

3.2. Проекты в стадии ОКР

2.1 «ЭкзоМарс»

Проект ЭкзоМарс – совместный российско-европейский проект по исследованию Марса. ИКИ РАН отвечает за создание и эксплуатацию российской научной аппаратуры, входящей в комплексы научной аппаратуры на борту космических аппаратов проекта ЭкзоМарс, а также за наземный научный комплекс (ННК). В рамках проекта планируется два запуска с помощью российских носителей «Протон» в 2016 и в 2018 годах.

Миссия ЭкзоМарс 2016 года включает в себя разрабатываемые ЕКА орбитальный модуль и демонстрационный десантный модуль. Орбитальный КА TGO (Trace Gas Orbiter) предназначен для изучения малых газовых примесей атмосферы и распределения водяного льда в грунте Марса. ИКИ РАН разрабатывает два прибора для КА TGO: спектрометрический комплекс АЦС и нейтронный спектрометр ФРЕНД. Спектрометрический комплекс АЦС (ACS – Atmospheric Chemistry Suite) предназначен для изучения химического состава атмосферы и климата Марса. Он состоит из трех спектрометров (эшелле-спектрометры ближнего и среднего ИК диапазона и Фурье-спектрометр) и системы сбора информации. Коллимированный нейтронный детектор ФРЕНД (FRENД – Fine Resolution Epithermal Neutron Detector) предназначен для регистрации альбедных нейтронов, возникающих в грунте Марса под воздействием галактических и солнечных космических лучей, и построения с высоким пространственным разрешением глобальных карт распределения водяного льда в верхнем слое грунта Марса. ФРЕНД также включает в себя блок дозиметрии.

В настоящий момент заканчивается изготовление летных образцов идет изготовление макетов НА АЦС и ФРЕНД. Передача летных образцов иностранному головному заказчику состоится весной 2015 года.

В рамках миссии ЭкзоМарс 2018 года на поверхность Марса с помощью разрабатываемого в России десантного модуля будет доставлен марсоход ЕКА массой около 300 кг. Задачами марсохода являются геологические исследования и поиск следов жизни в подповерхностном слое Марса около места посадки. ИКИ РАН разрабатывает два прибора для установки на марсоход: инфракрасный спектрометр ИСЕМ и нейтронный спектрометр АДРОН-РМ. ИСЕМ (ISEM – Infrared Spectrometer for ExoMars) представляет собой инфракрасный спектрометр, устанавливаемый на мачте марсохода и служащий для минералогического анализа поверхности. АДРОН-РМ используется для регистрации нейтронного альbedo, генерируемого космическими лучами в грунте и зависящего от количества водяного льда в нём, и построения локальной карты распределения водяного льда вдоль трассы движения марсохода.

В настоящий момент заканчивается эскизное проектирование приборов ИСЕМ и АДРОН-РМ и идет подготовка к созданию макетов.

После схода марсохода с посадочной платформы, последняя начнет свою научную миссию как долгоживущая стационарная платформа. Комплекс научной аппаратуры (КНА) массой 45 кг разрабатывается под руководством ИКИ РАН. Основные научные задачи КНА:

Долговременный мониторинг климатических условий на марсианской поверхности в месте посадки;

исследование состава атмосферы Марса с поверхности;

мониторинг радиационной обстановки в месте посадки.

исследование взаимодействия атмосферы и поверхности;

изучение распространенности воды в подповерхностном слое.

В настоящее время произведен отбор российских приборов КНА и завершен этап эскизного проектирования. В 2015 году по результатам международного конкурса будет определен европейский вклад в КНА.

2.2 Спектрометрические приборы с российским участием в проекте ESA и JAXA «Беги Колумбо»

Запуск КА к Меркурию по проекту «Беги Колумбо» разрабатываемого ESA и JAXA при российском участии перенесен на 2016 год. Летные приборы изготовлены и поставлены, продолжаются работы по испытаниям в составе комплекса научной аппаратуры. В оптико-механических узлах европейского ультрафиолетового спектрометра Фебус и японской натриевой камеры МСАСИ применены системы контроля на датчиках Холлса, которые хорошо себя показали при долгосрочной эксплуатации. В приборе МСАСИ впервые эффективно применена многослойная защита от магнитных полей. Из-за длительного перелета (6 лет) разработанные приборы должны иметь гарантированный ресурс до 10 лет.

2.3 «Лаплас-П»

В 2014 году выполнялся ОКР «Лаплас-П».

Согласовано и подписано Техническое Задание с Федеральным космическим агентством, ИКИ РАН, Советом РАН по космосу и президиумом РАН на СЧ ОКР «Лаплас-П»: «Разработка технического предложения на создание космического комплекса для исследования планетной системы Юпитера контактными и дистанционными методами».

Институт космических исследований РАН готов принять участие в СЧ ОКР «Разработка технического предложения на создание космического комплекса для исследования планетной системы Юпитера контактными и дистанционными методами» в части «Разработка СЧ ТП по КНА и ННК» в предлагаемые ФГУП «НПО им.С.А. Лавочкина» сроки (30.10.2014-30.04.2015). Согласован план-график разработки технического предложения по ОКР «Лаплас-П».

В процессе согласования с ФГУП «НПО им.С.А. Лавочкина» находится Техническое Задание «Разработка технического предложения на создание космического комплекса для исследования планетной системы Юпитера контактными и дистанционными методами» в части «Разработка СЧ ТП по КНА и ННК».

Краткое описание результатов «Лаплас-П»:

Рассмотрены особенности Ганимеда, выделяющие его из общего ряда спутников Солнечной системы. Выделены научные задачи проведения последующих исследований Ганимеда как части системы Юпитера, самого Юпитера и межпланетной среды. Сформулированы изменения, вносимые в научную программу проведения исследований, вызванные изменением объекта исследований (Ганимед вместо Европы).

Проанализированы научные цели и задачи, методики проведения измерений и технические характеристики приборов, предлагающихся к установке на посадочный модуль Ганимеда. Проработан проектный облик научной аппаратуры посадочного аппарата проекта «Лаплас-П», предлагаемой ИКИ РАН, даны ее описания и определены ее предварительные характеристики.

Произведены оценка сейсмической активности Ганимеда и определение научных задач исследований внутреннего строения Ганимеда. Построена пробная сейсмическая модель Ганимеда, и рассчитан спектр его собственных колебаний. Проведена проработка проектных параметров и определение предварительных технических характеристик сейсмической аппаратуры посадочного аппарата миссии «Лаплас-П», адекватных решаемым научным задачам.

Рассмотрены различные аспекты гравитационного маневрирования около спутников Юпитера, поскольку ограниченные динамические возможности, имеющие место в этом случае, требуют множественных проходов КА около спутников. Установлены требования, предъявляемые к алгоритмам построения сценариев – схем прохождения объектов системы Юпитера: возможность адаптации ко времени прибытия и длительности миссии, неполноте информации об эфемеридах спутников Юпитера и их полях тяготения, к изменению масштабов предельно допустимой дозы радиации.

Приведено описание техники построения таких сценариев. Приводятся типовые примеры её использования в качестве проработки конкретных вариантов миссии «Лаплас-П».

Проведен проектно-баллистический анализ транспортной космической системы: РН «Протон-М», разгонный блок «Бриз-М» и ЭРДУ для доставки КА на орбиту Ганимеда. Рассмотрены несколько маршрутов перелета к Юпитеру, включая гравитационные маневры у Земли и Венеры, для разных типов ЭРДУ. Наиболее подробному анализу подверглись маршруты Земля - Земля - Земля - Юпитер с двумя гравитационными маневрами у Земли. Рассматривались две различные схемы: резонансная с орбитой Земли орбита перелета (порядок резонанса был выбран 2:1) и не резонансная с Землей орбита перелета.

Проведен анализ региональной геологической ситуации для предварительного выбора областей мест посадки посадочного аппарата миссии «Лаплас-П» на поверхность Ганимеда. Изучены различные типы местности поверхности Ганимеда. Анализированы приоритеты в научном плане при выборе мест посадок и связанные риски. Проанализированы фотоизображения высокого разрешения для предварительного выбора участков, представляющих наименьшую опасность и наибольший научный приоритет для посадочного аппарата проекта «Лаплас-П» в пределах темной и грядово-бороздчатой местности. Даны предварительные рекомендации по выбору областей мест посадки посадочного аппарата проекта «Лаплас-П» на поверхность Ганимеда.

Уточнены характеристики радиационной обстановки на траектории полёта КА миссии «Лаплас-П» к лунам Юпитера в области его магнитосферы (в частности, в окрестностях Ганимеда и Европы) и в межпланетном пространстве. Рассчитаны дозы радиации за защитой 2,2 г/см² в области орбиты Ганимеда (за два месяца доза составит ≈ 10 крад), на траектории гравитационных манёвров в системе Юпитера (от ≈ 8 крад до $> 50-60$ крад), и при полёте во внешней области магнитосферы Юпитера (не превысит ≈ 2 крад). Произведена предварительная оценка влияния радиации на радиоэлектронную аппаратуру посадочного аппарата миссии «Лаплас-П». Разработаны предложения по аппаратуре дозиметрического и радиометрического мониторинга.

Проведена предварительная оценка требуемой координатно-навигационной информации для обеспечения выбора мест посадок посадочного аппарата миссии «Лаплас-П». Проведен сравнительный анализ существующей координатно-картографической базы на спутники Юпитера – Ганимед, Европу и Каллисто. Дана оценка абсолютной и относительной точности координатного обеспечения для формирования опорной сети на поверхности Ганимеда. Создана предварительная картосхема по результатам анализа космических изображений поверхности Ганимеда для характеристики возможных мест посадки посадочного аппарата миссии «Лаплас-П». Результаты работы могут использоваться при выработке и принятии научно-обоснованных решений для выбора возможных мест посадки посадочного модуля миссии «Лаплас-П», разработки критериев для оценки характеристик съёмочной и навигационной аппаратуры с целью получения информативных изображений поверхности исследуемого небесного тела.

2.4 « Планетный Мониторинг »

В ноябре 2014 г. ИКИ РАН подписывает проект договора на составную часть ОКР по созданию орбитального телескопа 60 см. «Планетный Мониторинг» (http://knts.tsniimash.ru/ru/site/Experiment_q.aspx?idE=90), с целевой аппаратурой для спектрального, поляризационного и фотометрического исследования посредством долговременного мониторинга планет и малых тел Солнечной системы, а также для технологической отработки наблюдения экзопланет посредством звездного коронографа.

2.5 Проект « Дриада »

Целью космического эксперимента «Дриада», проводимого ИКИ РАН, является накопление данных измерений спектров поглощения атмосферной углекислоты и метана в течение не менее 3х лет, для дальнейшего исследования распределения и трендов концентраций парниковых газов в земной атмосфере.

Ключевым узлом аппаратуры является двухканальный инфракрасный спектрометр высокого разрешения, записывающий спектры поглощения в ближнем ИК-диапазоне. Концентрация CO₂ определяется по ненасыщенной полосе 1,58 мкм, CH₄ – по полосе 1,65 мкм. Кроме того, измеряются две полосы поглощения атмосферного кислорода 1,27 мкм и 0,76 мкм, которые используются при обработке в качестве каналов сравнения для определения эффективной воздушной массы при наличии аэрозоля.

В отдельный канал всего комплекса аппаратуры выделен инфракрасный спектрометр на кислородную полосу 0,76 мкм.

Ожидаемые результаты КЭ:

- Будет отработана технология создания компактных спектрометров высокого спектрального разрешения и светосилы для работы в открытом космосе;
- Для непрерывного покрытия освещенных участков орбит будут получены массивы калиброванных спектров пропускания атмосферы в ближнем ИК диапазоне для надирных измерений для восстановления концентраций парниковых газов (данные 1 уровня);
- Благодаря использованию платформы наведения будет набрана уникальная статистика спектров пропускания по наблюдению бликов для последующей обработки в более простом приближении, что позволит повысить точность и достоверность выходных научных данных;
- Будут получены массивы концентраций парниковых газов в континентальных районах для различных сезонов в от экватора до $\pm 52^\circ$ широты (данные 2 уровня) для дальнейшего анализа.

Несмотря на отсутствие головного договора с заказчиком (в виду долгого согласования договорных документов) за 2014 год период были завершены работы по моделированию оптических схем спектрометрических каналов и контекстной камеры фотосъемки, определены основные схемотехнические решения и конструкции узлов прибора. Был разработан и согласован ряд КД. Помимо аппаратной составляющей прибора проводилась методическая отработка восстановления профилей парниковых газов на основании наземных измерений, проведенных на лабораторной версии предшественника эксперимента «Дриада» - прибора «Русалка».

2.6 «Плазма-Э»

ОКР Плазма-Э. Между ЦНИ РТК и ИКИ № 1457/351-12С от 10.08.2012 с 2012 по 2017г. по созданию аппаратуры для исследования взаимодействия окружающей плазмы с МКС с целью понимания процессов деградации поверхности и отказа активных элементов станции.

Измерение концентрации окружающей КА плазмы обычно выполняется с помощью специальной аппаратуры, а средства измерений и их характеристики зависят от параметров плазмы и, как правило, разрабатываются индивидуально.

На основании проведенных исследований кратко исследуемую физику явления можно свести к следующему. Электрофизические процессы на поверхностях и в окрестности МКС обусловлены ионосферной плазмой, наличием на борту контактирующих с плазмой высоковольтных внешних систем (солнечных батарей на МКС, отрицательный полюс которых соединен с корпусом станции) и поверхностей корпуса аппарата с тонкими диэлектрическими покрытиями. При выходе МКС из тени Земли её СБ генерируют напряжение до 140-180 В (плюс относительно корпуса), которое вызывает быстрый (доли секунды) сбор электронов из окружающей плазмы положительными зонами СБ и, следовательно, зарядку корпуса МКС до высокого отрицательного (относительно плазмы) потенциала. Это происходит тогда, когда отношение площади корпуса станции,

собирающей ионы из плазмы и площади положительной зоны СБ, собирающей электроны, меньше чем $\sim 30:1$. Из-за этого далее в течение нескольких секунд диэлектрические покрытия корпуса заряжаются пока напряженность электрического поля на покрытии не достигнет уровня пробоя покрытия. При пробоях покрытия кратковременно образуются плазменные сгустки и с металлической поверхности корпуса в окружающую плазму инжектируются электронные импульсы, уменьшая величину отрицательного потенциала корпуса относительно плазмы до безопасного (с точки зрения пробоев) уровня. В дальнейшем, за счет постоянного прихода электронов ионосферной плазмы на плюс СБ, потенциал корпуса опускается и пробойные процессы повторяются снова и снова. Такие явления могут приобрести почти стационарный характер, пока СБ освещены солнцем и генерируют достаточно высокий потенциал.

Для исследования этих процессов используются зонды Ленгмюра, масс-анализатор, датчики электростатического индикатора разрядов и частотный электромагнитный анализатор. Расчеты проводятся на основе модели плазмы. Ионосферная плазма является изотермической (температуры электронов T_e и ионов T_i равны).

Мониторинг плазменного окружения позволит прогнозировать последствия ее воздействия на аппаратуру, на используемые материалы и на персонал, обслуживающий станцию. Целью данной работы являются создание опытного образца аппаратуры для проведения летных испытаний на борту МКС.

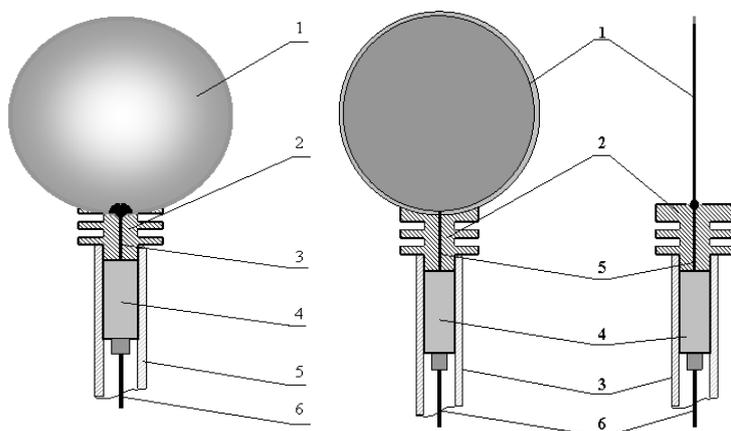


Рисунок 6. Конструкция зондовых узлов со сферическим выносным зондом и плоским.

Проект СПЕКТР-РЕНТГЕН-ГАММА «Спектр-РГ»

Орбитальная обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма» предназначена для обзора всего неба зеркальными рентгеновскими телескопами в жестком диапазоне энергий (0,5—11 килоэлектрон-вольт, или кэВ). Обзор станет рекордным в этом диапазоне энергий благодаря высокой чувствительности, которая обеспечивается большой эффективной площадью зеркальных систем, высоким угловым разрешением оптики и исключительно широким для таких телескопов полем зрения.

В состав научной аппаратуры обсерватории включено два зеркальных рентгеновских телескопа: eROSITA (Германия) — основной инструмент миссии, весом 760 кг, работающий в диапазоне энергий 0,5—10 кэВ и, прибор ART-XC (Россия), весом 350 кг, дополняющий немецкий инструмент в более жестком диапазоне энергий 6—30 кэВ.

Обсерватория будет выведена на орбиту в окрестностях точки L2 — одной из пяти существующих в системе Солнце — Земля точек либрации, в которых возмущающие гравитационные воздействия на космический аппарат со стороны Солнца и Земли сведены к минимуму. Точка L2 расположена на линии Солнце — Земля в 1,5 миллионах километров за Землей.

В 2014 году велись работы в соответствии с Техническим заданием и планом-графиком работ.

Продолжались работы по изготовлению и отладке рентгеновского телескопа АРТ-ХС для орбитальной обсерватории Спектр-РГ. Разрабатывалось программное обеспечение, необходимое для работ по отладке оборудования. В ходе конструкторско-доводочных испытаний были получены различные замечания к приборам, предложены и сделаны исправления. По результатам работ написаны несколько статей, сделаны доклады на конференции по инструментам рентгеновских обсерваторий.

Проводилась разработка и создание наземного научного комплекса (ННК) проекта Спектр-Рентген-Гамма. В 2014 году проведены работы по развертыванию центра научных данных в составе ННК. Проведены испытания технологического образца ЦНД.

Ведутся работы по созданию рентгеновского телескопа АРТ-ХС для проекта Спектр-Рентген-Гамма. Проведены испытания КДИ образцов рентгеновских детекторов для телескопа АРТ-ХС.

На стендах КИС ИКИ РАН проведены квалификационные (конструкторско-доводочные) испытания приборов КРД, ССОИ, БУСОТР, МУЦ, БОКЗ-МФ, входящих в состав астрофизического телескопа ARC-ХС орбитальной обсерватории СПЕКТР-РГ. Испытания включали в себя все виды внешних воздействующих факторов: механические, температурные, вакуум, электро-магнитные, электростатические, электрические интерфейсы. Далее приборы поставляются в РФЯЦ-ВНИИЭФ для сборки телескопа. В НПО им.С.А.Лавочкина проводились работы по интеграции астрофизических телескопов ART-ХС и eROSITA с космическим аппаратом СПЕКТР-РГ. Через средства бортового радиокомплекса получены первые тестовые научные данные от приборов.

Проект МВН

Монитор Всего Неба – эксперимент по измерению рентгеновского фона в жестком рентгеновском диапазоне. Эксперимент будет установлен на Российский сегмент МКС. В 2014 году велись работы в соответствии с Техническим заданием и планом-графиком работ. Проведены испытания КДИ МВН.

Основной объем работ связан с методами измерений космического рентгеновского фона, начиная с первых ракетных и стратостатных экспериментов, и заканчивая измерениями, проведенными при помощи орбитальных рентгеновских обсерваторий последнего поколения. Особое внимание уделено проблемам учета вклада фоновых событий в измерения инструментов рентгеновского и жесткого рентгеновского диапазонов.

ОКР «Микроспутник»

Завершен летный этап эксперимента «Чибис-М» на МКС.

ОКР «Обстановка»

Проведение летных испытаний эксперимента «Обстановка-1» на МКС.

ОКР «Резонанс»

В 2014 г продолжались работы по созданию научных приборов (технологические образцы и КДО).

ОКР «Ионозонд»

В 2014 г продолжались работы по созданию научных приборов (технологические образцы и КДО).

ОКР «Луна-глоб» и «Луна-ресурс»

В 2014 г продолжались работы по созданию научных приборов (технологические образцы и КДО).

ОКР «Экзомарс-ПП»

В рамках ОКР разрабатывается прибор МЭГРЭ для измерений квазипостоянного и переменного магнитного поля (до 40КГц) на поверхности Марса для посадочной платформы.

СЧ ОКР «НЧА-РЧА». Разработка и изготовление комплекса научной аппаратуры НЧА-РЧА в составе КНА «РЭЛЕК».

ПРОЕКТЫ В СТАДИИ НИР

3.1 НИР «Звездный Патруль»

ИКИ РАН продолжает НИР «Звездный Патруль» (www.star-patrol.cosmos.ru) по предварительной проработке специализированной орбитальной обсерватории большим телескопом с диаметром главного зеркала более 1,5 м для исследования экзопланет, объектов и явлений в Солнечной системе, для мониторинга и предупреждения опасных небесных тел: метеоритов и астероидов. Представлены результаты отбора научных задач для космического телескопа определение установленных ограничений, описание предварительного проектного облика, предварительного состава и основных характеристик научной аппаратуры, требований и проработки предварительных научно-технических предложений по оптической схеме телескопа и составу навесного оборудования, требования к служебным системам для космической обсерватории с телескопом метрового класса, оснащенный системой адаптивной оптики и нуль-интерферометром (звездным коронографом).

3.2 НИР «Магистраль»

НИР «Магистраль» (Задел-АКА - «ЭФКА-ИКИ»), договор на НИР между ЦНИИМАШ и ИКИ №1549 от 05.12.2014, с 2012 по 2015 г. по созданию «Автономный многоканальный измеритель плазменного окружения» для проведения наземных испытаний в камере с искусственной плазмой для отработки методической части натурального эксперимента на МКС.

На основе результатов проведенных исследований по созданию макета блока питания, управления и обработки данных БСК был разработан макет прототипа бортовой системы контроля для МКС. На основе разработки был изготовлен работающий макет. Каждый модуль макета был испытан на соответствие заложенных в него параметров по разработанной методике. Испытания проводились с помощью разработанных имитаторов и программных алгоритмов. Разработка алгоритмов измерения и обработки информации для макета БСК позволяет провести наземные испытаний БСК в термовакуумной камере с имитацией плазменного окружения. Проведение испытаний обеспечивается правильностью выбора методики измерения по модели плазменного окружения МКС. Работа проводится с учетом возможного применения созданного задела по разработке макета БСК при создании бортовой системы для МКС, а также в других проектах, для которых возникает повышенная опасность воздействия плазмы. Испытательный стенд подготовлен и прошел испытания. Со следующего года будут начаты испытания.

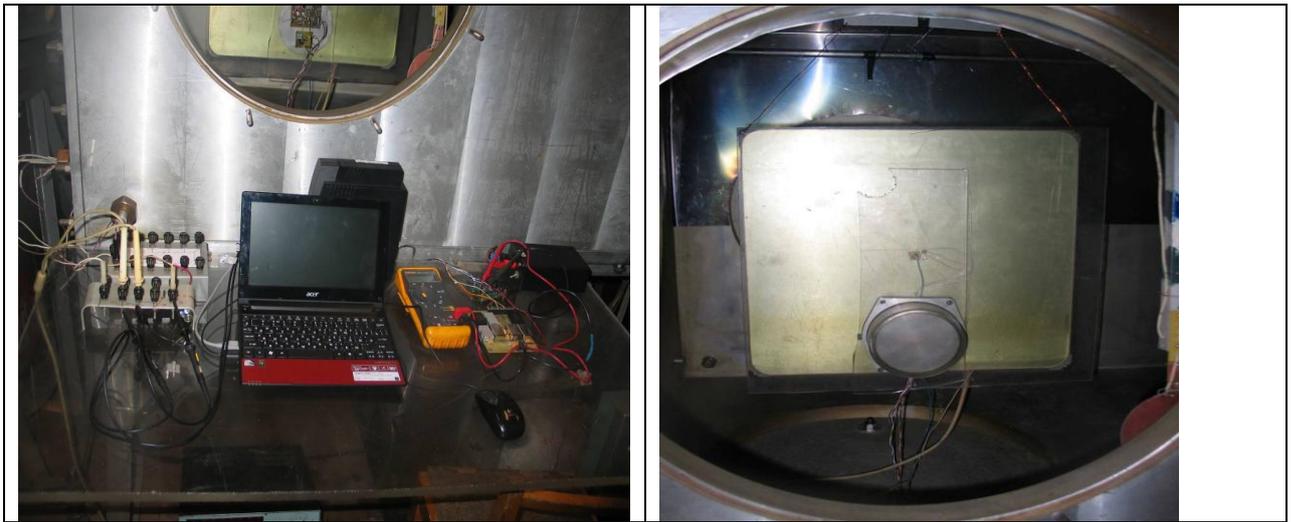


Рис. Внешний вид установки во время испытаний. Вид имитатора плазмы.

СЧ НИР «Магистраль» (Облик-АКА) «Ариадна-ИКИ» - разработка предложений по перспективному микроспутнику.

НИР «Разработка методов выявления возмущений параметров ионосферы и электромагнитных полей, вызванных наземными радиосредствами. (ФЦП «Геофизика»)

4. ИНИЦИАТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

4.1 Разработка гетеродинных спектрометров сверхвысокого разрешения для мониторинга парниковых газов, метеорологических и астрономических наблюдений

Работы по созданию линейки гетеродинных спектрометров ИК диапазона ведутся совместно с Лабораторией инфракрасной спектроскопии планетных атмосфер высокого разрешения МФТИ начиная с 2009 г. В 2014 г. были проведены измерения спектра пропускания атмосферы в линиях метана и двуокиси углерода в области 1.65 мкм по прямым наблюдениям Солнца. Измерения в данном спектральном диапазоне были впервые проведены со спектральным разрешением 10 МГц, что соответствует разрешающей силе прибора $\sim 3 \cdot 10^7$. По результатам измерений были восстановлены вертикальные профили содержания метана и скорости ветра в атмосфере, которые качественно совпадают с результатами реанализа данных метеонаблюдений на период эксперимента при помощи моделей общей циркуляции атмосферы.

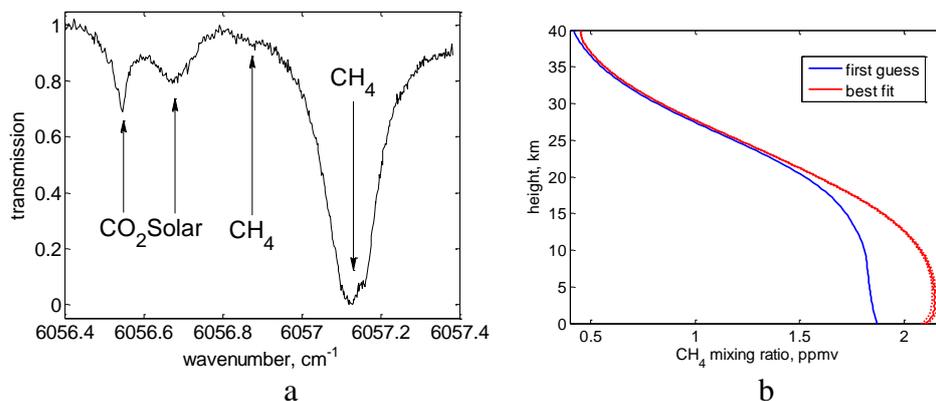
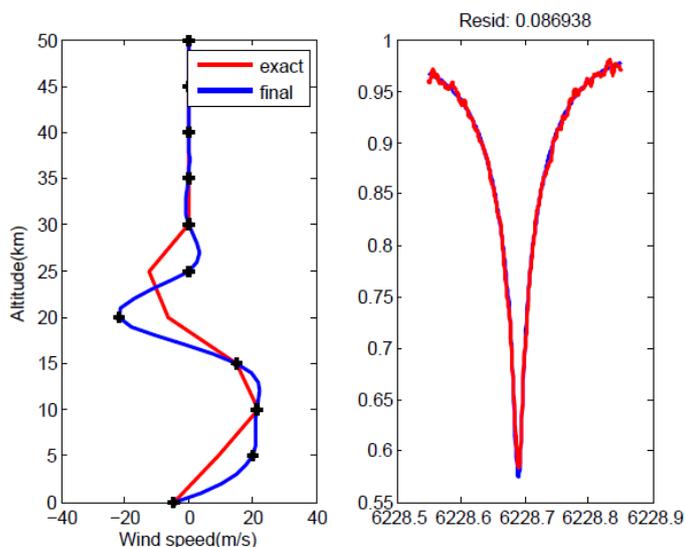


Рис. 1. (а) спектр пропускания атмосферы Земли в области 1.65 мкм, измеренный гетеродинным методом; (b) восстановленный профиль содержания метана.



a

b

Рис. 2. (а) вертикальный профиль скорости ветра, восстановленный по данным наблюдений в сравнении с результатами реанализа метеонаблюдений (b) экспериментальной и синтетической контуры линии поглощения углекислого газа в атмосфере.

Были продолжены работы по созданию чувствительных гетеродинных детекторов инфракрасного излучения на основе сверхпроводящих наноструктур. Основным направлением исследований было повышение квантовой эффективности детекторов путем нанесения на поверхность сверхпроводника металлических покрытий, играющих роль оптических антенн, в результате чего ее удалось поднять с 5% до 30%.

Рентгеновский микрофон

Проведен первый этап НИР по разработке проектной концепции новой астрофизической обсерватории «Рентгеновский микрофон», предназначенной для исследования быстрой переменности компактных рентгеновских источников – черных дыр, нейтронных звезд, АГН. Проведена проработка возможности создания детекторов большой площади на основе раздвижных и раскладных конструкций.