

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.

В 2014 году по данным эксперимента ХЕНД подготовлена и отправлена в печать 1 статья:

D.D.Morgan et al., Effects of a strong ICME on the Martian ionosphere as detected by Mars Express and Mars Odyssey, *Journal of Geophysical Research*, v. 119, p. 589.

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 обработки 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.

В 2014 году по данным эксперимента БТН-М1 подготовлена и отправлена в печать 1 статья:

М.Л.Литвак и др. Нейтронная компонента радиационного фона на борту МКС по данным эксперимента БТН-М1, *Космические исследования*.

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.

В 2014 году по данным эксперимента ЛЕНД подготовлены и отправлены в печать 2 статьи:

- 1) И.Г.Митрофанов и др., Вода в полярных областях Луны: результаты исследований с нейтронным телескопом ЛЕНД на борту лунного спутника НАСА ЛРО, *Доклады Академии наук*.
- 2) M.L.Litvak et al., The variations of neutron component of lunar radiation background from LEND/LRO observations, *Planetary and Space Science*.

3.1.4 Российский активный нейтронный детектор ДАН включен в состав марсохода «Кьюриосити» проекта НАСА Mars Science Laboratory (MSL).

Заказчик – Федеральное космическое агентство. Нейтронный спектрометр ДАН (сокращение от «Динамическое альbedo нейтронов») разработан в отделе “Ядерной планетологии” ИКИ РАН под руководством д.ф.-м.н. И.Г. Митрофанова. 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».

В 2014 году по данным эксперимента ДАН подготовлены и отправлены в печать 7 статей:

- 1) И.Г.Митрофанов и др. Изучение содержания воды в грунте на дне марсианского кратера Гейл: первые результаты эксперимента ДАН на борту марсохода НАСА «Кьюриосити», *Доклады Российской академии наук*.

- 2) I.G.Mitrofanov et al., Water and chlorine content in the Martian soil along the first 1900 m of the Curiosity rover traverse as estimated by the DAN instrument, *Journal of Geophysical Research*, v.119, p. 1579.
- 3) M.L.Litvak et al., Local variations of bulk hydrogen and chlorine-equivalent neutron absorption content measured at the contact between the Sheepbed and Gillespie Lake units in Yellowknife Bay, Gale Crater, using the DAN instrument onboard Curiosity, *Journal of Geophysical Research*, v.119, p.1259.
- 4) K.A.Farley et al., In Situ Radiometric and Exposure Age Dating of the Martian Surface, *Science*, v.343E, 386H.
- 5) D.M.Hassler et al., Mars'; Surface Radiation Environment Measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity Rover, *Science* v.343D, 343C.
- 6) S.M.McLennan et al., Elemental Geochemistry of Sedimentary Rocks at Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars, *Science* v.343C, 343M.
- 7) D.T.Vaniman et al., Mineralogy of a Mudstone at Yellowknife Bay, Gale Crater, Mars, *Science* v.343B, 343V.

«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 2014 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 широковолновых наблюдений, совместных с наблюдениями обсерватории ИНТЕГРАЛ.

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

Аппаратура приборов ПФС и СПИКАМ на КА «Марс Экспресс», созданная в России, работает без замечаний на орбите вокруг Марса 10 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. По результатам проекта в 2012-2014гг российскими участниками опубликовано более 20 статей в рецензируемых научных журналах. Общий объем рецензируемых публикаций по проекту свыше 100. По материалам проекта защищена 1 докторская и 1 кандидатская диссертации, подготовлены 2 кандидатские диссертации.

Управление КА «Марс Экспресс» продлено до конца 2016, и ожидается продолжение работы до 2018г.

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

Аппаратура прибора СПИКАВ на КА «Венера Экспресс» работает без замечаний на орбите вокруг Венеры 8 лет и 8 месяцев.

По результатам наблюдений получен большой объем научной информации, проведена ее обработка и интерпретация. По результатам проекта в 2012-2013гг российскими участниками опубликовано более 25 статей в рецензируемых научных журналах. Общий объем рецензируемых публикаций по проектам российскими участниками превышает 100. По материалам проекта защищена 1 докторская и 2 кандидатских диссертации, подготовлена 1 докторская диссертация.

Одобрено управление КА «Венера Экспресс» в течение 2015г. Ожидается, что в течение этого года закончится срок активного существования КА.

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

Работа проводилась с целью исследования характеристик высотных атмосферных грозных разрядов, получения данных и последующего анализа для определения физических процессов их вызывающих. Работа проводилась с помощью комплекса научной аппаратуры «Гроза» на микроспутнике «Чибис-М». Работа проводилась с января 2012г. по октябрь 2014г. Приборы позволяли регистрировать радио, оптическое и гамма излучение высотного разряда в поле зрения аппаратуры. Было зарегистрировано большое количество коротких молниевых разрядов (порядка 1000), порожденных внутриоблачной электризацией. Характер этих разрядов имеет дискретную структуру в виде короткого по времени (единицы микросекунд) и ограниченного по частоте радишума. При определенных условиях происходит перкаляционный процесс межоблачного пробоя. Важно определить источники вызывающие накопление зарядов и спусковой механизм перкаляционного процесса.

К настоящему времени данные находятся в стадии обработки и изучения, получены первые научные результаты. Ниже на рисунке приведен один их примеров спектрограммы радиоизлучения, полученный от прибора РЧА научного комплекса Гроза.

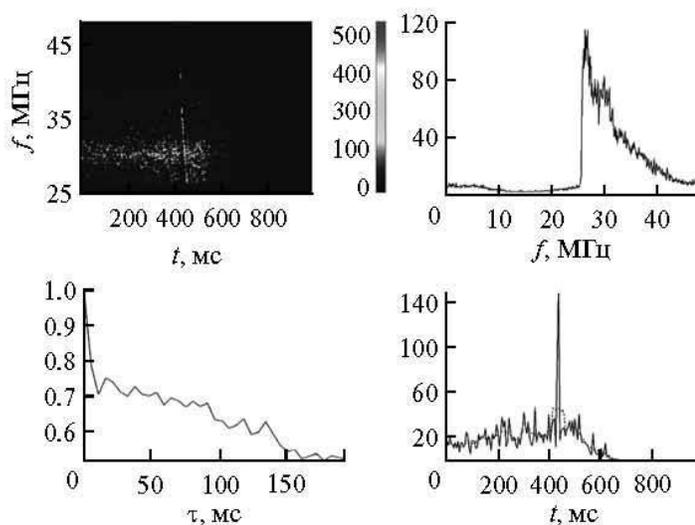


Рис. 6. Прибор РЧА. Пример молниевых разряда 9.V.2012, 11.29.08 UT. Спектрограмма (верхняя панель слева), спектр (верхняя справа), автокорреляция (нижняя слева) и временной сигнал в частотной полосе прибора (нижняя справа).