

Пресс – релиз НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ им. М.В. Ломоносова

Российский университетский спутник «Ломоносов»: 12 месяцев полета.

Спутник «Ломоносов», запущенный 28 апреля 2016 г. с нового российского космодрома «Восточный» на солнечно-синхронную орбиту высотой около 500 км и уже 12 месяцев передает на Землю научную информацию.

Разработчики и постановщики экспериментов из Московского университета со своими коллегами из других организаций в качестве основных научных целей проекта выбрали амбициозные научные задачи по изучению экстремальных явлений во Вселенной. Все они – предмет интенсивных научных исследований и образовательного процесса в Московском университете. Среди них: исследования заряженных частиц наиболее высоких энергий, существующих в природе, – космических лучей предельно высоких энергий (КЛПВЭ); – с энергиями более 10^{19} эВ, гамма-всплесков – явлений в ранней Вселенной, связанных с наиболее мощным высвобождением энергии в астрофизических процессах, а также изучение природы воздействия энергичных частиц в околоземном космическом пространстве на земную атмосферу. На борту спутника разработчики установили также прибор, позволяющий смоделировать коррекцию зрительного аппарата человека в экстремальных условиях космоса – практическом отсутствии гравитации.

В течение последних месяцев участники проекта проводили интенсивное тестирование научной аппаратуры и оптимизировали программные режимы их работы. К настоящему времени испытания аппаратуры практически закончились, и специалисты приступили к плановым исследованиям по разработанной научной программе. Тем не менее, уже первые месяцы работы спутника принесли интересные и значимые научные результаты, которые станут основой для планирования будущих экспериментов на этом спутнике.

На спутнике установлено несколько приборов – детекторов для регистрации космических частиц и излучений, созданных учеными МГУ вместе со студентами, аспирантами и преподавателями университета нескольких подразделений нашего университета: НИИЯФ, физического факультета, Государственного астрономического института им. П.С.Штенберга, НИИ механики, механико-математического факультета и Института математических исследований сложных систем (ИМИСС). Именно они и были инициаторами и главными разработчиками всего комплекса научной аппаратуры на спутнике. Вместе с нами работали коллективы Объединенного института ядерных исследований и зарубежных университетов, в том числе Университет Южной Кореи и Университет Калифорнии в Лос-Анжелесе. Космическая служебная платформа для спутника была разработана специалистами АО «ВНИИЭМ» на базе серийной платформы «Канопус» при самом активном участии специалистов МГУ.



Рис.1. Эмблема космического проекта МГУ «Ломоносов»



Рис. 2. Испытания космического аппарата «Ломоносов».



Рис.3. Космический аппарат «Ломоносов» перед отправкой на космодром.



Рис. 4. На космодроме «Восточный» перед пуском

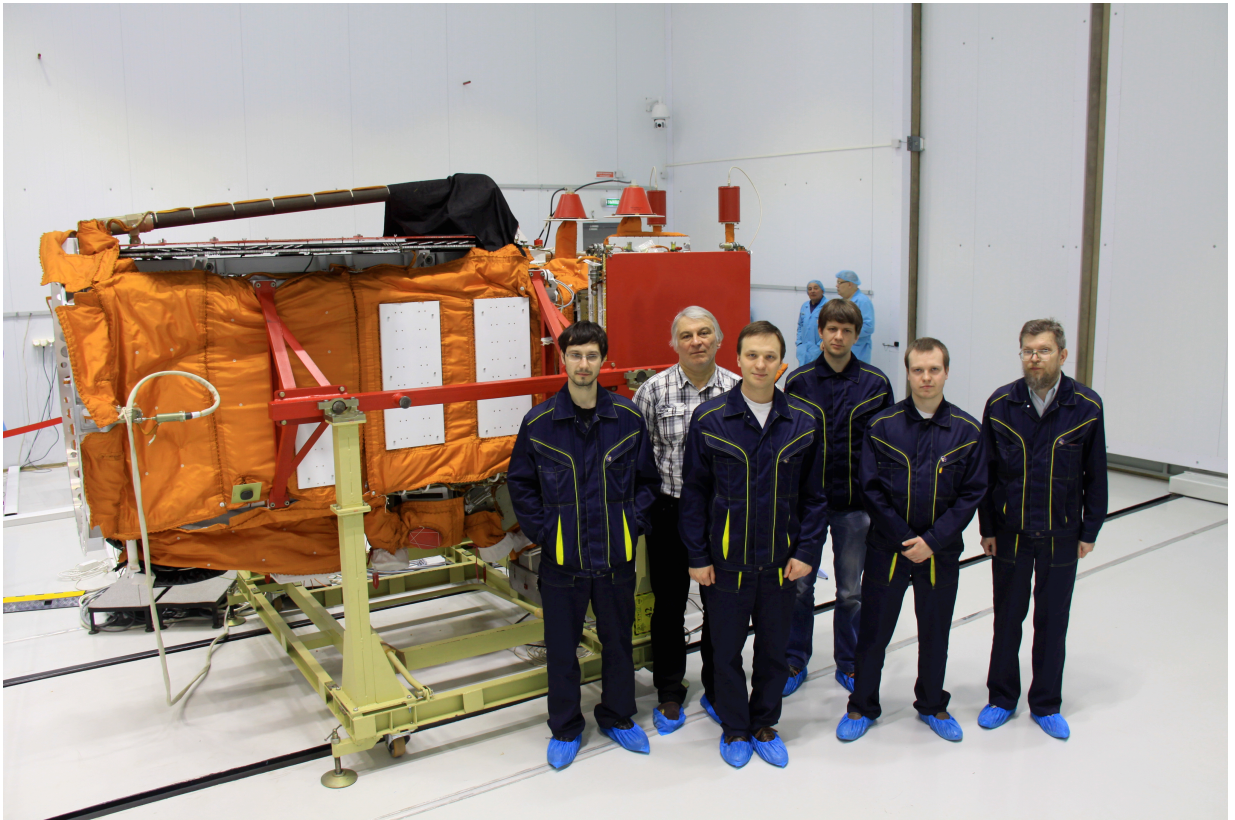


Рис. 5. Команда МГУ на космодроме «Восточный».



Рис.6. Старт ракеты «Союз» со спутником «Ломоносов» на космодроме «Восточный».



Рис.7. Космодром «Восточный»: после удачного старта 28.04. 2016 г.



Рис.8. Спутник «Ломоносов» в полете.

Исследования космических лучей предельно-высоких энергий и транзитных световых явлений в верхней атмосфере Земли

Орбитальный телескоп ТУС (Трековая УСтановка), на «Ломоносове» является первым в мире инструментом, предназначенным для регистрации световых треков КЛПВЭ в атмосфере Земли с борта космического аппарата. Он регистрирует в атмосфере Земли «следы» космических частиц – их быстрые ультрафиолетовые (УФ) вспышки, возникающие при взаимодействии каскада вторичных частиц от КЛПВЭ атомами воздуха на высотах в десятки километров. Актуальность изучения КЛПВЭ – самых высокоэнергичных заряженных частиц во Вселенной, связана с тем, что специалистам пока не в полной мере выяснена сама природа этих удивительных частиц. Дело в том, что еще 50 лет назад известные физики Грейзен, Зацепин и Кузьмин теоретически предсказали (академик Г.Т. Зацепин был профессором МГУ и заведующим кафедры физики космоса физического факультета), что эти частицы, зарождаясь вне пределов нашей Галактики, не могут достичь нашей планеты вследствие так называемого эффекта обрезания их потока (ГЗК – обрезание) на реликтовом излучении Вселенной, образовавшемся после Большого взрыва. Наземные установки по изучению космических лучей несколько лет назад действительно зарегистрировали похожее на ГЗК – эффект уменьшения интенсивности таких частиц. Но в силу очень малой статистики событий (так, при энергии 10^{19} эВ на Землю «падает» 1 частица на 1 кв. км в год!) пока не удается сделать окончательный вывод о том, является ли наблюдаемый эффект действительно ГЗК – обрезанием.

По сути, орбитальный телескоп ТУС на «Ломоносове» использует атмосферу нашей планеты в качестве гигантской мишени, в которой происходит процесс взаимодействия КЛПВЭ. Тем самым удастся значительно увеличить эффективную площадь обзора (по сравнению, например, с наземными установками).

Кроме выполнения этой задачи, направленный в нади́р телескоп ТУС на «Ломоносове», способен фиксировать и другие разнообразные быстрые атмосферные процессы, проявляющиеся в УФ излучении. Среди них – как широко известные молниевые разряды, так и мало изученные до сих пор так называемые транзитные световые явления (спрайты, эльфы, синие джетсы, гигантские джетсы и пр.). Уже первые выборочные измерения на «Ломоносове» в тестовом режиме позволили накопить достаточно большой объем полезной информации как по атмосферным явлениям, так и по работе самого прибора.

В одном из режимов работы телескопа ТУС удалось зарегистрировать мощные УФ-вспышки в атмосфере Земли, продолжительностью от нескольких единиц до ста миллисекунд. Как правило, многие из них связаны с грозовыми облаками на средних и низких широтах и дают одновременный сигнал во всем поле зрения прибора вследствие рассеяния излучаемого свечения в облака (рис.9).

Уже обнаружены несколько событий – кандидатов КЛПВЭ. Их анализ продолжается.

Однако целый ряд наиболее интересных событий представляют собой сложную пространственно-временную структуру, которая подлежит дальнейшему детальному исследованию. Эти явления, видимо, принадлежат к классу надоблачных, высоко-атмосферных транзитных световых явлений (так-называемые «эльфы», «спрайты»).

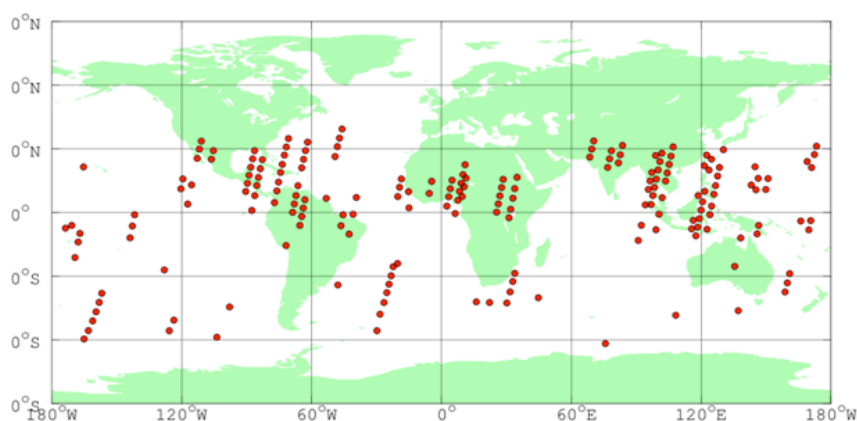


Рис.9. Карта событий транзientного УФ-свечения в атмосфере Земли по данным первых трех месяцев работы телескопа ТУС.

Примеры таких событий приведены на рис.10. Интересно отметить, что по данным мировой сети радиочастотной локации молний некоторых таких событий не нашлось ни одной области грозовой активности в пределах области их регистрации. Этот факт может поставить под сомнение модель их генерации, связанной с интенсификацией атмосферного электричества в нижних слоях атмосферы. В ближайшее время будет произведена типологизация событий и сравнение данных с наземными сетями регистрации молний и другими экспериментами.

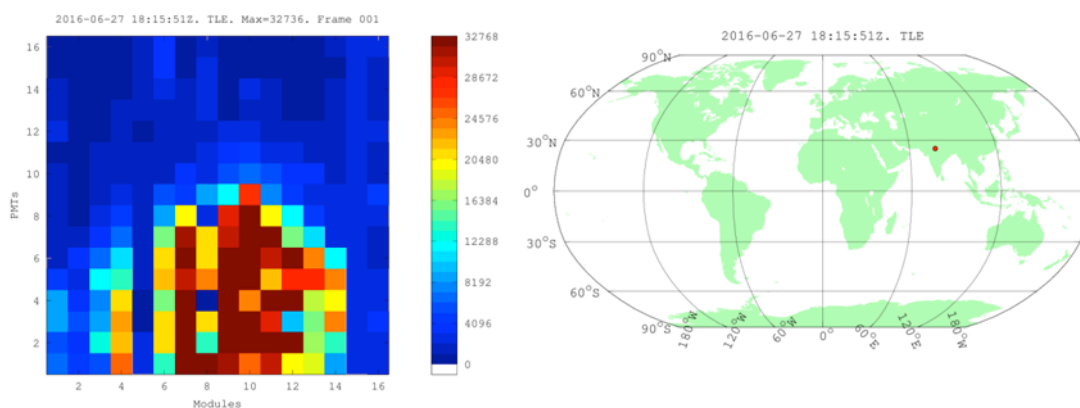


Рис. 10. Примеры УФ вспышек в атмосфере Земли со сложной пространственно-временной структурой (слева), их географическое положение (справа).

Подобного рода ультрафиолетовые вспышки в атмосфере Земли, являясь, с одной стороны, нежелательным «фоном» при выполнении основной задачи телескопа ТУС - регистрации КЛПВЭ, представляют, тем не менее, отдельную актуальную физическую цель проводимого эксперимента - выяснение их физической природы.

Исследования астрофизических гамма-всплесков

При гамма-всплесках выделяется огромная энергия — свыше 10^{53} эрг/с. Это примерно столько же, сколько при взрыве сверхновой звезды, но за одну секунду. Природа гамма-всплесков (наряду с ускорением КЛПВЭ) остается одной из загадок современной астрофизики. Считается, что их источники находятся на очень далеких, так называемых космологических расстояниях, и связаны с коллапсом массивных звезд. Для понимания природы гамма-всплесков очень важны одновременные наблюдения в оптическом и гамма-диапазонах. До сих пор удавалось зарегистрировать в основном лишь оптическое «послесвечение», то есть отклик межзвездной среды на проходящую через нее ударную волну, возникающую во время космического взрыва. «Поймать» оптическое излучение непосредственно в момент самого гамма-всплеска необычайно трудно, поскольку заранее неизвестно, из какой области Вселенной придет сигнал.

«Ломоносов» — первая российская многоволновая обсерватория, способная регистрировать излучение объектов от гамма-диапазона до оптического. Для этого на «Ломоносове» установлены приборы, позволяющие измерять эмиссию излучений этих необычных явлений в широком диапазоне длин волн.

Прежде всего, это - гамма-спектрометр БДРГ (Блок Детекторов Рентген-Гамма), обеспечивающем регистрацию гамма-излучения с высоким временным разрешением и чувствительностью. При этом БДРГ выдает специальный триггерный сигнал на оптические широкопольные мини-телескопы ШОК (Широкопольные Оптические Камеры), по которому осуществляется запоминание оптического изображения области неба, где произошел всплеск. Кроме того, этот прибор позволяет определять местоположение на небе источника гамма-всплеска и оперативно передавать информацию в мировую сеть для наведения на эту область наземных телескопов.

На сегодняшний день с помощью БДРГ зарегистрировано девять космических гамма-всплесков космологической природы, а также пять гамма-всплесков от магнитара SGR (Soft Gamma Repeater) 1935+2154 — быстро вращающейся нейтронной звезды с очень сильным магнитным полем (порядка 10^{15} Гс). Особый интерес представляет собой всплеск GRB160802, временной профиль которого показан на рис. 11. Для этого всплеска характерно наличие нескольких пиков на временном профиле, которые могут быть обусловлены сталкивающимися релятивистскими оболочками, возникшими во время взрыва. Все эти события вошли в реестр мирового каталога, созданного NASA.

На «Ломоносове» установлен еще один прибор для изучения гамма-всплесков установленный на «Ломоносове», — UFFO (Ultra Fast Flash Observatory). Он представляет собой 20-сантиметровый УФ- телескоп, работающий по принципу адаптивной оптики и управляемый по триггеру от расположенной в нем широкоугольной рентгеновской камеры. Задача рентгеновского детектора — зафиксировать направление и время появления транзientа в рентгене и по этой информации направить УФ-телескоп УФФО на его источник. В настоящее время заканчивается отработка программного обеспечения по управлению этого прибора в условиях реального полета.

Наряду с астрофизическими событиями, прибор БДРГ зарегистрировал гамма-излучение от нескольких солнечных вспышек, а также множество высыпаний магнитосферных электронов (из радиационных поясов Земли) релятивистских и субрелятивистских энергий (по тормозному рентгеновскому излучению).

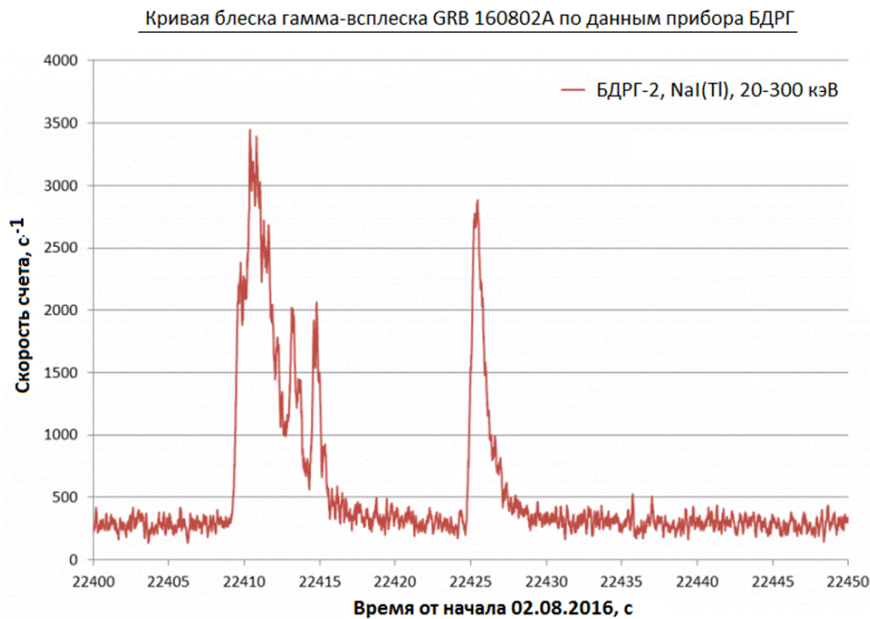


Рис.11. Один из гамма-всплесков, зарегистрированных на спутнике «Ломоносов»

Исследования магнитосферных частиц

Заряженные частицы, захваченные в магнитную ловушку в околоземном пространстве (радиационные пояса), могут покинуть её (так называемый процесс их «высыпания»), в результате ряда физических процессов, природа которых недостаточно исследована. Высыпание частиц из зоны устойчивого захвата в магнитной ловушке Земли может происходить под воздействием различных физических механизмов. Но в качестве доминирующего рассматривается взаимодействие электромагнитных волн в околоземном пространстве и заряженных частиц. Волны могут быть как техногенного (наземные радиопередатчики), так и естественного (развитие плазменных неустойчивостей) происхождения.

Высыпающиеся частицы (в основном – электроны) могут достигать релятивистских энергий и их воздействие на атмосферу путем ионизации может иметь существенные последствия для изменения её свойств.

В связи с этим направлением исследований следует упомянуть о начале совместных экспериментов по наблюдениям высыпаний электронов из радиационных поясов Земли на «Ломоносове» и в серии аэростатных экспериментов BARREL (**B**allon **A**rray for **R**BSP **R**elativistic **E**lectron **L**osses).

Международная коллаборация BARREL проводит запуск аэростатов в авроральных широтах (в настоящее время из Кируны (Швеция)). Идея совместных с Ломоносовым экспериментов — в измерении характеристик высыпающихся частиц одновременно на больших и малых высотах.

Измерения заряженных частиц на «Ломоносове» проводятся с помощью трех приборов — БДРГ, ДЭПРОН (Дозиметр Электронов, **ПРО**тонов, **НЕЙ**тронов) и ELFIN-L (**E**lectron **L**oss and **F**ields **I**Nvestigat**O**r for **L**omonosov), охватывающих широкий диапазон энергий частиц радиационных поясов Земли, их спектральные и угловые характеристики высоким временным разрешением — от миллисекунд и более. В ходе совместных экспериментов

BARREL и «Ломоносова» уже получены уникальные данные о тонкой временной структуре потоков высыпавшихся электронов, которые могут пролить свет на выяснение природы этого уникального явления в ближнем космосе.

Наряду с решением фундаментальных космофизических задач, один из «радиационных» приборов на «Ломоносове» — ДЭПРОН — обеспечивает мониторинг радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве. Благодаря двум полупроводниковым детекторам для регистрации заряженных частиц, а также двум счетчикам медленных нейтронов, это устройство позволяет регистрировать потоки протонов, электронов и нейтронов, а также мощность поглощенной дозы радиации на траектории полета «Ломоносова». Наряду с данными других приборов по мониторингу радиационной обстановки, созданных в НИИ ядерной физики МГУ и установленных на других спутниках (низкоорбитальных — серии «Метеор» — и геостационарном «Электро»), данные «Ломоносова» является важным элементом в единой системе контроля радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве, созданной в МГУ.

На рис. 12 представлены примеры данных, полученных примерно за 12 часов полета. Можно видеть значительные изменения мощности дозы радиации и плотности потока частиц, обусловленные характером орбитального движения спутника в околоземном пространстве.

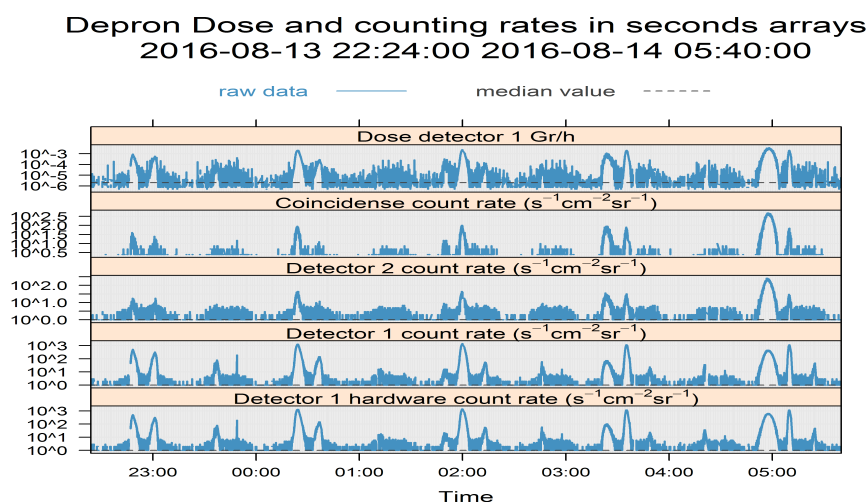


Рис.12. Дозы радиации, зарегистрированные прибором ДЭПРОН в орбитальном полете

Исследования в области экстремальной космической биологии

Еще один эксперимент, осуществляемый на борту спутника «Ломоносов», так же предназначен для изучения экстремальных явлений в космосе, но из области космической биологии и физиологии. Прибор ИМИСС-1 («Институт Математических Исследований Сложных Систем») позволяет регистрировать и анализировать ускорения в условиях орбитального полета спутника.

Основные цели данного исследования связаны с так называемой «болезнью движения в условиях микрогравитации», одним из проявлений которой является запаздывание стабилизации взора человека в условиях космического полета. Бороться с описанным

явлением можно путём разработки специального устройства — корректора стабилизации взора. Сигналы корректора предлагается формировать в зависимости от движения головы космонавта по показаниям инерциальных микромеханических датчиков и передавать с помощью гальванической стимуляции на первичные афферентные нейроны его вестибулярного аппарата.

В ходе эксперимента с помощью прибора ИМИСС-1 предстоит выяснить, каким образом изменяются характеристики датчиков в условиях космического полета по сравнению с данными наземных испытаний. В настоящее время идет накопление данных для проведения статистического анализа. Начавшаяся обработка информации предполагает получить данные об инструментальных ошибках микро-акселерометров в орбитальном полёте. Для этого будут использованы значения микроперегрузок для чувствительных масс при наличии данных об орбите и показаний штатных датчиков угловой скорости спутника.

Созданный в МГУ Центр обработки космических данных продолжает получение и обработку информации спутника «Ломоносов».

М. И. Панасюк
НИИ ядерной физики им Д.В. Скобельцына, физический факультет МГУ им. М.В.
Ломоносова
panasyuk@sinp.msu.ru

Сайт проекта: lomonosov.sinp.msu.ru