Тематика школы была посвящена современным исследованиям планет и астероидов, координатно-измерительным системам в астрономии и геодезии, а также образовательной деятельности ведущих планетариев России. Проведение Школы стало возможно благодаря поддержке Фонда некоммерческих программ Дмитрия Зимина "Династия". Средства гранта пошли на компенсацию проживания участников Школы в общежитии Казанского университета в Деревне Универсиады и в гостиницах.

В работе молодежной школы приняло участие около 60 человек, в их числе школьники старших классов, студенты, аспиранты и молодые ученые Института физики Казанского университета, Института астрономии РАН (Москва), Пулковской обсерватории (Санкт-Петербург), чебоксарских школ и университета, представители Астраханского, Йошкар-Олинского, Уфимского и Ярославского планетариев. Международный статус Школе добавило участие в ее работе сотрудников Актюбинского планетария (Казахстан).

В первые два дня заседания проходили в малом зале Академии наук РТ. Участники прослушали лекции ведущих ученых, приглашенных на Конференцию, и преподавателей кафедры астрономии и космической геодезии Казанского университета, посвященные последним достижениям в космических исследованиях Земли, планет и малых тел Солнечной системы. Тематика популярных лекций получилась довольно разнообразной, поэтому любой участник мог найти наиболее интересные темы для обсуждения.

5 июня работу Школы открыл ее научный руководитель – заведующий отделением астрофизики и космической геодезии Института физики Казанского университета академик АН РТ Наиль Абдуллович Сахибуллин. С приветственным словом от имени руководства Академии наук РТ к присутствующим обратился советник Президиума АН РТ академик Шамиль Мидхатович Чабдаров, он сообщил, какую роль играет Академия Наук РТ в развитии науки и образования в республике. В завершение Ш.М. Чабдаров вручил шестерым студентам разных вузов именные премии Академии наук Республики Татарстан. Коротко скажем о докладчиках. **Н.А. Сахибуллин** сообщил об основных достижениях более 150-летней истории казанской астрономической школы (Земля и Вселенная, 2009, № 1).

Доктор физико-математических наук **В.И. Шематович** (ИНАСАН) охарактеризовал особенности малых тел Солнечной системы – астероидов и комет, изложил методы их изучения и сообщил первые результаты исследований кометы Чурюмова – Герасименко, полученные с помощью АМС "Розетта" (Земля и Вселенная, 2015, № 2, с. 108–110; 2015, № 4). Большой интерес и оживленные дискуссии, которые продолжились и после окончания лекции, вызвал доклад доктора физико-математических наук **Д.В. Титова** (ИКИ РАН),

посвященный данным, полученным орбитальными аппаратами “Марс Экспресс” и “Венера Экспресс”. Длительные исследования Марса и Венеры позволили лучше понять особенности строения их атмосфер, обнаружить новые загадочные явления – такие, как необычная структура распределения температуры в атмосфере Венеры.

После завершения заседания участники Школы совершили экскурсионную поездку в Раифский монастырь и на остров-град Свияжск, где ознакомились с историей их появления и архитектурными памятниками.

На следующий день во время утреннего заседания обсуждались проблемы проектирования и движения космических аппаратов, влияния релятивистских и космологических эффектов на перемещение тел Солнечной системы. Об использовании двигателей малой тяги в межпланетных экспедициях рассказал профессор Санкт-Петербургского университета **К.В. Холшевников**. По его словам, их применение можно использовать для корректировки движения потенциально опасных астероидов, которые могут столкнуться с Землей. Прослушаны лекции докторов физико-математических наук: **С.И. Ипатова** (ГЕОХИ РАН), – который рассмотрел вопросы формирования и эволюции планетных систем, эффектов миграции малых тел и пыли в Солнечной системе при столкновении с планетами и миграции планетезималей в формирующейся планетной системе; **Р.А. Кащеева** (Казанский университет) – посвященный вопросам использования методов космической геодезии в изучении поверхности Земли и планет Солнечной системе; **М.Е. Сачкова** (ИАСАН) – в котором были представлены задачи ультрафиолетовой астрономии, позволяющие исследовать широкий круг астрономических объектов.

Выездное заседание Школы состоялось 7 июня в Планетарии Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта Казанского университета. Лекции прочитали представители ведущих планетариев России и специалисты по созданию полнокупольных программ. На заседании обсудили важнейшие вопросы организации работы современных планетариев и продемонстрировали возможности новейшего оборудования Планетария АОЭ, открытого в июне 2013 г. (Земля и Вселенная, 2014, № 5).

Я.В. Губченко (“Общество сферического кино”, Нижний Новгород) держит планшет, с помощью которого управляет 3D-системой “Горизонт событий” на куполе планетария. Фото А.И. Галева

Директор объединения “Свентос АРТ-Медиа” (Москва), бывший технический директор Московского планетария **А.В. Лобанов** выступил с докладом о месте современных планетариев в искусстве, науке и образовании. Программа была подготовлена в полнокупольном формате и включала просмотр короткометражного фильма “Свет” (компания “Карл Цейс”), посвященный объявленному ООН в 2015 г. Году Света, и рекламного ролика немецкого музыкального шоу “Light Mond” (свет Луны). А.В. Лобанов в настоящее время занимается проектированием,

оснащением и сервисной поддержкой большинства планетариев России. Исполнительный директор “Общества сферического кино” (признанный российский лидер полнокупольных изображений) **Я.В. Губченко** продемонстрировал возможности современных цифровых систем для планетариев и прорекламировал новую интерактивную 3D-среду “Горизонт событий”. Она позволяет использовать огромные базы данных звезд (каталоги TYCHO и HIPPARCOS), объектов далекого космоса, экзопланет и тел Солнечной системы для их визуализации с потрясающей точностью. Система управляется с экрана iPad. Директор Уфимского планетария **А.П. Денисов** и заведующая методическим отделом Ярославского планетария **Е.Н. Тихомирова** поделились с коллегами и школьниками опытом в образовательной деятельности, отметив ее основные трудности и новые возможности в организации. В заключение преподаватели Института физики Казанского университета **А.И. Галеев** и **В.М. Бердникова** прочитали лекции для студентов и школьников с показом звездного неба и программы “Путешествие по планетам Солнечной системы”.

Конференция “Наблюдение и исследование Луны, планет и их спутников” приняла резолюцию о том, что мировым научным сообществом за последние годы проделана большая и плодотворная работа в области планетной астрономии и роботизированном освоении Луны, получено большое количество уникальных наблюдений и выполнены важнейшие научные исследования.

На конференции были представлены более 96 работ по актуальным проблемам освоения Солнечной системы, теоретическим и экспериментальным исследованиям Луны, Марса, Венеры, Меркурия, спутникам планет, внешних планет и малых тел, а также по общим проблемам небесной механики, геофизики и планетарных миссий. Участники Конференции высоко оценили высокий научный уровень докладов, представленных на форуме, выразили благодарность ее организаторам.

Ю.А. НЕФЕДЬЕВ,
доктор физико-математических наук
директор Астрономической обсерватории им. В.П. Энгельгардта

А.И. ГАЛЕЕВ,
доцент Института физики Казанского университета