

### III. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПО ПРОЕКТАМ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 Проекты в стадии реализации

##### **Детектор нейтронов высоких энергий ХЕНД для КА НАСА «2001 Марс Одиссей» (шифр – МСП-2001).**

Заказчик – Федеральное космическое агентство.

Цель проекта: Детектор быстрых нейтронов ХЕНД является российским экспериментом в составе гамма спектрометрического комплекса GRS космического аппарата НАСА «Марс Одиссей» (США). Научная цель эксперимента ХЕНД – исследование потоков нейтронов образующихся в верхнем слое грунта Марса под действием космических лучей для поиска воды и обеспечения обработки данных гамма спектрометра GRS. Космический аппарат «Марс Одиссей» запущен 7 апреля 2001 г.

Руководитель: д.ф.м.н. Митрофанов И.Г., тел.: (495) 333-3489, [imitrofa@space.ru](mailto:imitrofa@space.ru)

Выполнено: Обеспечено управление экспериментом ХЕНД и обработка данных измерений. Все системы аппаратуры ХЕНД работают штатно. После официального окончания срока 3-й продленной миссии работа прибора ХЕНД продлена «до отказа». Данные измерений обрабатываются и размещаются в базе данных «Планета» ИКИ РАН и также в международный архив данных PDS.

##### **Бортовой телескоп нейтронов БТН-М1 на борту Международной космической станции (шифр БТН-НЕЙТРОН).**

Заказчик – РКК «Энергия» им. С.П. Королева. Работы по изготовлению аппаратуры БТН-М1 для эксперимента были выполнены в ИКИ РАН по контракту с РКК «Энергия» № 828 от 15.03.2002 г. в рамках темы Роскосмоса «МКС-Наука». Работы по сопровождению эксперимента, управлению аппаратурой БТН-М1 и обработке данных выполнялись в ИКИ РАН по контракту с РКК «Энергия» № 1173 от 15.10.2007 г. в рамках темы Роскосмоса «МКС-Эксперименты».

Цель проекта: Целями этого эксперимента «БТН-Нейтрон» являются исследование с борта Служебного Модуля Российского Сегмента Международной Космической Станции вторичного нейтронного излучения верхней атмосферы Земли под воздействием энергичных заряженных частиц в магнитосфере; исследование нейтронной компоненты солнечных вспышек; исследование нейтронной компоненты радиации на борту МКС.

Руководитель: д.ф.м.н. Митрофанов И.Г., тел.: (495) 333-3489, [imitrofa@space.ru](mailto:imitrofa@space.ru)

Выполнено: За весь период работы аппаратура БТН-М1 функционирует штатно без замечаний, все параметры находятся в допустимых пределах. Научные данные в сеансах связи с МКС поступают в базу данных наземного сегмента эксперимента «БТН-Нейтрон» в ЦУП-М и передаются в ИКИ РАН для обработки.

##### **«Лунный исследовательский нейтронный детектор» (ЛЕНД) для орбитального КА НАСА «Лунный разведывательный орбитер» (шифр – МСП-2001).**

Заказчик – Федеральное космическое агентство.

Цель проекта: Нейтронный телескоп «Лунный исследовательский нейтронный детектор» (ЛЕНД) является российским экспериментом в составе научной аппаратуры лунного орбитального КА НАСА «Лунный разведывательный орбитер» (ЛРО). Научная цель эксперимента ЛЕНД – исследование потоков нейтронов образующихся в верхнем слое грунта Луны под действием космических лучей для изучения распределения водяного льда и исследование радиационной обстановки на орбите около Луны.

Руководитель: д.ф.м.н. Митрофанов И.Г., тел.: (495) 333-3489, [imitrofa@space.ru](mailto:imitrofa@space.ru)

Выполнено: Завершены разработка, изготовление, испытания и выполнена поставка в НАСА летного образца аппаратуры ЛЕНД для миссии ЛРО. После старта 18 июня 2009 года космического аппарата ЛРО с прибором ЛЕНД на борту к Луне по настоящее время

все системы аппаратуры ЛЕНД работают штатно. В настоящее время обеспечено управление прибором ЛЕНД и обработка данных научных измерений и мониторинга телеметрии. Данные телеметрии и научных измерений обрабатываются и размещаются в базе данных ИКИ РАН и НАСА PDS. На основе обработки данных эксперимента ЛЕНД совместно с данными других экспериментов установлены закономерности распределения водяного льда в приповерхностном слое грунта Луны в приполярных областях

**Российский нейтронный детектор ДАН** стартовал к Марсу 26 ноября 2011г. в 19-02 по московскому времени с космодрома на мысе Канаверал стартовала ракета-носитель Atlas V с научно-исследовательской автоматической станцией Mars Science Laboratory («Марсианская научная лаборатория», сокращенно MSL, НАСА). Станция должна доставить на поверхность Марса марсоход «Кьюриосити» (по-английски Curiosity – «любопытство»), в состав научной аппаратуры которого входит [российский прибор ДАН](#), разработанный в Институте космических исследований Российской академии наук по заказу Федерального космического агентства. Основная цель проекта MSL состоит в проверке гипотезы о возможности существования на раннем или современном Марсе примитивных форм жизни. Участие России в проекте предусмотрено Исполнительным соглашением между Федеральным космическим агентством (Роскосмосом) и НАСА.

На борту марсохода установлен российский нейтронный спектрометр ДАН. Нейтронный спектрометр ДАН (сокращение от «Динамическое альbedo нейтронов») разработан в лаборатории космической гамма-спектроскопии ИКИ РАН под руководством д.ф.-м.н. Игоря Митрофанова. Прибор предназначен для поиска залежей воды в приповерхностном слое марсианского грунта с помощью активного нейтронного «зондирования» поверхности.

В 2013 году продолжался космический эксперимент ДАН на борту марсохода НАСА Кьюриосити. Прибор ДАН работает на поверхности Марса уже более 15 месяцев, полное число нейтронных импульсов составило 1.9 миллиона, замечаний к аппаратуре нет. Выполнено 270 сеансов измерений состава марсианского грунта вдоль трассы движения марсохода с активным зондированием поверхности Марса импульсами от нейтронного генератора. Проведен совместный анализ результатов активного нейтронного зондирования вещества поверхности кратера Гейла прибором ДАН с борта марсохода и данных орбитальных измерений собственного нейтронного излучения Марса другим российским прибором ХЕНД на борту спутника Марса «Марс Одиссей».

Более подробно: <http://1503.iki.rssi.ru/instruments.html>

**«ИНТЕГРАЛ» Международная обсерватория гамма-лучей**  
(<http://integral.rssi.ru/>)

Международная обсерватория гамма-лучей ИНТЕГРАЛ была выведена на высокоапогейную орбиту в 2002 году российской ракетой-носителем ПРОТОН В обмен на запуск космического аппарата российские ученые получили право на ~25% научных данных миссии, доступность которых обеспечивает Российский Центр Научных Данных (РЦНД) проекта ИНТЕГРАЛ, организованный в Институте Космических Исследований. С момента создания РЦНД его сотрудники ведут активную работу по адаптации существующего и разработке нового математического обеспечения миссии, занимаются распространением информации о предстоящем проекте среди российской научной общности.

За этот период работы на орбите космическая обсерватория ИНТЕГРАЛ накопила огромный массив наблюдательных данных, что позволило приступить к решению задач, требующих больших экспозиций.

В 2013 году было продолжено получение научных и калибровочных данных из Европейского центра научных данных обсерватории ИНТЕГРАЛ, их архивирование и распределение наблюдателям, поддержание необходимого интерфейса. Проведено дооборудование учебного класса и технической базы архива данных. Велось оказание помощи в работе с данными, организация широкополосных наблюдений, совместных с наблюдениями обсерватории ИНТЕГРАЛ.

### **Эксперименты ОМЕГА, СПИКАМ, ПФС на космическом аппарате ЕКА «Марс Экспресс»**

КА «Марс Экспресс» вышел на орбиту планеты 25 декабря 2003г. В 2013 г отмечалось 10 лет с даты запуска с космодрома Байконур европейского космического аппарата «Марс Экспресс» с комплексом научной аппаратурой для исследования атмосферы, поверхности и климата планеты Марс.

В составе этого комплекса продолжают функционировать спектрометрические приборы, разработанные с российским участием. В рамках Федеральной космической программы были изготовлены важные элементы трех приборов спутника. В ИКИ РАН изготовлены входная оптика и сканер картирующего спектрометра ОМЕГА, детекторы и калибровочное оборудование для Фурье-спектрометра ПФС и инфракрасный канал универсального спектрометра СПИКАМ. Три эксперимента с российским участием в целом функционируют номинально; за десять лет работы некоторые каналы приборов вышли из строя. В процессе работы производилась оперативная оценка технического состояния и проверка функционирования научных приборов на КА «Марс Экспресс» и планирование наблюдений. Работа КА «Марс Экспресс» на орбите продлена до конца 2014г.

По результатам проекта более 10 российских ученых отмечены юбилейными сертификатами Европейского Космического Агентства за вклад в осуществление и успех этой миссии.

Руководитель: д. ф.-м. н. Кораблев О.И., [korab@iki.rssi.ru](mailto:korab@iki.rssi.ru)

*Korablev, O., et al., 2013. Characterization of the stray light in a space borne atmospheric AOTF spectrometer. Optics Express. 21, 18354-18360.*

### **Эксперименты СПИКАВ–SOIR, ПФС на космическом аппарате ЕКА «Венера Экспресс»**

КА «Венера Экспресс» запущен при помощи носителя «Союз-Фрегат» 9 ноября 2005 г. КА вышел на орбиту Венеры 11 апреля 2006г., сразу же были начаты научные наблюдения Венеры. Ожидается, что работа КА может быть продолжена до июля-августа 2014г. Таким образом, проект «Венера Экспресс» вступил в завершающую стадию.

Россия, в рамках Федеральной космической программы, поставила важные элементы двух приборов спутника Венеры. В ИКИ РАН изготовлены детекторы и калибровочное оборудование для Фурье-спектрометра ПФС и инфракрасный канал универсального спектрометра СПИКАВ. Приборы являются аналогами приборов ПФС и СПИКАМ на КА «Марс Экспресс», адаптированными для исследования Венеры. В дополнение к совместному прибору СПИКАВ (Россия, Франция, Бельгия) по предложению российских ученых установлен и успешно построен в кооперации с Бельгией и Францией прибор на новых принципах СУАР – эшелле-спектрометр высокого разрешения.

Продолжены наблюдения и планирование экспериментов. Два канала Российско-Франко-Бельгийского комплекса СПИКАВ-СУАР функционируют нормально, постоянно получают данные высокого качества. Как и в проекте Марс-Экспресс наблюдается постепенная деградация ПЗС-матрицы УФ-спектрометра СПИКАВ (Франция), однако наблюдения с помощью этого канала продолжаются. Наблюдения Венеры прибором ПФС не проводятся с начала проекта из-за неисправности сканера.

В процессе работы производилась оперативная оценка технического состояния и проверка функционирования научных приборов на КА «Венера Экспресс». Выполняется анализ спектральной информации полученной приборами, уточнены режимы и график их работы, проводились дополнительные калибровки (Korablev et al 2012).

Руководитель: д. ф.-м. н. Кораблев О.И., [korab@iki.rssi.ru](mailto:korab@iki.rssi.ru)

*Korablev, O., et al., 2012a. SPICAV IR acousto-optic spectrometer experiment on Venus Express. Planetary and Space Science. 65, 38-57.*

#### **Мессбауэровский спектрометр. Работа по проекту «Mars Exploration Rovers»**

Один из двух марсоходов NASA проекта MER («Opportunity») продолжает работу на поверхности Марса (Полуденная равнина) уже в течении почти десяти лет. Мессбауэровский спектрометр, разработанный при участии специалистов ИКИ РАН, находится в рабочем состоянии, однако естественная деградация радиоактивного источника Co-57 (период полураспада ~270 дней) не позволяет проводить научные измерения.

Руководитель: к. ф.-м. н. Родионов Д. С., [rodionov@iki.rssi.ru](mailto:rodionov@iki.rssi.ru)

#### **Экспериментальное исследование природы высотных молний и сопутствующих им процессов в атмосфере и ионосфере Земли на микроспутнике «Чибис-М» (запуск 2012 г).**

В проекте исследуются физические процессы при атмосферных грозовых разрядах методом детального количественного сопоставления различных теорий высотного молниевых разряда с результатами регистрации вспышек оптического, электромагнитного, рентгеновского и гамма излучений в области грозовых центров с помощью установленного на микроспутнике «Чибис-М» КНА «Гроза». Используется вариант регистрации молниевых разрядов по триггеру радиочастотного анализатора РЧА. Этот вариант является одним из 6-ти заложенных в программу работы КНА «Гроза». За прошедшие 22 месяца работы «Чибис-М» зарегистрировано несколько сотен срабатываний триггера, из них более сотни, связанных с короткими и мощными грозовыми разрядами, также регистрируемых прибором ДУФ. Наземный сегмент проекта «Чибис-М» обеспечивает информационную поддержку задач управления полетом, а также распределения, обработки и архивация научной телеметрической информации.

#### **Радиочастотный анализатор (РЧА). Участие в микроспутнике «Чибис-М»**

Обработка результатов прибора «Гроза». Задача эксперимента исследование высокоатмосферных гроз, выявление их природа и систематизация явления. Идет обработка данных с прибора.

Научный руководитель эксперимента: Готлиб В.М., [gotlib@iki.rssi.ru](mailto:gotlib@iki.rssi.ru)

#### **Определение электромагнитных параметров среднеширотной и приэкваториальной ионосферы с помощью измерений в космическом эксперименте «Обстановка 1-й этап» на Российском сегменте МКС (ввод в действие 2013 г).**

Электромагнитными параметрами, измеряемыми плазменно-волновым комплексом (ПВК, состоящий из комплектов КВД1 и КВД2) в космическом эксперименте «Обстановка 1-й этап» (<http://www.cosmos.ru/obstanovka/news.htm>) на Российском сегменте МКС (РС МКС), являются:

- 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 В в диапазоне 0.01-40 кГц (две компоненты) – приборы КВ31, КВ32, ШАШЗ;
- спектральная плотность флуктуаций плотности тока J в диапазоне 0.01-40 кГц (две компоненты) - приборы КВ31, КВ32, ШАШЗ;
- спектральная плотность электрической компоненты электромагнитных излучений Е в диапазоне 0.01-40 кГц (одна компонента) - приборы КВ31, КВ32, ШАШЗ;
- вектор напряженности постоянного магнитного поля В (+/- 50000 нТл) и его флуктуации до 100Гц – приборы ДФМ1, ДФМ2;
- вектор напряженности квазистационарного электрического поля Е (+/- 10 В/м) и градиент поля ΔЕ (10-200 мВ/м) по нормали к поверхности ОС – приборы ДП1, ДП2;
- потенциал "земляной" точки ОС относительно плазмы φ (0-200 В) – приборы ДП1, ДП2;
- параметры тепловой и низкоэнергичной плазмы  $N_e$ ,  $N_i$ ,  $T_e$ ,  $T_i$  – приборы ЗЛ1, ЗЛ2;
- спектры электронов в диапазоне энергий 10эВ – 10кэВ – прибор КОРЕС.

Измерение части вышеуказанных параметров началось 23 апреля 2013г., когда от служебных систем РС МКС электропитание поступило только на комплект КВД1 (КВ31, ДФМ1, ДП1, ЗЛ1, ШАШЗ). В период до конца сентября 2013г. производились кратковременные сбросы на Землю телеметрической информации (ТМИ). После проведения на борту РС МКС ряда технических мероприятий, в том числе с участием российских космонавтов, 02 октября 2013г. было осуществлено включение всей аппаратуры ПВК, в том числе полное раскрытие антенн прибора РЧА.

#### **Продолжение работы с комплексом ПЛАЗМА-Ф на спутнике «Спектр-Р» (запуск 2011 г.)**

Продолжалась начатая в 2011 г. работа с российско-чешским прибором БМСВ, словацко-российским прибором МЭП и российским прибором ССНИ-2 в составе эксперимента «Плазма-Ф» на высокоапогейном спутнике «Спектр-Р»:

- планирование режимов работы спутника на различных участках его орбиты,
- получение данных экспресс- обработки и выдача заключений о состоянии приборов
- отбор наиболее интересных интервалов времени для последующего воспроизведения полного объема записанной в системе ССНИ-2 научной информации;
- проведение первичной обработки полного объема данных воспроизведения информации
- выборочное проведение вторичной (физической) обработки данных
- ведение архива эксперимента

#### **Методика определения ориентации посадочного аппарата РНЛАЕ на поверхности кометы Чурюмова-Герасименко.**

Предварительно определена программа работы прибора РОМАП на поверхности кометы. Разработана программа (методика) определения ориентации посадочного аппарата РНЛАЕ по показаниям плазменных спектрометров прибора РОМАП (Рис.) и дальнейшего корректирования этой ориентации для достижения максимальной освещенности солнечных панелей.

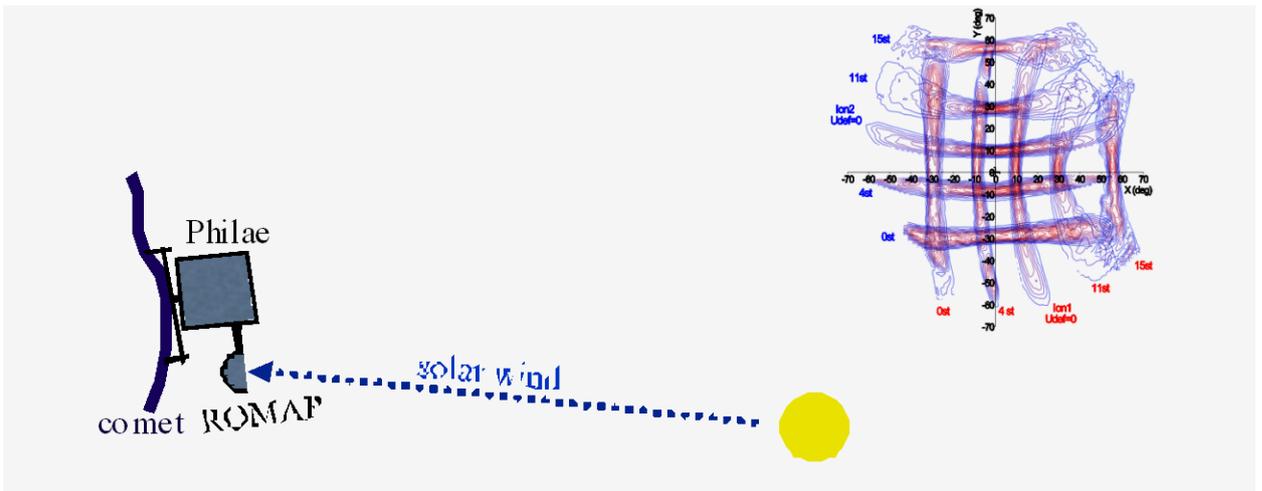


Рис. Схематическое представление положения эксперимента РОМАП и посадочного аппарата Philae на поверхности кометы, и диаграмма направленности различных секторов эксперимента, используемых для определения ориентации Philae.

I. Apáthy, U. Auster, G. Berghofer, A. Remizov, M. Hilchenbach, ROMAP post hibernation Operation, доклад на рабочей группе по проекту РОЗЕТТА Philae SWT October 29-31, 2012, Seggau Castle.

Ремизов А.П., с.н.с., [remizov@iki.rssi.ru](mailto:remizov@iki.rssi.ru)