

# ЛОВУШКА ДЛЯ НЕЙТРОНОВ

## КАК ПРОТИВОСТОЯТЬ РАДИАЦИИ В КОСМОСЕ

Игорь МАРИНИН

**В РАМКАХ ЭКСПЕРИМЕНТА «БТН-НЕЙТРОН» НА ОРБИТАХ ВОКРУГ МАРСА И ЗЕМЛИ С 2007 г. РАБОТАЮТ ДВА РОССИЙСКИХ ДЕТЕКТОРА, С ПОМОЩЬЮ КОТОРЫХ УЧЕНЫЕ НАБЛЮДАЮТ ЗА ГАЛАКТИЧЕСКИМИ И СОЛНЕЧНЫМИ КОСМИЧЕСКИМИ ЛУЧАМИ, А ТАКЖЕ ОБРАЗУЕМЫМИ ИМИ НЕЙТРОННЫМИ ПОТОКАМИ. ДАННЫЕ ПОЗВОЛЯТ ПОСТРОИТЬ КАРТЫ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ НА ТРАССАХ ОКОЛОЗЕМНЫХ И МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПОЛЕТОВ.**

Космическое пространство – одна из наиболее агрессивных сред для человеческого организма. Воздействие солнечных и космических лучей, радиации, огромные перепады температуры, невесомость заставляют искать все новые способы защиты здоровья космонавтов.

Некоторое время назад ученые обнаружили еще одну проблему. Дело в том, что протоны солнечных и галактических космических лучей, попадая на поверхность космических аппаратов, сталкиваются с ядрами различных материалов и выбивают из них «быстрые» нейтроны. Эти частицы, в свою очередь, сталкиваясь с ядрами материалов, теряют часть энергии и становятся «тепловыми».

Заведующий отделом ядерной планетологии Института космических исследований (ИКИ) РАН, руководитель эксперимента «БТН-Нейтрон» Игорь Митрофанов объясняет суть крайне непростых взаимоотношений нейтронов и ве-

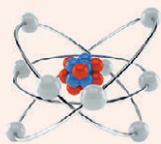
щества: при столкновении с ядром «тепловые» нейтроны проводят в его «компании» довольно много времени, и ядро может успеть их поглотить. Исходные ядра со своим набором составляющих их протонов и нейтронов являются спокойными и стабильными, однако после поглощения дополнительного нейтрона всё меняется: ядро возбуждается и может даже стать нестабильным, то есть радиоактивным.

Таким образом, «быстрые» и «тепловые» нейтроны очень вредны для здоровья космонавтов, а также оказывают негативное влияние на работу электронного оборудования космических аппаратов.

В преддверии длительных полетов к Луне и планетам Солнечной системы проблемой вредоносного воздействия нейтронных потоков заинтересовались не только ученые ИКИ РАН, Института медико-биологических проблем, конструкторы РКК «Энергия», но и их зарубежные

## НЕЙТРОН – ЭТО СЕРЬЕЗНО

Нейтроном называется тяжелая элементарная частица с нулевым зарядом. Наряду с протонами нейтроны составляют атомное ядро вещества. При столкновении галактических и солнечных космических лучей с ядрами молекул различных материалов корпусов космических аппаратов или газов атмосферы Земли образуются так называемые «быстрые» нейтроны. Продолжая сталкиваться с ядрами различных веществ, они теряют свою энергию и становятся «тепловыми». Направленное движение «быстрых» и «тепловых» нейтронов образует нейтронный поток, оказывающий негативное воздействие на все живое.



коллеги. Между тем изучать потоки быстрых и тепловых нейтронов можно только находясь вне Земли. Возникла идея сделать специальную аппаратуру и разместить ее на автоматических межпланетных станциях и на борту МКС, где космонавты в случае необходимости могли бы вмешаться в процесс исследования.

И такая аппаратура, названная БТН-М1 (Быстрые и тепловые нейтроны – модификация первая), была создана конструкторами в отделе ядерной планетологии ИКИ РАН. Аппаратура БТН-М1 состоит из двух частей: блока детектирования БТН-МД и интерфейсного блока электроники БТН-МЭ.

Специфика работы с БТН-М1, рассказывает Игорь Митрофанов, заключается в том, что с помощью этого прибора ученые ИКИ РАН измеряют нейтронный компонент радиационной дозы на различных орбитах и выясняют его зависимость от потока солнечных и космических лучей.

«МКС летит на низкой околоземной орбите и находится «внутри» земной магнитосферы, которая не пропускает внутрь основную часть космической радиации, – поясняет руководитель эксперимента. – Поэтому полет на МКС в радиационном плане относительно безопасен, и данные, полученные прибором БТН-М1, это подтверждают. Такое утверждение, правда, не относится к эпизодам значительных солнечных протонных событий, когда мощный поток солнечных космических лучей сотрясает магнитосферу и по-

вышает уровень радиации даже на орбите МКС. Впрочем, такие эпизоды случаются крайне редко и в интегральном плане не вносят существенного вклада в суммарную накопленную дозу. Тем не менее полученные данные позволяют «смоделировать» радиационные условия, как если бы наша станция покинула комфортную околоземную орбиту и отправилась в межпланетный полет».

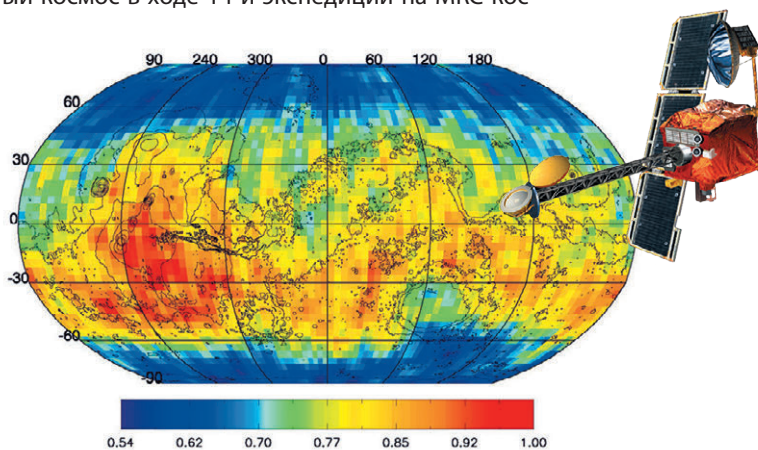
## ПЕРВЫЕ ПРИБОРЫ

Блок детектирования БТН-МД – это, по сути своей, спектрометр, имеющий четыре независимых датчика, которые регистрируют нейтроны с энергиями в диапазоне 1 эВ – 15 МэВ и гамма-кванты в диапазоне 60 кэВ – 2 МэВ.

Первый прибор, получивший название HEND, был установлен на американской межпланетной станции Mars Odyssey. С октября 2001 г. он картографирует нейтронное альbedo Марса с его орбиты.

Второй экземпляр прибора создавался одновременно с первым и ждал своего «звездного» часа – отправки на МКС – почти шесть лет.

22 ноября 2006 г. во время выхода в открытый космос в ходе 14-й экспедиции на МКС кос-



Карта Марса в быстрых нейтронах, составленная с помощью российского детектора HEND

## ЧТО ТАКОЕ НЕЙТРОННОЕ АЛЬБЕДО?

Термин «нейтронное альbedo» обозначает нейтронное излучение некоторого тела, которое возникает в нем под воздействием излучения от внешнего источника. Это могут быть потоки других нейтронов или протонов, или гамма-лучей. Основной смысл термина «альbedo» в том, что излучение вторично.

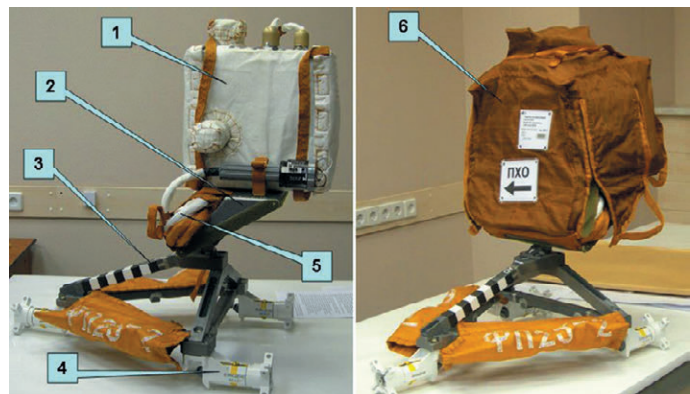


монавты Михаил Тюрин и Майкл Лопес-Алегрía установили блок детектирования БТН-МД на внешней поверхности модуля «Звезда», а интерфейсный блок БТН-МЭ – внутри модуля. Через герморазъем их объединили в единый комплекс и подключили к служебным системам станции.

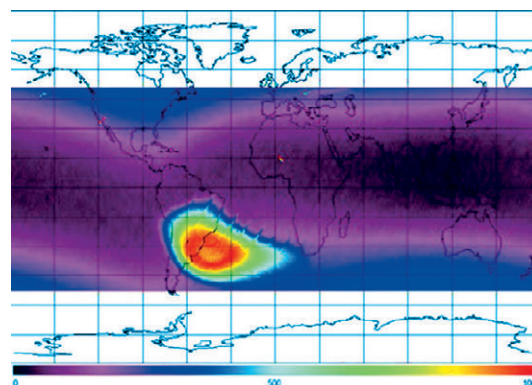
В феврале 2007 г. аппаратура стала работать в автоматическом режиме постоянно с небольшими перерывами на профилактические работы. Уникальные научные данные о быстрых и тепловых нейтронах, а также гамма-квантах с детектора автоматически поступают в интерфейсный блок электроники и там хранятся. При получении с Земли команды «сброс» научная информация с МКС передается из БТН-МЭ в ЦУП ЦНИИмаш, а оттуда – в систему обработки и хранения информации ИКИ РАН.

### КАРТЫ НЕЙТРОНОВ

За 13 лет работы нейтронные детекторы на орбитах вокруг Марса и Земли дали множество интересной информации о нейтронных потоках и гамма-фоне. Благодаря этим данным ученые



Блок детектирования БТН-МД с креплениями и монтажным оборудованием: 1 – блок детектирования БТН-МД в сборе с монтажной фермой БТН-МФ; 2 – кронштейн; 3 – переходная платформа; 4 – быстроразъемные замки; 5 – укладка с кабелями; 6 – временный защитно-изолирующий чехол

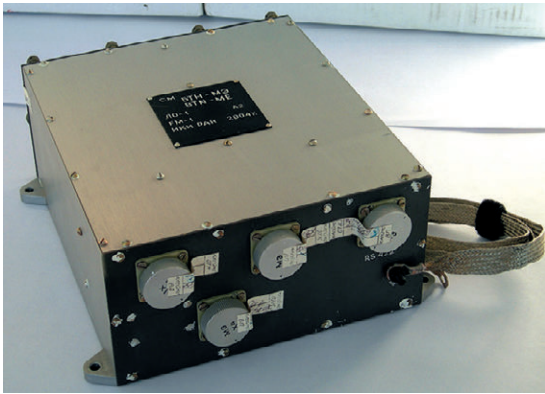


Карта распределения потоков нейтронов (в энергетическом диапазоне от 0.4 эВ до 100 кэВ), составленная по данным аппаратуры БТН-М1

смогли не только оценить и спрогнозировать дозы радиации, которые космонавты могут получить в длительных полетах к Луне или Марсу, но и понять физику прилетающих к нам от далеких звезд космических лучей. А информация о распределении нейтронов в радиационных поясах Земли позволяет прогнозировать работоспособность космических аппаратов, орбиты которых пересекают эти пояса.

За прошедшие годы благодаря эксперименту «БТН-Нейтрон» ученые построили карты потоков нейтронов на орбите МКС, в том числе при ее пролете над Южно-Атлантической магнитной аномалией, экваториальными районами с низкой геомагнитной широтой и высокоширотными районами в окрестности магнитных полюсов. Для 24-летнего цикла солнечной активности удалось оценить средние нейтронные дозы радиации, которые могут получить космонавты в периоды минимума и максимума. И это только «вершина айсберга» всех результатов, полученных с детекторов.





Интерфейсный блок электроники БТН-МЭ, установленный внутри модуля «Звезда»

## ДЛЯ ПОЛЕТОВ НА ЛУНУ И МАРС

Детекторы, проходящие испытания на радиационную стойкость в составе аппаратуры «БТН-Нейтрон», показали свою надежность: их применение запланировано в планетных и лунных проектах. Кроме того, российские ученые планируют в недалеком будущем на основе полученных в эксперименте данных построить модели нейтронной радиационной обстановки на трассах околоземных и межпланетных полетов космических пилотируемых и автоматических комплексов.

Эксперимент продолжается и в ходе 64-й экспедиции на МКС (октябрь 2020 г. – апрель 2021 г.). Но в ИКИ думают о будущем и создают новую аппаратуру БТН-М2. Она сможет мониторить нейтронную радиационную обстановку не только снаружи, но и внутри станции, а это позволит сопоставить одновременные измерения нейтронного и гамма-фона внутри и вне МКС и, таким образом, объективно оценить защитные функции конструкции модуля.

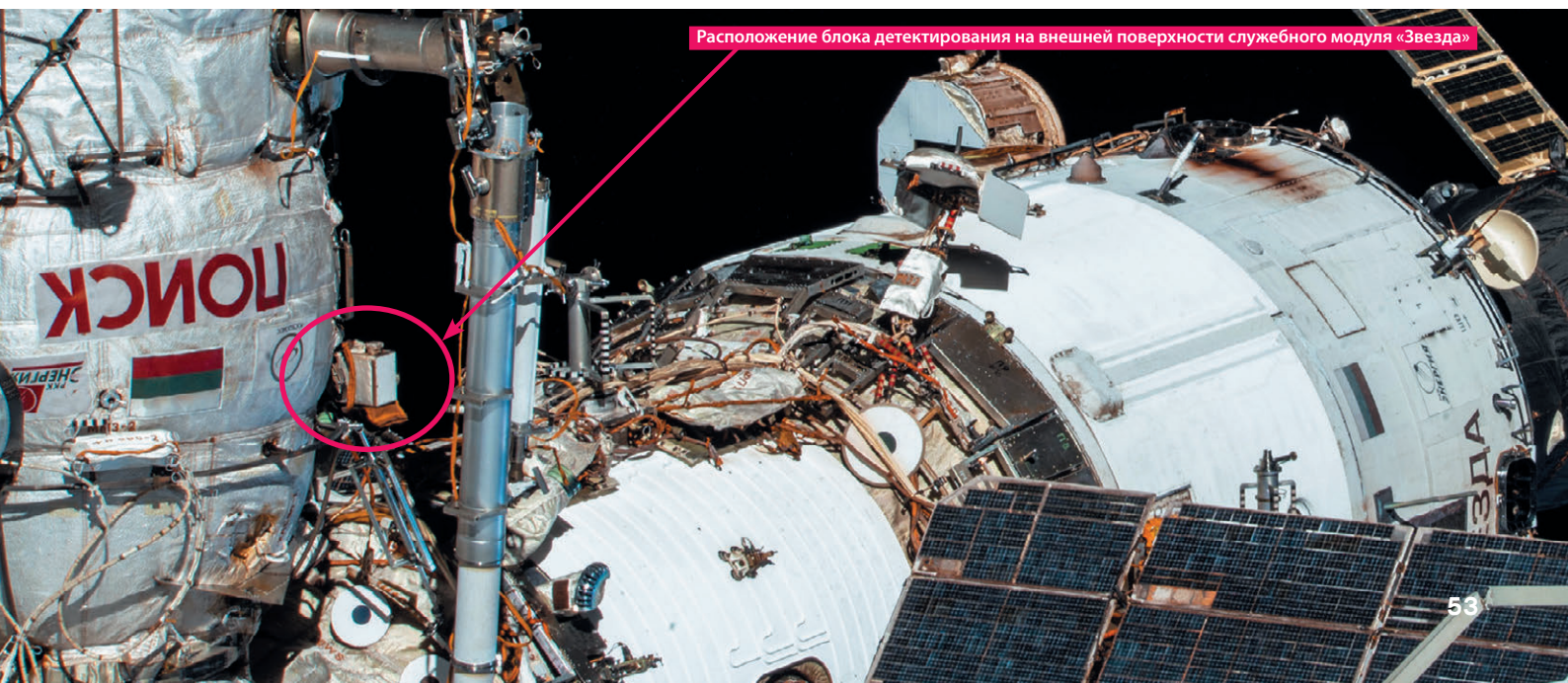
По словам Игоря Митрофанова, основной задачей следующего этапа является изучение

вариантов радиационной защиты от вторичных нейтронов. Как известно, космическая радиация – это главный фактор риска при перелетах в межпланетном пространстве, и для организации пилотируемых полетов к другим планетам необходимо решить задачу эффективной радиационной защиты. Для этого можно будет использовать панели из специального материала, в котором заряженные частицы космических лучей тормозятся и «застревают».

«Однако проблема не только в том, что применение такой защиты значительно повышает массу межпланетного корабля, но и в том, что под действием космических лучей в веществе самой радиационной защиты возникает излучение вторичных нейтронов, «нейтронное альbedo», – полагает Игорь Митрофанов. – Устраняя один вредный фактор, мы создаем другой, не менее вредный».

Прибор БТН-М2 будет оснащен съемными экранами из вещества, обеспечивающего эффективную защиту от нейтронов, отмечает наш собеседник, и в программу исследований будут включены измерения с разными материалами экранов, которые космонавты будут устанавливать на приборе. Таким образом, «этот эксперимент является первым шагом на пути разработки средств нейтронной защиты при полетах пилотируемых кораблей в дальнем космосе».

«Эксперимент «БТН-Нейтрон» позволит изучить радиационно-защитные свойства различных материалов для разработки предложений по созданию радиационных убежищ при межпланетных перелетах и в периоды пилотируемых экспедиций на Луну и Марс», – подчеркнул суть исследования директор ИКИ, член-корреспондент РАН Анатолий Петрукович. ■



Расположение блока детектирования на внешней поверхности служебного модуля «Звезда»