

3.2. Проекты в стадии ОКР

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

Проект Бепи Колумбо объединяет усилия ESA и JAXA в изучении Меркурия, в нем участвуют специалисты из многих стран Европы и Японии, а также России. Проект Бепи Колумбо включает создание двух орбитальных аппаратов: европейского Mercury Planetary Orbiter (МРО) и японского Mercury Magnetospheric Orbiter (ММО). Их запуск планируется на 2015 год с космодрома в Куру ракетой Ариан 5. Свое название проект получил в честь итальянского математика Джузеппе (Бепи) Колумбо (1920-1984г), предложившего расчет полета к Меркурию с гравитационными маневрами, который для КА Маринер 10 составил 10 лет. Перелет до Меркурия с гравитационными маневрами в проекте Бепи Колумбо продлится 6 лет. Наблюдения за различными аспектами природы планеты и окружающего пространства должны дать научное представление о загадках этой планеты. Она принадлежит к земной группе, но не имеет газовой атмосферы. Экзосфера Меркурия содержит не более 10^5 атомов на см^3 и состоит главным образом из атомов водорода, гелия, кислорода, а также, в малых количествах, атомов натрия, калия и кальция.

Европейский аппарат МРО весом 500 кг будет выведен на круговую орбиту с 3х-осной стабилизацией для наблюдений в надир. В состав его научных приборов входит ультрафиолетовый спектрометр PHEBUS разрабатываемой в кооперации Франции, Японии и России.

Спектрометр PHEBUS регистрирует спектры излучения экзосферы планеты в диапазоне вакуумного ультрафиолета от 50 до 330 нм. В диапазоне расположены линии излучения нейтральных и ионизированных химических элементов водород, гелий, ксенон, аргон, кислород, калий и кальций. По данным спектров можно определить химический состав экзосферы. Для получения пространственного распределения химических элементов в спектрометре имеется система наведения оптической оси в заданную точку наблюдения. Она позволяет изменять направление визирования прибора на 360° . Такая свобода позволяет не только проводить измерения в окружающем пространстве Меркурия, но обеспечивает проведение абсолютных калибровок спектрометра по известным источникам излучения. Во время работы прибор будет регулярно калиброваться по звездам чтобы таким способом количественно оценить возможную деградацию.

Прибор представляет двойной спектрометр для каналов жесткого ультрафиолета (EUV, диапазон 55-155 нм) и мягкого ультрафиолета (FUV, диапазон 145-315 нм). Он должен иметь спектральное разрешение 1-2 нм, вертикальное разрешение 20 км, разрешение по широте 20° . Минимизация потери чувствительности, что важно в диапазонах ультрафиолета, оптическая система выполнена как зеркало 33 мм в форме внеосевой параболы во входной части прибора. Контроль направления визирования осуществляет система на датчиках Холла. Система изменения направления визирования с червячным механизмом изготавливается в России. Она имеет массу около 1 кг и потребление 5 Вт.

Японский аппарат ММО весом 250 кг будет выведен на эллиптическую орбиту и стабилизирован вращением с периодом вращения 4 сек. Орбита является полярной и очень вытянутой. Ее главная ось находится близко к экватору, чтобы выполнить глобальное исследование магнитосферы от высоты 400 км почти до 12 000 км с периодом 9.3 ч.

В состав его научных приборов входит натриевая камера MSASI разрабатываемая в кооперации Японии и России. Определение причин появления Na в экзосфере Меркурия является первичной целью прибора. Планируются измерения натриевой экзосферы с пространственным разрешением $1/64 \text{ RM}$, измерения локальных температурных изменений натриевой экзосферы в течение нескольких часов в наиболее интересных местах, исследование отношений между планетографическими аспектами и распределением Na в экзосфере.

Натриевая камера MSASI это высоко-дисперсионный спектрометр, работающий в спектральном диапазоне длин волн натрия D2 (589 нм). Он предназначен для анализа его пространственного распределения в экзосфере Меркурия. Интерферометр Фабри-Перо выбран для спектрометра, так как у такой конструкции при заданных размерах и спектральном разрешении пропускная способность намного выше, чем при использовании призмы или дифракционной решетки. Его диэлектрические многослойные покрытия оптимизированы на 589.0 нм и имеют отражение более 94%. Полоса пропускания - интерферометра 589, 1303-589, 1863 нм, его спектральное разрешение 0,007 нм, пространственное разрешение 0,17' (1/64RM), номинальная чувствительность > 40 kR. В фотоприемной части используется усилитель изображения и ПЗС-матрица GaAsP. Информационный поток с камеры MSASI составит 10,8 Mbytes/виток.

Для исследования пространственного распределения атомов натрия используется собственное вращение спутника ММО и одномерная развертка сканирующим устройством. Механическое сканирование выполняет поворот алюминиевого плоского зеркала (10 мм x 50 мм) с хорошо полированной поверхностью. Шаг поворота 45'. Контроль углового положения осуществляет система на датчиках Холла. Это позволит получать изображения планеты и магнитосферы формируемое на длине волны натрия. Одно изображение может быть получено каждые 23 оборота аппарата вокруг своей оси. Сканирующая система разработана в России. Она имеет массу 960 г и потребление 5 Вт. В процессе разработки приборов пришлось выполнить ряд дополнительных требований к прибору. В частности, серьезным ограничением было требование минимизации магнитных помех.

д. ф.-м. н. Кораблев О.И.(1), korab@iki.rssi.ru , Гнедых В.И. (1), victor@irn.iki.rssi.ru,
Котцов В.А.(1), vladkott@mail.ru, Козлов ОЕ (1), Моисеев ПП (2), Драпезо АП (3)

(1) Институт космических исследований РАН, (2) ООО НПП Астрон Электроник, (3) ООО Вист Групп Сенсор.

«ЭкзоМарс»

Проект ЭкзоМарс – совместный российско-европейский проект по исследованию Марса. Основные научные задачи:

Исследования внутреннего строения и климата Марса на поверхности.

Исследования состава атмосферы, проблема метана, мониторинг климата с орбиты.

Изучение распространенности воды в подповерхностном слое вещества с высоким разрешением.

Исследования обитаемости поверхности Марса.

Вулканизм (поиск вулканических газов).

В рамках проекта планируется два запуска с помощью российских носителей «Протон»:

2016 год. Орбитальный аппарат TGO, посадочный модуль EDM.

2018 год. Посадка марсохода ЕКА.

Российские приборы, выбранные для установки на КА ЕКА

Запуск 2016. Trace Gas Orbiter.

АЦС - Комплекс приборов для изучения атмосферной химии (ACS - Atmospheric Chemistry Suite). Отдел 53 ИКИ РАН.	
АЦС-ТИР	Фурье-спектрометр мониторинг трехмерных полей температуры, аэрозоля, картирование и детектирование малых составляющих

АЦС-НИР	Эшелле-спектрометр ближнего ИК диапазона. Мониторинг и измерения вертикальных профилей CO, H ₂ O, исследования дневного свечения O ₂ , поиск ночных свечений
АЦС-МИР	Эшелле-спектрометр среднего ИК диапазона. Измерения метана, отношения D/H, поиск малых составляющих, исследования аэрозоля
АЦС-БЭ	Блок электроники для сбора научной информации и связи с КА TGO
ФРЕНД - Коллимированный нейтронный детектор для поиска воды в грунте Марса до глубины 1 метр с высоким разрешением. Лаборатория 503 ИКИ РАН.	

Запуск 2018. Марсоход ЕКА.

ИСЕМ - Инфракрасный спектрометр на мачте марсохода. Исследование минералогического состава грунта. Поддержка выбора образцов для анализа другими приборами марсохода. Отдел 53 ИКИ РАН.
АДРОН- Поиск воды в грунте Марса до глубины 1 метр вдоль трассы движения марсохода. Лаборатория 503 ИКИ РАН.

д. ф.-м. н. Кораблев О.И., korab@iki.rssi.ru

«Ионозонд»

Озонометр

Разработка прибора ведётся в рамках ОКР «Ионозонд» (ФЦП «Геофизика»). Основной задачей разрабатываемого прибора является мониторинг общего содержания озона (ОСО) в атмосфере Земли, а также других газов, полосы поглощения которых лежат в спектральном диапазоне работы прибора. В 2009 году было принято решение об установке озонометров на все КА проекта «Ионозонд», что позволяет достичь высокой унификации космических аппаратов. Озонометр разрабатывается в двух модификациях: Озонометр-З, установка которого предполагается на КА «Зонд», и Озонометр-ТМ, установка которого предполагается на 4 КА «Ионосфера». Озонометр-З обладает широким диапазоном работы (ближний УФ-, видимый и ближний ИК-диапазоны), что позволяет осуществлять мониторинг многих газов. Озонометр-ТМ является облегчённой модификацией прибора с диапазоном работы 300-500 нм, включающей полосу поглощения озона 300-360 нм (полоса Хюггинса), которая обычно используется для определения ОСО.

В 2012 году работы велись по обоим приборам – «Озонометр-ТМ» и «Озонометр-З». По «Озонометру-ТМ» в этом году на образце для конструкторско-доводочных испытаний (КДИ) проведены первые лабораторные измерения и оптические калибровки, получены первые атмосферные спектры, проведена доработка узла фотоприёмного устройства. По «Озонометру-З» в этом году завершена разработка конструкторской документации и начато изготовление первых образцов.

д.ф.-м.н. Кораблев О.И., korab@iki.rssi.ru,
к.ф.-м.н. Доброленский Ю.С. dobrolenskiy@iki.rssi.ru, Вязоветкий Н.А. viazovetski@mail.ru, к.ф.-м.н. Манцевич С.Н., Котцов В.А.

«Луна-Глоб и Луна-Ресурс»

Исследование атмосферы и летучих компонент вещества планет и

малых тел методом диодно-лазерной спектроскопии. Программа 22 Президиума РАН «Фундаментальные проблемы исследований и освоения Солнечной системы»

1. Проведены расширенные физические калибровки многоканального диодно-лазерного спектрометра (прибор ДЛС/ХМС-1Ф) в составе резервного комплекта научной аппаратуры газового аналитического комплекса (ГАК), разработанного в рамках миссии «Фобос-Грунт», определена экспериментальная методика измерений летучих компонент лунного грунта на основе усовершенствованного многоканального диодно-лазерного спектрометра в составе газового аналитического комплекса для миссий «Луна-Ресурс» и «Луна-Глоб».

В процессе наземных лабораторных калибровок ДЛС/ХМС-1Ф было получено несколько сотен спектров высокого разрешения 10^{-7} отдельных линий поглощения присутствующих в оптической кювете газоведущей системы ХМС-1Ф газов C_2H_2 , CO_2 , H_2O и некоторых изотопов CO_2 и H_2O , интересных для планировавшихся исследований динамики выделения летучих компонент грунта Фобоса, выделяемых при его пиролизе, с разрешением во времени порядка нескольких десятков секунд. Газовые смеси доставлялись в кювету различными способами, имитирующими ожидаемые режимы работы ГАК. Для сильных линий поглощения основных газовых молекул (более 10 %) получена качественно верная зависимость регистрируемой формы линий от условий наполнения оптической кюветы, статических или динамических. Вопросы достоверной регистрации изотопных соотношений требуют дальнейшей проработки в силу небольшого поглощения для изотопных линий CO_2 и H_2O , менее 1 % при фиксированной длине оптической кюветы, ограниченной 200 мм. Предложена усовершенствованная методика регистрации содержания основных молекул и некоторых изотопов CO_2 и H_2O для летучих компонент грунта Луны, использующая новые перестраиваемые лазеры диапазона 2,78 мкм, в пределах которого регистрируются на порядок более сильные линии поглощения изотопов $17OC16O$, $13CO_2$, $18OC16O$. Оптическая схема прибора ДЛС/ГХ-Л переработана с целью уменьшения рассеянного излучения и уровня оптических интерференционных шумов, ограничивающих чувствительность при регистрации слабых линий поглощения.

2. Проведен предварительный качественный анализ полученных данных измерений многоканального диодно-лазерного спектрометра, продолжены работы по адаптации известных физических моделей молекулярного поглощения и математических методов обработки спектроскопических данных, требующихся для определения содержания газов – измеряемых летучих компонент грунта. Полученные данные измерений качественно соответствуют ожидаемым при регистрации поглощения для модельных газовых смесей. Требуемая для восстановления текущей концентрации измеряемого газа обработка полученных спектров предусматривает:

- Нормирование амплитуды и спектрального масштаба записанной функции пропускания в окрестности линии поглощения.
- Осуществление Фурье-фильтрации сопутствующих генерации монохроматического излучения оптических интерференционных шумов.
- Сопоставление площади нормированной линии поглощения с текущей концентрацией молекул тестовой газовой смеси.
- Построение теоретического профиля линии поглощения на основе информации базы данных параметров молекулярного поглощения HITRAN, закона поглощения оптического излучения Бира-Ламберта, уравнения состояния газа с учетом известных температуры и давления, в приближении спектрального контура Фойгта.
- Сравнение экспериментального и теоретического контуров линий с целью минимизации различий между ними и верификации аппаратных свойств ДЛС при измерениях статических тестовых газовых концентраций.

– Определение содержания динамических газовых концентраций для различных режимов тестирования: равномерный поток газа-носителя, импульсный впрыск малой порции газа, регистрация продуктов лабораторного пиролиза известных образцов грунта. В перспективе предстоит создание программного алгоритма для обработки, совместного хранения и анализа данных ДЛС, их сопоставление с данными прочих систем ГАК для определения содержания и природы летучих компонент исследуемого грунта.
к.ф.-м.н. Виноградов И.И., imant@iki.rssi.ru

G. Durry, I. Vinogradov, A. Titov, L. Joly, C. Stoeffler, J. Cousin, T. Decarpenterie, N. Amarouche, O. Korablev, M. Gerasimov, O. Roste, Near infrared diode laser spectroscopy of C₂H₂, H₂O, CO₂ and their isotopologues and application to TDLAS, a tunable diode laser spectrometer for the Martian PHOBOS-GRUNT and the Lunar LUNA-RESURS and LUNA-GLOB space missions. Poster session, 11th ASA – 12th HITRAN Conference, Reims, France, 29-31.09.2012.

I. Vinogradov, G. Durry, A. Titov, L. Joly, C. Stoeffler, J. Cousin, T. Decarpenterie, N. Amarouche, O. Korablev, M. Gerasimov, O. Roste, Near infrared diode laser spectroscopy of C₂H₂, H₂O, CO₂ and their isotopologues and the application to a tunable diode laser spectrometer (TDLAS) for the Martian PHOBOS-GRUNT and Lunar LUNA-RESURS and LUNA-GLOB space missions. The Book of Abstracts for the 3rd Moscow international Solar System Symposium (3M-S3), abst. 151, Space Research Institute, Moscow, Russia, October 8-12.10.2012.

Прибор ТВ-К-С. Ультрастабильный генератор

Работы представлены двумя экспериментами. Прибор ТВ-К-С. Задачи эксперимента исследование минералогического состава грунта Луны методами спектроскопии и люминесцентного анализа. Работа находится в стадии ОКР.

Ответственный за эксперимент: к. ф.-м. н. Липатов А.Н., slip@iki.rssi.ru

Ультрастабильный генератор. Второй эксперимент выполняется совместно с другой лабораторией. Задачи эксперимента – высокоточные измерения либраций Луны. Работа находится в стадии ОКР.

Ответственный за эксперимент: к. ф.-м. н. Готлиб, gotlib@mx.iki.rssi.ru

Масс-спектрометр нейтральных газов

Специалисты лаборатории участвуют в проекте «Луна-Глоб/Луна-Ресурс» в создании масс-спектрометра нейтральных газов (НГМС) в рамках эксперимента АЛПОЛ (совместно со швейцарскими коллегами).

К. ф.-м. н. Родионов Д. С., rodionov@iki.rssi.ru, к. ф.-м. н. Евланов Е. Н.

Эксперимент «Плазма-Э»

Изучение состояния плазмы в космосе и протекающих в ней процессов началось задолго до полетов первых космических аппаратов. Исследования проводились в основном наземными средствами. Но только после первых полетов спутников вопрос об изучении околопланетной плазмы стал актуальным, так как взаимодействие КА с окружающей средой в космосе было слабо исследовано.

При полетах низкоорбитальных космических аппаратов с низковольтными (~30 В) СБ, функционирующих в ионосферной плазме, не отмечалось заметных нарушений в работе КА из-за электрофизических процессов в окружающей среде. Это говорило о том, что окружающая среда и электрофизические процессы в ней оставались слабо возмущенными, а их влияние на аппарат не превышало расчетные. Об этом свидетельствуют, например, полеты станций «Салют» и «Мир».

Однако, при эксплуатации МКС, снабженной высоковольтными СБ (160 В), её влияние на окружающую среду и электрофизическую обстановку заметно возросло, что диагностируется американской стороной и может несколько корректироваться с помощью их плазменного контактора (источника плазмы). Изменившаяся электрофизическая обстановка чревата развитием на поверхностях и в окрестности станции ряда

электрофизических процессов (например, разрядов), негативно влияющих на ее нормальное функционирование. Так на МКС происходили нарушения в работе бортовых компьютеров, а также выход из строя пироболтов на спускаемых кораблях «Союз» (в октябре 2007г и в апреле 2008г) после их длительного пребывания в составе станции. Причиной этого с большой вероятностью являются зарядка станции и электроразрядные процессы на её поверхностях и в окрестности. В связи с этим защита МКС и низкоорбитальных аппаратов, снабженных высоковольтными (100В) (внешними устройствами, от негативных электрофизических воздействий космической среды остается актуальной.

Нас интересует пространственную область плазмы вокруг аппаратов на орбите Земли. В большинстве случаев плазма вокруг аппаратов относится к равновесной. По крайней мере, можно ее условно таковой считать. Эксперимент основан на контактном методе измерения параметров плазмы, в основе которого лежат зонды Ленгмюра, датчика давления, спектральный анализатор разрядов. Преимущества метода: прямое измерение плазмы; простота метода измерения; не большие габариты и масса чувствительного элемента; достижение достаточно высокой точности и долговременной стабильности характеристик; не очень высокая стоимость изготовления аппаратуры по причине простоты метода.

Исследование плазмы вокруг аппаратов относится к прикладным задачам. Но полученные данные могут дать значительный полезный эффект в ближайшем будущем, когда будут осуществляться полеты людей к Марсу и другим планетам. Такие полеты не возможны без высоковольтных энергетических установок на основе солнечных батарей.

Для этого необходим анализ возможных негативных воздействий окружающей электрофизической обстановки (ЭФО) в окрестности и на поверхностях МКС и низкоорбитальных КА.

Негативное влияние электрофизических воздействий космической среды на МКС и низкоорбитальный аппарат можно свести:

- к распылению поверхностей;
- к токам утечки (особенно нестационарным) на высоковольтные поверхности;
- к нежелательной зарядке диэлектрических покрытий;
- к поверхностным микропробоям и микроразрядам, генерирующими электродинамические процессы на поверхности и электромагнитные помехи;
- к развитию разрядных процессов на поверхностях аппарата через окружающую газоплазменную среду;
- к разрушительным разрядам между узлами и системами станции, находящимися под разными потенциалами (при критических условиях).

Цель данной работы и состоит в проведение таких исследований с помощью разрабатываемой аппаратуры.

к. ф.-м. н. Липатов А.Н., slip@iki.rssi.ru

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 2012 году велись работы в соответствии с Техническим заданием и планом-графиком работ.

Проект МВН

Монитор Всего Неба – эксперимент по измерению рентгеновского фона в жестком рентгеновском диапазоне. Эксперимент будет установлен на Российский сегмент МКС. В 2012 году велись работы в соответствии с Техническим заданием и планом-графиком работ. Была создана КДИ-модель эксперимента.

Проект РЕЗОНАНС

Проект Резонанс направлен на исследование взаимодействия волн и частиц во внутренней магнитосфере Земли. Научный руководитель проекта – академик РАН Л.М. Зелёный. Зам научного руководителя – к.ф.-м. н. М.М. Могилевский

Основными научными задачами проект РЕЗОНАНС являются:

- исследование динамических характеристик циклотронного магнитосферного мазера;
- изучение процессов наполнения плазмопаузы после магнитных возмущений,
- изучение динамики кольцевого тока,
- выявление роли мелкомасштабных процессов в глобальной динамике магнитосферной плазмы,
- исследование процессов в авроральной области.

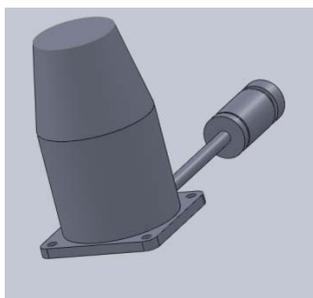
В рамках проекта «РЕЗОНАНС» в 2012 году выполнялись следующие работы: разрабатывалась рабочая, конструкторская и эксплуатационная документация на комплекс научной аппаратуры, осуществлялась поставка габаритно-массовых и тепловых макетов в НПО им. С.А. Лавочкина, были изготовлены технологические образцы приборов и проведены предварительные стыковочные испытания с системой сбора и управления (СУСПИ), изготавливалось комплексное КИА для проведения испытаний в ИКИ, подготавливались рабочие места для отработки и проведения испытаний в ИКИ.

«ФМ-МП-1»

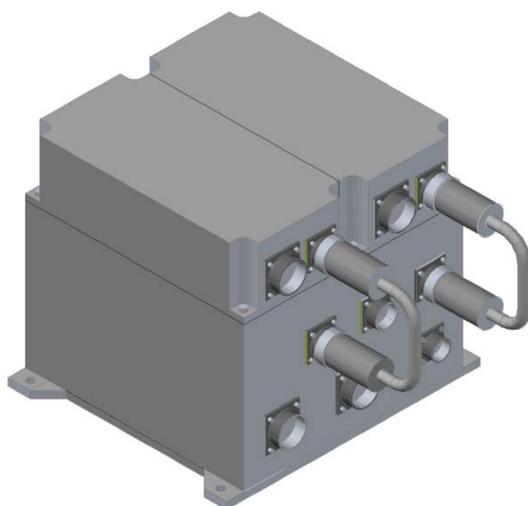
В рамках ОКР «Метеор-МП» разрабатывается феррозондовый магнитометр ФМ-МП для измерения квазипостоянного магнитного поля на космическом аппарате «Метеор-М», предполагаемого к запуску в 2018г. на полярную орбиту с удалением около 800 км от поверхности Земли.

В 2012 выполнены следующие работы:

- разработана конструкторская документация на макеты прибора ФП-МПР;
- изготовлен габаритно-весовой макет прибора.



Макет датчика УФ-6 прибора ФМ-МП.



Макет блока электроники прибора ФМ-МП.

Скальский А.А., лаб№545

«Арктика –М»

В рамках ОКР **«Арктика –М»** разрабатывается феррозондовый магнитометр ФМ-ВЭ для измерения квазипостоянного магнитного поля на космическом аппарате **«Арктика-М»**, предполагаемого к запуску в 2014-2015г.

В 2012 разработаны техническое задание на комплекс научной аппаратуры и прибор ФМ-ВЭ.

Скальский А.А., лаб№545

«СТРАННИК» (МКА- ФКИ, ПН4).

«СТРАННИК» является модификацией МКА **«РЕЗОНАНС»** и прототипом МКА **«РОЙ»**, В 2012 г начато выполнение ДЭП по МКА-ФКИ, ПН4 со сроком окончания работ в апреле 2013 г.

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Савин С.П., ответственные исполнители: Агафонов Ю.Н., Лежен Л.А.

Комический эксперимент «Обстановка 1-й этап» на Российском сегменте международной космической станции (х/д №837 с РКК «Энергия»).

Эксперимент «Обстановка 1-й этап» - «Исследования в приповерхностной зоне МКС плазменно-волновых процессов взаимодействия сверхбольших космических аппаратов с ионосферой» включён в «Долгосрочную программу научно-прикладных исследований и экспериментов, планируемых на российском сегменте МКС» (2013-2017г.г.) и реализуется

с помощью плазменно-волнового комплекса научной аппаратуры (ПВК), разрабатываемого на основе приборов, успешно использовавшихся ранее ИКИ РАН в международной кооперации при проведении фундаментальных исследований в космосе. Космический эксперимент (КЭ) проводится в интересах фундаментальных космических исследований и носит поисковый характер, так как до сих пор мало известны спектральные и энергетические характеристики электромагнитных полей в ионосфере (на высотах 350÷400 км). На этих высотах не было, и нет отечественных долгоживущих космических аппаратов, кроме орбитальных станций, с помощью которых можно было бы осуществить комплексные исследования свойств ионосферной плазмы.

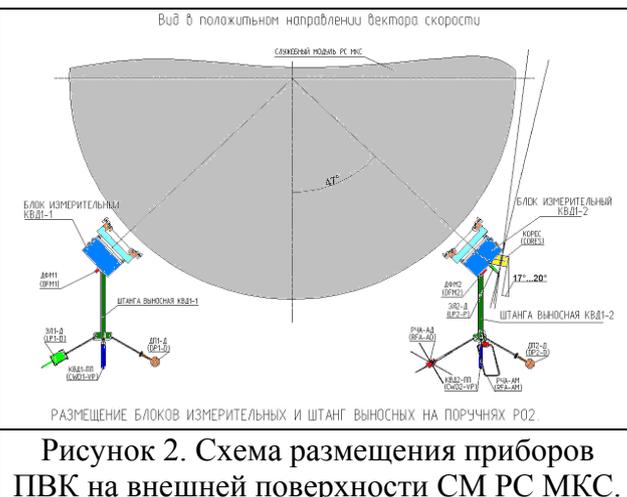
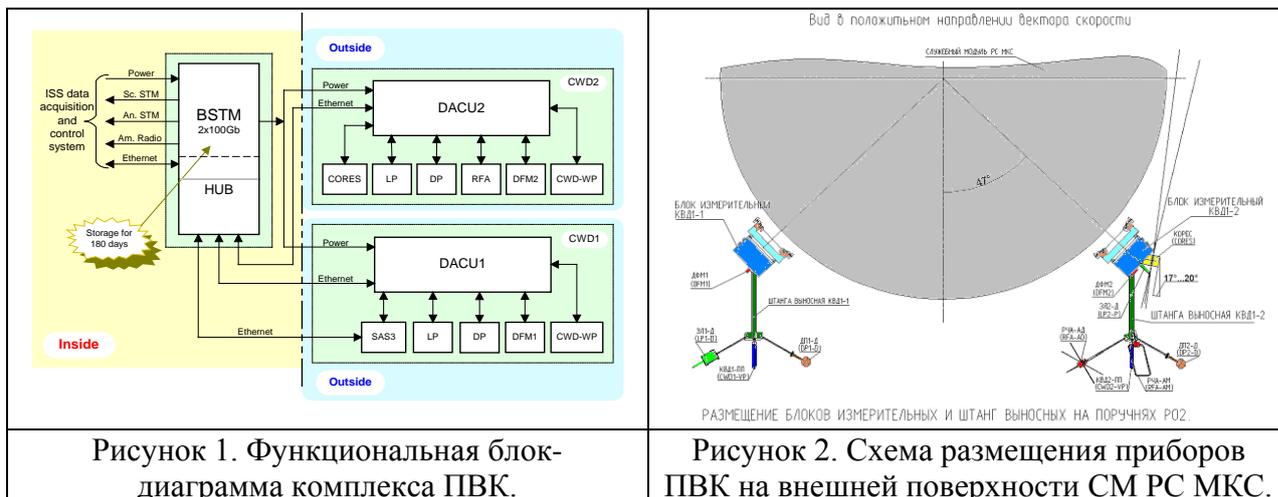
Целями КЭ «Обстановка 1-й этап» являются:

- Геофизические исследования, которые предполагают долгосрочные мониторинговые измерения параметров плазмы и плазменно-волновых процессов, связанных с проявлением в ионосфере солнечно-магнитосферно-ионосферных и ионосферно-атмосферных связей.
- Исследования в приповерхностной зоне плазменно-волновых процессов взаимодействия сверхбольшого КА, каким является МКС, с ионосферой необходимы как для прикладных, так и для фундаментальных геофизических исследований. Электрические и магнитные поля и токи у поверхности КА определяются параметрами окружающей космической плазмы и характером взаимодействия материалов, находящихся на поверхности КА, с этой средой.

В результате измерений плазменно-волновым комплексом (ПВК) комплекса физических параметров и их бортовой (командно-телеметрическая система сбора и формирования массивов информации БХТИ/ДАКУ, Венгрия) и наземной обработки будут изучены следующие параметры плазмы и окружающих электромагнитных полей:

- спектральная плотность электростатических плазменных волн и электрической компоненты электромагнитных излучений E в диапазоне 0.1-15 МГц (три компоненты) – прибор РЧА;
- спектральная плотность магнитной компоненты электромагнитных излучений H в диапазоне 0.1-15 МГц (три компоненты) – прибор РЧА;
- спектральная плотность магнитной компоненты электромагнитных излучений B в диапазоне 0.01-40 кГц (две компоненты) – приборы КВЗ, ШАШЗ;
- спектральная плотность флуктуаций плотности тока J в диапазоне 0.01-40 кГц (две компоненты) - приборы КВЗ, ШАШЗ;
- спектральная плотность электрической компоненты электромагнитных излучений E в диапазоне 0.01-40 кГц (одна компонента) - приборы КВЗ, ШАШЗ;
- вектор напряженности постоянного магнитного поля B (+/- 50000 нТл) и градиент поля ΔB (100-1000 нТл) по нормали к поверхности ОС – приборы ДФМ1, ДФМ2;
- вектор напряженности квазистационарного электрического поля E (+/- 10 В/м) и градиент поля ΔE (10-200 мВ/м) по нормали к поверхности ОС – прибор ДП;
- потенциал "земляной" точки ОС относительно плазмы ϕ (0-200 В) – прибор ДП;
- параметры тепловой и низкоэнергичной плазмы N_e , N_i , T_e , T_i (0.01-10 кэВ) – прибор ЗЛ;
- спектры электронов в диапазоне энергий 10эВ – 10кэВ – прибор КОРЕС.

Функциональная блок-диаграмма комплекса ПВК представлена на Рис. 1, схема размещения приборов ПВК на внешней поверхности Служебного модуля (СМ) РС МКС представлена на Рис. 2.



Бортовой информационно-управляющий комплекс (ИУС) и компьютер комплекса ПВК, находящийся в приборе БХТИ (BSTM), взаимодействуют по 10 МГц интерфейсу Ethernet по стандартным протоколам. ИУС передаёт данные на Землю по радиоканалу в зонах радиовидимости МКС. Количество данных, передаваемых в интересах эксперимента “Обстановка 1-й этап”, ограничено объёмом 10 Мбайт в день. Объём памяти для хранения данных ПВК на БСПН составляет 500 Мбайт.

Проведенная с помощью КИА ПВК командно-информационная отработка, в том числе в РКК «Энергия» на комплексном стенде Служебного модуля РС МКС, качественно подтвердила правильность калибровок приборов и формирования телеметрических массивов.

20 ноября ПВК доставлен на космодром Байконур. Доставка ПВК на РС МКС запланирована на 13 февраля 2013г.

Климов С.И., проф., д.ф.-м.н., т.: 333-11-00, sklimov@iki.rssi.ru

Разработка и изготовление комплекса научной аппаратуры НЧА-РЧА в составе комплекса научной аппаратуры КА «РЭЛЕК» (х/д № 1279 от 19.10.2009 г., с НИИЯФ МГУ).

Выполнены следующие работы:

1. Изготовлен технологический образец комплекса НЧА-РЧА.
2. Изготовлена КИА “ПСА-SAS3-Relec EGSE”.
3. Проведены приёмо-сдаточные испытания (ПСИ) комплекса НЧА-РЧА.
4. Проведены КДИ приборов НЧА и РЧА.
5. Проведены испытания на ЭМС комплекса научной аппаратуры «РЭЛЕК».
6. Проведены испытания на линейные перегрузки приборов КНА «РЭЛЕК».

Работы соисполнителя ЛЦ ИКИ НАН и НКА Украины выполнены в полном объёме.

Климов С.И., проф., д.ф.-м.н., т.: 333-11-00, sklimov@iki.rssi.ru

СЧ ОКР «Авровизор-ВИС/МП»

В рамках ОКР «Метеор-МП» разрабатывается авровизор для наблюдений полярных сияний на космическом аппарате «Метеор-М», предполагаемого к запуску в 2018г. на полярную орбиту с удалением около 800 км от поверхности Земли.

В 2012 выполнены следующие работы:

- а) ГЧ Авровизор-ВИС/МП согласован с ВНИИЭМ.

б) ЧТЗ Авровизор-ВИС/МП подготовлено, находится в стадии согласования с: ИПГ Росгидромет, НЗОМЗ, ВНИИЭМ.

Кузьмин А.К., к.ф.-м.н., гл. спец., alkkuzmin@mail.ru

Проект МСП-2001

В рамках ОКР по теме МСП-2001 Федерального космического агентства ведутся опытно-конструкторские разработки аппаратуры для экспериментов:

проект «Меркурианский нейтронный и гамма спектрометр» (МГНС) для орбитального КА ЕКА «Бепи Колombo» (БК, срок запуска – II-е полугодие 2014 года).

прибор МГНС. Все работы выполнены в соответствии с Техническим заданием на ОКР по теме.

Руководитель проекта:

Д.ф.м.н. Митрофанов И.Г. тел.: (495) 333-3489, imitrofa@space.ru

ПРОЕКТЫ В СТАДИИ НИР

3.3.1 НИР «Венера-Д»

В 2012 году выполнялся НИР «Венера-Д». «Проработка предварительной программы экспериментов на орбитальном, посадочном аппаратах и суб-спутнике проекта “Венера-Д”». Отчет, представленный в ЦНИИМАШ и доступен на сайте «Венера-Д» для зарегистрированных пользователей:

<http://venera-d.cosmos.ru/uploads/media/Venera-D-2012.pdf>

Отчет содержит решение следующих задач:

-Уточнение элементного состава и программы экспериментов на элементах миссии “Венера-Д”»

-Выбор районов для безопасной посадки, интересных с точки зрения ожидаемого химико-минералогического состава материала поверхности.

-Разработка вариантов схем, обеспечивающих доставку ПА в выбранные районы посадки на поверхности Венеры.

-Разработка вариантов схем выведения на орбиты искусственных спутников Венеры ОА и СС для выполнения научной программы комплекса «Венера-Д».

-Проработка требований к энергетическому потенциалу радиолиний ОА-СС и ОА-Земля для проведения экспериментов радиопросвечивания.

-Проработка требований к радиолиниям в части передачи научной информации, в том числе передачи информации с ПА.

-Проработка деталей установки TDLAS на ПА для получения вертикального профиля летучих и их изотопов, ключевых для понимания эволюции атмосферы. Выбор основных молекул и их изотопов (SO₂, SO, COS, CO₂, H₂O, HDO, CO, HCl, C₂H₂, H₂S, HF и т.д.) с точки зрения возможности их измерения в ближнем и среднем ИК диапазонах.

-Уточнение характеристик устройства забора грунта и атмосферных проб, и разрежения атмосферных проб для TDLAS-Искра-В.

-Продолжение проработки теплоизоляции. Новая концепция теплоизоляции и станция с временем жизни на поверхности 24 часа.

-Проработка технического предложения и ТЗ на изготовление КВД для испытания приборов и отдельных элементов при температурах и давлении в атмосфере и на поверхности Венеры

Основные исполнители НИР: д. ф.-м. н. Засова Л.В., Zasova@iki.rssi.ru, Игнатъев Н.И., Кораблев О.И., Мошкин Б.Е., Экономов А.П., Готлиб В. М., Герасимов М.В., Виноградов И.И., Бреховских Ю.А.

Соисполнители: ГЕОХИ РАН (отв. Базилевский А.Т.), ИПМ РАН (отв. Тучин А.Г.), ФИРЭ РАН (отв. Гаврик А.Л.)

L. Zasova. Future Venus Exploration in Russia. 39th COSPAR Scientific Assembly 2012, abstract B0.8-0011.

L. Zasova et al. Venus investigation after ESA Venus Express: Russian mission Venera-D. Симпозиум 3MS3, Москва 2012, абстракт 3MS3-NP-05, abstract book, 129.

S. Limaye, M. Nakamura, H. Svedhem, L. Zasova, A. S. Kiran Kumar, M. Bullock, C. Wilson, Future exploration of Venus: opportunities and challenges. 39th COSPAR Scientific Assembly 2012, abstract B0.8-0012

Wilson, C.; Chassefière, E.; Hinglais, E.; Baines, K.; Balint, T.; Berthelier, J.; Blamont, J.; Durry, G.; Ferencz, C.; Grimm, R.; Imamura, T.; Josset, J.; Leblanc, F.; Lebonnois, S.; Leitner, J.; Limaye, S.; Marty, B.; Palomba, E.; Pogrebenko, S.; Rafkin, S.; Talboys, D.; Wieler, R.; Zasova, L.; Szopa, C. The 2010 European Venus Explorer (EVE) mission proposal. Experimental Astronomy, Volume 33, Issue 2-3, pp. 305-335, 2012

3.3.2 НИР «Лаплас»

Проведена корректировка научной программы миссии к системе Юпитера, связанная с изменением объекта исследования: Ганимед вместо Европы.

Рассмотрены особенности Ганимеда, выделяющие его из общего ряда спутников Солнечной системы: наличие собственного магнитного поля и собственной магнитосферы, присутствие, помимо собственного магнитного поля, магнитного поля индуцированного характера, наличие «старых» и «молодых» участков поверхности, наделенных разными свойствами, крайне высокая плотность кратеров на поверхности и наличие на нем собственной магнитосферы, которая взаимодействует с магнитосферой Юпитера сложным образом.

-Проанализированы научные цели и задачи проведения последующих исследований Ганимеда как части системы Юпитера, методики проведения измерений и технические характеристики приборов, предлагающихся к установке на посадочный модуль Ганимеда.

-Проанализированы факторы, которые обуславливают высокие радиационные риски в ходе миссии КА проекта «Лаплас» к лунам Юпитера, и способы снижения рисков. Показано, что радиационная нагрузка на компоненты КА при полёте в области орбиты Ганимеда существенно ниже, чем в области орбиты Европы.

-Представлены результаты траекторных расчетов параметров сближения КА с Ганимедом и выхода на орбиту его искусственного спутника, а также расчетов затрат характеристической скорости, расхода топлива и способы его сокращения. Представлены анализы нескольких схем.

-Проанализирована фотографическая база данных, необходимая для выбора мест посадки.

Акад. РАН Зеленый Л.М., д. ф.-м.н. Кораблев О.И., korab@iki.rssi.ru

3.3.3 НИР «Марс-НЭТ». Определение состава миссии Марс-НЭТ, включающей орбитальный аппарат и посадочные модули. Разработка предварительной научной программы проекта и предварительного состава научной аппаратуры.

Формирование требований к служебным системам для обеспечения выполнения научной программы.

В 2012 году в рамках темы «Марс-НЭТ» была проведена НИР «Разработка инженерной модели поверхности и атмосферы Марса. Уточнение требований к ключевым научно-техническим элементам миссии «Марс-НЭТ». Подготовка проекта ТЗ на ОКР по разработке научной аппаратуры». В рамках данной НИР были рассмотрены научные задачи проектов «Марс-НЭТ» и «ЭкзоМарс» и возможность реализации задач и использование научно-технического задела проекта «Марс-НЭТ», накопленного за прошлые годы, в рамках совместно российско-европейского сотрудничества. Также была

создана инженерная модель поверхности Марса с учетом требований проекта «ЭкзоМарс» и разработан проект ТЗ на ОКР по созданию научной аппаратуры.

Д. ф.-м.н. Кораблев О.И., korab@iki.rssi.ru, к. ф.-м. н. Родионов Д. С., rodionov@iki.rssi.ru

3.3.4. Предварительная проработка требований к служебным системам КА и параметров научной аппаратуры проекта "Рой"» (эксперимент РОЙ) - этап №5, 2012. На основе сформулированных нами результатов на предыдущих этапах НИР РОЙ предварительных научных задач и международной кооперации проекта РОЙ, разработаны *предварительные требования со стороны КНА-РОЙ к служебным системам КА.* Предлагается взять за основу проект РЕЗОНАНС.

Предложено основываться на конструктивно проработанной модификации МКА РЕЗОНАНС, который включает одну жесткую штангу в антисолнечном направлении (ось -X МКА), от которой раскрываются 3 короткие одноколенные штанги с конца жесткой штанги, а также 3 длинные многоколенные штанги с корпуса МКА. При запуске МКА РОЙ СОЮЗОМ/ ФРЕГАТОМ (это планируется для РЕЗОНАНСА), пока не проработана возможность помещения под обтекатель 4 МКА РОЙ. Для СТРАННИКА рассматривается вариант попутного запуска с Лунной миссией, при этом возможен возврат к старой версии МКА, описанным в предыдущих отчетах по проекту РОЙ. Для МКА РОЙ возможен смешанный вариант: например, 2 МКА типа РЕЗОНАНС, и 2 МКА с укороченными штангами. Но в отличие от МКА РЕЗОНАНС, на МКА СТРАННИК и, особенно, РОЙ обращенная к Солнцу (ось +X) должна позволять установку нескольких датчиков с широким углом зрения (120-180 градусов от оси +X). Это связано с появившейся необходимостью изучать подробные 3-мерные энергетические спектры частиц плазмы, что ранее считалось прерогативой SCOPE и CrossSCALE. При этом МКА РОЙ должен обеспечить соответствующий тепловой режим КНА-РОЙ на освещенной Солнцем поверхности, что отсутствует на МКА РЕЗОНАНС и является проблемой для МКА СТРАННИК. Для МКА РОЙ главной является солнечная ориентация оси вращения с периодом 0.5-2 минуты, что требует поворота оси вращения примерно 1 раз в 20 дней и предусматривания соответствующих топливных ресурсов (около 30%) на время активного существования МКА.

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Савин С.П., ответственные исполнители: Агафонов Ю.Н., Лежен Л.А.

3.3.5. Рентгеновский микрофон

«Определение предварительного проектного облика КНА «Рентгеновский микрофон». Формирование предложений по переводу НИР «Рентгеновский микрофон» в ОКР (стадию Аванпроект)»

В процессе выполнения научно-исследовательской работы были выполнены следующие работы:

- зафиксированы научные задачи проекта и сформулированы предварительные исходные данные для составления ТЗ на научные приборы КНА проекта «Рентгеновский микрофон»;
- уточнены параметры и проведено обоснование основных технических характеристик, обеспечивающих целевое использование КНА;
- дано краткое техническое описание, особенности функционирования и эксплуатации НА, обоснование основных технических решений, обеспечивающих получение требуемых характеристик;
- рассмотрены варианты реализации НА, пути решения возникающих технических и технологических проблем;

- проведено определение предварительного проектного облика КНА астрофизической рентгеновской обсерватории для исследования быстропеременного рентгеновского излучения;
- представлен обзор тайминговых обсерваторий для исследований физических процессов вблизи компактных объектов и перспективы их развития на период до 2030 г. и до 2050 г.;
- сформулированы предварительные исходные данные для составления ТЗ на научные приборы КНА «Рентгеновский микрофон». Даны предложения по переводу НИР в ОКР (стадию Аванпроект).

В 2012 – 2013 гг. в рамках НИР «Рентгеновский микрофон» предлагается проработать особенности реализации научно-технологического эксперимента для детектора площадью 1 кв.м с учетом проведения данного эксперимента в рамках программы исследований на МКС и в рамках МК ФКИ

4. ИНИЦИАТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

4.1 Внебюджетная тематика «Астер»

Проект включает создание малого аппарата для полета к тройному астероиду. Задача эксперимента комплексная. Предполагается провести исследования астероидов комплексом дистанционных приборов (спектрометрические, фотометрические зондирующие и т.д.). Цель – исследование состава и внутренней структуры астероидов.

4.2 Внебюджетная тематика «Met-Net»

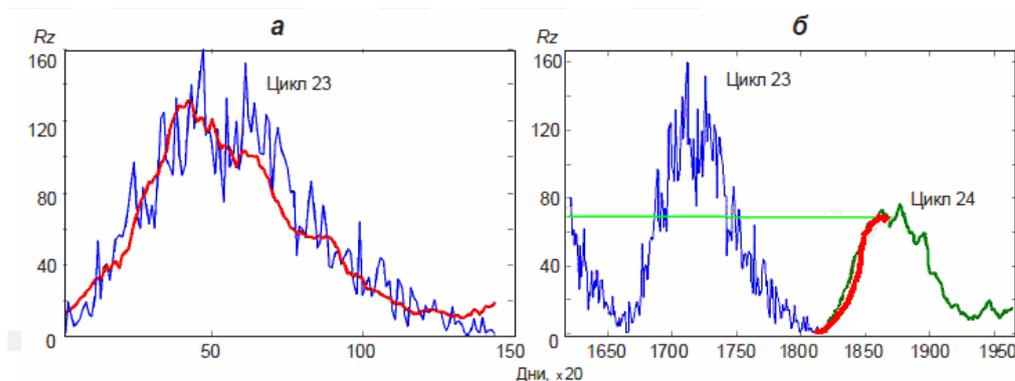
Проект предполагает создание сети малых станций на поверхности Марса. Базисной основой исследования является метеорологический комплекс для исследования атмосферы Марса и приборы по исследованию аэрозоля и локального магнитного поля планеты.

4.3 Достижения в области гелиобиофизики

4.3.1 Моделирование 23 и прогноз 24 цикла солнечной активности

Осуществлялось нелинейное ретроспективное предсказание (моделирование) 23 цикла и прогнозирование 24 цикла солнечной активности с помощью специально сконструированной нейронной сети NATRE (Neuron with Adaptive Turn of Restricting Ellipsoid), конструкция которой радикально отличается от используемых в прогнозировании до сих пор. При обучении этой сети осуществляется неитеративная оптимизация весов, что исключает попадание в случайный локальный минимум. Сеть осуществляет построение локальной метрики, которая позволяет снизить эффективный шум обучающей выборки путем оптимизации локальной топологии ближайших соседей.

Прогноз дает удовлетворительное предсказание 23-го цикла, сделанный по всему исходному ряду циклов (рис. а). Хорошее соответствие исходного и предсказанного в 23-м цикле позволяет ожидать, что прогноз 24-го цикла, сделанный также по всему исходному ряду циклов, включая 23-й - надежен (рис.б). Он дает хорошее соответствие между предсказанными и реальными значениями чисел Вольфа R_z вплоть до максимума. Предсказанный максимум 24 цикла имеет амплитуду 70 и начинается в апреле 2012г. Реальные значения чисел Вольфа в максимуме составляют 69.7, и он соответствуют февралю-марту 2012г.



- а) Модельный прогноз 23-го цикла СА (красная кривая – прогноз, синяя - реальность)
 б) Прогнозирование 24-го цикла СА (синяя кривая – фрагмент обучающей выборки, зеленая – прогноз, красная – реальные данные, сглаженные полугодовым окном)

4.3.1 Эффекты влияния геомагнитных возмущений на функциональное состояние человека в космическом полете

Впервые выявлены эффекты воздействия геомагнитных возмущений на регуляцию сердечного ритма и сосудистый тонус космонавтов во время одного месяца, шести месяцев полета на КА «СОЮЗ» и станции «МИР» и при посадке во время завершения экспедиций. Эффект выражается в нарушении вегетативного баланса, а именно возникновении неспецифической реакции адаптационного стресса (возрастании ЧСС, снижении вариабельности ритма– стабилизации пульса, возникновение аритмий), а также в напряжении сосудистого тонуса типа метеотропных реакций. Результаты имеют фундаментальное значение – так как впервые выявлен и подтвержден характер реакции человеческого организма в стрессе (невесомости) на воздействие слабых переменных электромагнитных полей естественного происхождения, а также и прикладное значение для профилактики космических продолжительных полетов и условий возвращения на Землю.

д.ф.-м.н., г.н.с. Бреус Т.К., breus36@mail.ru

Работа выполнена совместно с ИМБП

V.A. Ozheredov, T.K. Breus, V.N. Obridko, Forecast of the total solar activity cycle 24 by several autoregressive methods and by the precursor method

Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, Vol.48 #7 pp.711-723, 2012

Tamara K. Breus, Roman M. Baevskii, Anna G. Chernikova Effects of geomagnetic disturbances on human functional state in space flight, J. Biomedical Science and Engineering, 2012, 5, 341-355 JBiSE doi:10.4236/jbise.2012.56044 Published Online June 2012

[\(http://www.SciRP.org/journal/jbise/\)](http://www.SciRP.org/journal/jbise/)

4.4 Разработка гетеродинного спектрометра сверхвысокого разрешения инфракрасного диапазона

В кооперации с МФТИ, ИОФ РАН им. А.М.Прохорова и МГУ продолжены работы по созданию гетеродинного спектрометра сверхвысокого разрешения ближнего и среднего инфракрасного диапазона «ИВОЛГА» на основе перестраиваемого диодного лазера и оптоволоконного совмещения излучения локального осциллятора с аналитическим каналом. Впервые получен спектр линии поглощения метана в атмосфере Земли в полосе 1.65 мкм с полностью разрешенным контуром. Измерения проведены на квантовом пределе чувствительности. Впервые экспериментально измерен гомодинный шум некогерентного широкополосного излучения. Получен патент на устройство компактного недорогого спектрометра, который может применяться на борту ИСЗ и межпланетных

космических аппаратов, а также существенно расширить возможности построения наземной сети мониторинга парниковых газов TCCON.

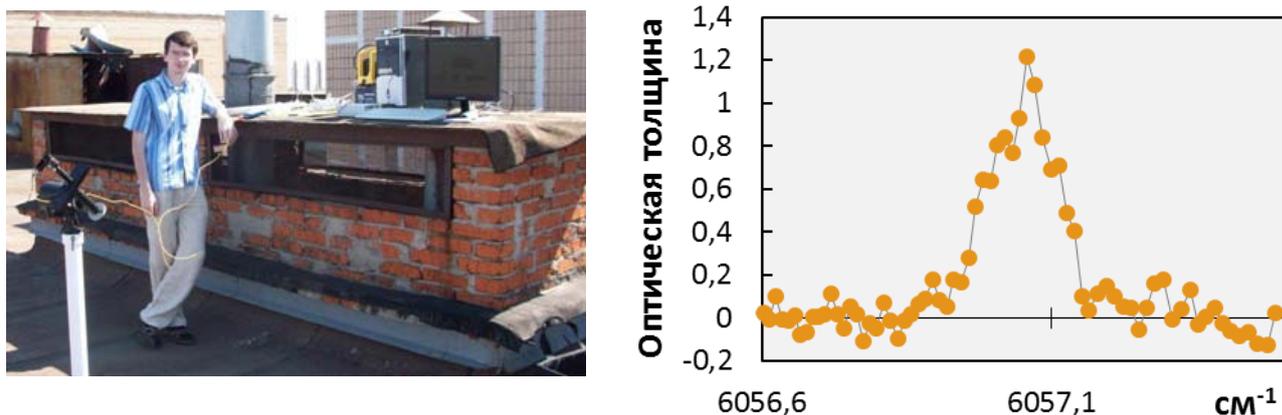


Рис. 4.1 (а) Макет гетеродинного спектрометра сверхвысокого разрешения ближнего ИК диапазона; (б) Линия метана с разрешенным доплеровским ядром, формирующимся в стратосфере.

С целью решения проблемы повышения эффективной апертуры ввода излучения в одномодовое оптическое волокно, являющееся принципиальным элементом спектрометра, разработано устройство на основе асферического микрорезонатора на моде шепчущей галереи. Получен предварительный результат 50 мкВт при входной мощности широкоапертурного источника около 1 Вт, что соответствует превышению геометрического предела апертуры волокна приблизительно на 2 порядка величины.



Рис. 4.2. Сборка микрорезонатора (большая полуось около 1 мм), сопряженным с одномодовым оптическим волокном через эванесцентную волну ближнего поля. Задача освоения среднего инфракрасного диапазона, для которого одномодовые волокна отсутствуют, привела к необходимости разработки интерирированных волноводных систем, которые обладали бы теми же возможностями, что и одномодовые оптические волокна. Проведены расчеты распределения электромагнитных полей одномодового планарного каплера на основе кремния на сапфировой подложке, обеспечивающего смешение сигнала с локальным осциллятором в пропорции 95:5

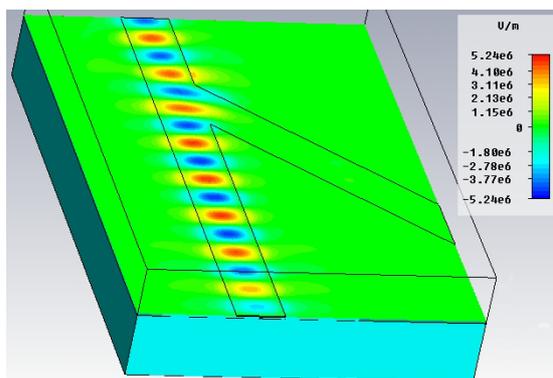


Рис. 4.3. Пример расчета распространения электромагнитной волны в одномодовом планарном волноводе гетеродинного спектрометра из кремния на сапфировой подложке. Допустимый диапазон длин волн 3-11 мкм.

А.В.Родин, И.А.Надеждинский, А.Ю.Климчук, О.В.Бендеров, М.Л.Городецкий, А.И.Игнатов

А.Ю.Климчук, И.А.Надеждинский, Я.Я.Понуровский, Ю.П.Шаповалов, А.В.Родин. О возможности построения гетеродинного спектрометра сверхвысокого разрешения в ближнем инфракрасном диапазоне на перестраиваемом диодном лазере. Квантовая электроника, т. 42, № 3, с. 244-249, 2012.