

**ПРОГРАММА КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ МГУ ИМ.М.В.  
ЛОМОНОСОВА: 2005 – 2015 гг.**

П.А. Климов от имени коллаборации «ЛОМОНОСОВ»

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына, Москва, Россия

В МГУ им. М.В. Ломоносова разработана и успешно осуществляется программа создания университетских научно-образовательных спутников, которая позволяет производить исследования различных процессов в атмосфере Земли, околоземном пространстве и за пределами нашей галактики, а также активно участвовать студентам, аспирантам и молодым ученым в космических экспериментах.

Реализация программы начата успешными запусками двух научно-образовательных микроспутников МГУ: «Университетский-Татьяна» (2005 год) [1] и «Университетский-Татьяна-2» (2009) [2]. Основными целями экспериментальных исследований на этих ИСЗ было изучение влияния солнечной и геомагнитной активности на радиационную обстановку в магнитосфере, а также изучение транзитных (быстрых) свечений в верхней атмосфере Земли. В составе научной аппаратуры спутника Татьяна-1 находились шесть блоков детектирования: БД1–БД4 (полупроводниковые, сцинтилляционные и газоразрядные детекторы заряженных частиц), БА (электростатический анализатор), ДУФ (детектор УФ-излучения) и информационный блок БИ. Научная аппаратура спутника Татьяна-2 состояла из трех блоков детектирования: ДУФиК (детектор ультрафиолетового и красного излучений), ФЗК (детектор флуктуаций потока заряженных частиц), МТЕЛ (телескоп на основе микро-электро-механической кремниевой технологии); и информационного блока БИ. Одним из наиболее значимых результатов этих исследований является регистрация большого числа УФ вспышек, происходящих в атмосфере Земли. Получено их географическое распределение, которое для вспышек больших энергий совпадает с распределением глобальных грозных областей, а для вспышек малых энергий является более равномерным. Обнаружены необычные события, происходящие не над облачным покровом и вдали (более 1000 км) от молниевых районов. УФ вспышки часто регистрируются сериями вдоль меридиана на протяженности тысяч километров [3]. Эти необычные результаты требуют подтверждения в других экспериментах и дальнейшего исследования.

На основе экспериментальной информации со спутников «Университетский-Татьяна» и «Университетский-Татьяна-2» разработана космическая образовательная программа для студентов ВУЗов России.

8 Июля 2014 года был успешно запущен на околоземную орбиту новый университетский спутник «РЭЛЕК» [4]. Научная аппаратура «РЭЛЕК» предназначена для изучения высыпаний релятивистских электронов из радиационных поясов Земли, их воздействия на атмосферу и ионосферу Земли, исследования отклика атмосферы на высыпания релятивистских электронов, включая наблюдения быстрых транзитных явлений в верхней атмосфере. В состав научной аппаратуры входят следующие детекторные блоки:

1) ДРГЭ – блок регистрации рентгеновского и гамма излучений от атмосферных явлений в диапазоне энергий от 0.01 до 3.0 МэВ и электронов в диапазоне энергий от 0.3 до 10.0 МэВ.

2) ДУФ, детектор УФ-излучения. Обеспечивает регистрацию ультрафиолетового излучения атмосферы и транзитных явлений в диапазоне от 300 до 400 нм.

3) «Телескоп-Т». Обеспечивает получение изображений высоко атмосферных транзитов в оптическом и УФ диапазонах.

4) Комплекс НЧА-РЧА – низкочастотный и радиочастотный анализатор электромагнитного излучения.

В ходе летных испытаний было показано, что вся научная аппаратура работает штатно и получены первые научные данные со всех приборов.

В 2015 году планируется запуск спутника «Ломоносов» [5], на борту которого расположен целый комплекс приборов для изучения различных экстремальных процессов как в атмосфере Земли, так и в дальнем космосе. В научные задачи спутника входят: регистрация космических гамма-всплесков в оптическом и гамма диапазонах, измерения космических лучей предельно высоких энергий (выше предела Грейзена-Зацепина-Кузьмина:  $5 \cdot 10^{19}$  эВ), изучение транзиентных явлений в верхней атмосфере Земли и регистрация заряженных частиц магнитосферы. Научная аппаратура спутника состоит из следующих приборов:

1) детектор космических лучей предельно высоких энергий «ТУС», состоящий из большого зеркала-концентратора (2 м<sup>2</sup>) и матрицы фотоприемника из 256 фотоэлектронных умножителей, расположенной в фокальной плоскости зеркала. Детектор регистрирует флуоресцентный трек широкого атмосферного ливня, порожденного частицей высокой энергии.

2) Комплекс детекторов гамма-всплесков, среди которых: БДРГ (прибор предназначен для мониторинга и локализации гамма-источников на небесной сфере в гамма-диапазоне, а также выработки триггерного сигнала для оптических камер); ШОК – широкоапертурная оптическая камера, состоит из двух неподвижных быстрых широкоугольных камер, поле зрения которых находится в области детектирования гамма-всплесков другими инструментами, расположенными на борту спутника «Ломоносов»; UFFO - двадцатисантиметровый УФ и оптический телескоп и рентгеновская камера.

3) Прибор ELFIN-L является совместной разработкой Института Геофизики и Планетарной физики Калифорнийского Университета и НИИЯФ МГУ, состоит из магнетометра и детекторов энергичных и протонов.

4) Прибор ИМИСС-1 – устройство для проверки качества функционирования микро-электро-механических инерциальных измерительных модулей в условиях космического пространства и возможности их использования для решения задач коррекции пространственной персональной ориентации в экстремальных условиях, в частности, в автоматическом корректоре стабилизации взгляда.

Научная аппаратура спутника «Ломоносов» находится в составе космического аппарата и проходит испытания.

#### *Список литературы*

1. В. А. Садовничий, М. И. Панасюк, С. Ю. Бобровников и др., *Первые результаты исследования космической среды на спутнике «Университетский-Татьяна»*. // *Космические исследования 2007*, т.45, №4, с. 291-305.

2. В. А. Садовничий, М. И. Панасюк, И. В. Яшин и др., *Исследования космической среды на микроспутниках Университетский-Татьяна и Университетский-Татьяна-2*. *Астрономический Вестник*, т. 45, №1, с. 5-31, 2011.

3. G.K. Garipov, B.A. Khrenov, P.A. Klimov, V.V. Klimenko, E.A. Mareev, O. Martines, E. Mendoza, V.S. Morozenko, M.I. Panasyuk, I.H. Park, E. Ponce, L. Rivera, H. Salazar, V.I. Tulupov, N.N. Vedenkin, and I.V. Yashin. *Global transients in ultraviolet and red-infrared ranges from data of universitetsky-tatiana-2 satellite*. *Journal of Geophysical Research*, Volume. 118, Issue 2, pages 370–379, 2013, DOI: 10.1029/2012JD017501.

4. Panasyuk M.I., Bogomolov V.V., Garipov G.K., Grigoryan O.R., Denisov Yu. I., Khrenov B.A., Klimov P. A., Lazutin L.L., Svertilov S.I., Vedenkin N.N., Yashin I.V., et al., *Transient luminous event phenomena and energetic particles impacting the upper atmosphere: Russian space experiment programs*, *J.Geophys.Res.*, V.115, 2010, p.A00E33-doi:10.1029/2009JA014763

5. Садовничий В.А., Амелюшкин А.М., Ангелопулос В., Бенгин В.В., Богомолов В.В., Гарипов Г.К., Горбовско Е.С., Гроссан Б., Климов П.А., Хренов Б.А., Джик Ли, Липунов В.М., Джи Ву На, Панасюк М.И., Пак Ил, Петров В.Л., Рассел К., Свртилов С.И., Сигаева Е.А., Смут Дж Ф., Шприц Ю., Веденькин Н.Н., Яшин И.В. *Космические эксперименты на борту спутника МГУ «Ломоносов»*, *Космические исследования*, том 51, № 6, с. 470-477.