

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

#### 3.1 Проекты в стадии реализации

##### **3.1.1 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). Прибор разработан в отделе “Ядерной планетологии” ИКИ РАН под руководством д.ф.-м.н. И.Г. Митрофанова.

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. Все системы аппаратуры ХЕНД работают штатно. Данные измерений обрабатываются и размещаются в базе данных «Планета» ИКИ РАН и также в международный архив данных PDS.

##### **3.1.2. 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» No 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» No 1173 от 15.10.2007 г. в рамках темы Роскосмоса «МКС-Эксперименты». Прибор БТН-М1 разработан в отделе “Ядерной планетологии” ИКИ РАН под руководством д.ф.-м.н. И.Г. Митрофанова.

Целями 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. За весь период работы в 2007 года 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.

##### **3.1.3 Лунный исследовательский нейтронный детектор (ЛЕНД)** для орбитального космического аппарата НАСА «Лунный разведывательный орбитер».

Заказчик – Федеральное космическое агентство. Телескоп «Лунный исследовательский нейтронный детектор» (ЛЕНД) является российским экспериментом в составе научной аппаратуры лунного орбитального КА НАСА «Лунный разведывательный орбитер» (ЛРО). Прибор разработан в отделе “Ядерной планетологии” ИКИ РАН под руководством д.ф.-м.н. Игоря Митрофанова. 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.

После старта 18 июня 2009 года космического аппарата ЛРО 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.

### **3.1.4 Российский активный нейтронный детектор ДАН**

Прибор включен в состав марсохода «Кьюриосити» проекта НАСА Mars Science Laboratory (MSL). Основная цель проекта MSL состоит в проверке гипотезы о возможности существования на раннем или современном Марсе примитивных форм жизни. Прибор ДАН предназначен для поиска залежей воды в приповерхностном слое марсианского грунта с помощью активного нейтронного «зондирования» поверхности. Прибор ДАН работает на поверхности Марса с августа 2012 года, замечаний к аппаратуре нет. Выполнено около 600 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».

### **«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 общественности.

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

В 2015 году было продолжено получение научных и калибровочных данных из Европейского центра научных данных обсерватории ИНТЕГРАЛ, их архивирование и распределение наблюдателям, поддержание необходимого интерфейса. 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»**

Европейский космический аппарат «Марс Экспресс» запущен с космодрома Байконур в июне 2003г. Научные наблюдения ведутся с января 2004г. В январе 2015 г исполнилось 11 лет с начала работы комплекса научной аппаратуры для исследования поверхности, атмосферы и климата планеты Марс на борту спутника.

В составе этого комплекса продолжают функционировать спектрометрические приборы, разработанные с российским участием. В рамках Федеральной космической программы 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. Все три эксперимента с российским участием в целом функционируют номинально; отмечены некоторые недочеты, связанные с многократным превышением запланированного ресурса работы.

Аппаратура приборов ПФС и СПИКАМ на КА «Марс Экспресс», созданная в России, работает без замечаний на орбите вокруг Марса 11 лет и 11 мес. Российский сканер прибора ОМЕГА работает с небольшими ограничениями по тепловому режиму, не влияющими на качество получаемых научных результатов. Сроки функционирования аппаратуры перекрыты более чем в 5 раз.

В процессе работы производилась оперативная оценка технического состояния и проверка функционирования научных приборов на КА «Марс Экспресс» и планирование наблюдений. Идет накопление и обработка длинных рядов измерений. Так, по данным ИК-канала прибора СПИКАМ опубликованы результаты многолетнего мониторинга водяного цикла Марса за 5 марсианских лет [Trokhimovsky et al., 2015].

В ноябре 2014 Комитет научных программ ЕКА (SPC) продлил работу КА Марс Экспресс на орбите до конца 2016г. В связи с тем, что КА находится в хорошем состоянии и сохраняют достаточный резерв топлива для разгрузки гиродинов, и большинство приборов сохраняют работоспособность, ожидается продолжение работы КА до конца 2018г. Следующее рассмотрение проекта Комитетом научных программ планируется в середине 2016г.

### **Эксперименты СПИКАВ–СУАР, 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., и сразу же были начаты научные наблюдения Венеры. В 2013 г проводились эксперименты по снижению перицентра орбиты спутника с помощью азротороможения. В 2014г оценки запасов топлива показали, что проект входит в завершающую стадию. Работа научной аппаратуры продолжалась до ноября 2014г; а в январе 2015г был проведен последний сеанс связи с КА.

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.

Два канала Российско-Франко-Бельгийского комплекса СПИКАВ-СУАР функционировали номинально до самого конца миссии, обеспечивая данные высокого качества. Наблюдений Венеры прибором ПФС не проводилось с начала проекта из-за неисправности сканера. Часть научных задач прибора ПФС выполнена картирующим спектрометром ВИРТИС в котором российские ученые принимают участие в качестве соисследователей. С 2008г один из

каналов спектрометра ВИРТИС прекратил работу из-за неисправности криогенного охладителя. Часть его задач выполнялась российским ИК-каналом прибора СПИКАВ.

В процессе работы производилась оценка технического состояния и проверка функционирования научных приборов на КА «Венера Экспресс». Выполняется анализ спектральной информации полученной приборами в течение 2014г. В 2013г Международный институт космических наук в Швейцарии (ISSI) в результате конкурсного отбора выбрал три связанные между собой исследования международных команд по результатам длительных наблюдений Венеры в рамках проекта. Российские исследователи широко представлены в этих группах. В 2015г опубликованы основные результаты анализа в этих группах. Большое количество статей опубликовано также в специальном выпуске журнала Planetary and Space Science (Exploration of Venus; Volumes 113-114, 2015).

Продолжалась обработка и архивация данных проекта и российских приборов для последующего использования мировым научным сообществом.

#### **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.

#### **Звездные датчики**

1. Звездные датчики в составе КА Ресурс-ДК – 9 лет в эксплуатации
2. Звездные датчики в составе КА Ресурс-П – 2 года в эксплуатации
3. Звездные датчики в составе КА Аист-2
4. Звездные датчики в составе КА Ресурс-П №2 – 1 год в эксплуатации
5. Звездные датчики в составе МКС – 15 лет в эксплуатации
6. Съёмочные системы и звездные датчики в составе КА Метеор-М №1 – 6 лет в эксплуатации
7. Съёмочные системы и звездные датчики в составе КА Метеор-М №2 – 1,5 года в эксплуатации