

## Практика проведения молодежных научных школ «Исследования космоса»

© С.А. Красоткин<sup>1,2</sup>, В.В. Радченко<sup>1,2</sup>, Е.В. Широков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, 119991, Россия

<sup>2</sup> Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,  
Москва, 119991, Россия

*С 7 по 12 ноября 2016 г. на базе Крымского федерального университета (г. Симферополь, Крым) и Крымской астрофизической обсерватории (пос. Научный, Крым) прошла 11-я школа-конференция «Исследования космоса: микро- и макромир». На конференции были рассмотрены возможности использования в учебном процессе научной информации, полученной с действующих космических аппаратов, в первую очередь, с искусственного спутника Земли (ИСЗ) «Михайло Ломоносов». Доклады ведущих ученых МГУ имени М.В. Ломоносова были посвящены текущим и перспективным проектам университета, в рамках которых университетскому сообществу было предложено сотрудничество в области космических исследований. Дополнительно были прочитаны лекции в Черноморском филиале МГУ имени М.В. Ломоносова, Малых академиях наук г. Симферополя и г. Севастополя. Успешное проведение данного мероприятия доказало эффективность реализуемой формы работы со студентами и преподавателями, а также школьниками и учителями.*

**Ключевые слова:** *исследования космоса, спутник «Михайло Ломоносов», конференция, научная школа*

За последние 15 лет МГУ имени М.В. Ломоносова успешно провел 10, ставших уже традиционными, молодежных научных школ-конференций «Исследования космоса» на базе Ульяновского, Костромского и Чувашского государственных университетов. Основными целями этих научно-образовательных мероприятий было обсуждение новейших научных результатов и демонстрация доступности космических и ядерно-физических исследований для современных российских университетов.

В очередной, 11-й, школе-конференции «Исследования космоса: микро- и макромир», прошедшей в Крыму, приняли участие около 450 человек. Для работы в рамках школы-конференции традиционно были приглашены студенты, аспиранты и преподаватели университетов России, ранее не занимавшихся исследованием космоса.

Основное внимание в работе школы было уделено обсуждению новейших результатов в изучении экстремальных процессов во Вселенной и космических лучах предельно высоких энергий, получаемых на основе данных с искусственного спутника Земли (ИСЗ) «Михайло Ломоносов».

Участники узнали о современных фундаментальных исследованиях в области физики космоса и ядерной физики, ознакомились с данными и результатами работы ИСЗ «Михайло Ломоносов», а также выступили со своими докладами. Были рассмотрены темы:

космические лучи предельно высоких энергий, экстремальные процессы во Вселенной, физические условия в космосе, гелиофизика и физика околоземного космического пространства, космические лучи, физика космических лучей и частиц высоких энергий, ядерная физика. Кроме того, были предложены возможности применения научной информации с действующих космических аппаратов, и, в первую очередь, с ИСЗ «Михайло Ломоносов» в учебном процессе. Ведущие преподаватели и научные сотрудники физического факультета и НИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова рассказали о текущих и перспективных научно-образовательных космических проектах МГУ, в рамках которых университетскому сообществу было предложено сотрудничество в области космических исследований.

Значительную часть в материалах докладов, представленных во время проведения школы-конференции, составили космические исследования. Данная тематика чрезвычайно актуальна, и это подтверждает факт, что при первом старте с космодрома «Восточный» в апреле 2016 г. вместе с другими спутниками был отправлен университетский космический аппарат «Михайло Ломоносов». Спутник работает более полугода, и уже получено немало интересных результатов, которые также были представлены на конференции.

Основная цель запуска спутника «Михайло Ломоносов» — исследование экстремальных процессов во Вселенной, а именно, космических лучей предельно высоких энергий, космических гамма-всплесков, транзиентных явлений в атмосфере Земли и процессов ускорения высыпания частиц в магнитосфере. Все эти явления имеют случайный характер, поэтому наблюдения сведены к набору статистики, т. е. аппаратура включена, работает и ждет, когда произойдет то или иное событие. Для регистрации гамма-всплесков в составе аппаратуры предусмотрены три прибора: монитор гамма-всплесков БДРГ, оптические камеры широкого поля ШОК и прибор UFFO, представляющий собой комбинацию из рентгеновского детектора UVAT, который позволяет получать изображение и с определенной точностью определять направление на источник, и оптического телескопа SMT, который может оперативно наводиться менее чем за одну секунду.

К настоящему времени зарегистрировано 13 космических гамма-всплесков, а также так называемый магнетар — нейтронная звезда с очень сильным магнитным полем, которая дает серии вспышек гамма-излучения. Всего было зарегистрировано пять вспышек от такого объекта.

Кроме того, прибор, в частности БДРГ, по тормозному излучению может регистрировать и электроны, высыпаящиеся из радиационных поясов или ускоряющиеся в магнитосфере Земли. Таких событий зарегистрировано очень много, они происходят регулярно.

Еще одна задача космического аппарата «Михайло Ломоносов» — одновременное наблюдение событий, как космическими, так и наземными средствами, потому что не исключено, что гамма-всплески сопровождаются генерацией нейтрино или гравитационных волн. Это очень важный аспект исследования, в ходе которого события регистрируются на борту одновременно с их фиксацией наземными установками, например, нейтринными телескопами или гравитационно-волновыми антеннами.

Одним из основных регистрирующих приборов на спутнике «Михайло Ломоносов» является прибор ГУС, который призван регистрировать два типа событий, происходящих в атмосфере Земли:

1) транзитные атмосферные вспышки, возникающие высоко в атмосфере Земли (от нескольких десятков километров);

2) черенковское свечение в атмосфере Земли, вызываемое заряженными частицами предельно высоких энергий (галактических или межгалактических космических лучей).

Выделение черенковского свечения атмосферы на фоне атмосферных транзитных явлений — нелегкая задача. Поток частиц предельно высоких энергий крайне мал. Регистрация этих двух явлений носит случайный характер, наблюдения сводятся к набору статистики. Не всегда можно быть уверенным в том, что на фоне атмосферных транзитов удалось выделить именно черенковское излучение от частиц космических лучей предельно высоких энергий. На первом этапе очень важен период оптимизации работы аппаратуры для регистрации событий, в дальнейшем происходит уже набор статистики.

Необходимость международной кооперации в космических и астрофизических исследованиях очевидна. Это, безусловно, касается и программы научных исследований спутника «Михайло Ломоносов». Его работа включена в систему международного оповещения о различных событиях в космосе, начиная от вспышек сверхновых и заканчивая предупреждениями об астероидной опасности.

Помимо докладов, посвященных работе космического аппарата «Михайло Ломоносов», было уделено внимание и работе регистрирующих установок широких атмосферных ливней (ШАЛ), в частности, проектам Tunka-133 и Tunka-HiSCORE. В качестве основных результатов ожидаются открытие источников галактических космических лучей энергией выше 1000 ТэВ пэ ватронов, установление новых механизмов ускорения, поиск новых источников гамма-квантов высоких энергий, исследование процессов распространения гамма-квантов высокой энергии в межгалактической среде, поиск частиц темной материи.

Tunka-133 — установка, имеющая низкий порог по энергии и лучшую точность определения направления первичной частицы, что позволит отделить гамма-кванты от потока заряженных частиц космических лучей. Ее первая очередь будет содержать 25 детекторов,

эффективная площадь каждого из которых в 16 раз больше, чем у детектора установки Tunka-133. Детекторы и электроника, прошедшие отладку на Тункинском полигоне, позволят в дальнейшем создать крупнейшую в мире обсерваторию для исследования Вселенной в гамма-лучах с энергией более 100 ГэВ.

На 11-й молодежной научной школе-конференции «Исследования космоса: микро- и макромир» были охвачены и другие разделы физики микромира, в частности, физика ядра, высоких энергий и частиц. В настоящее время большой интерес представляют исследования в области физики нейтрино как среди фундаментальных исследований (например, исследования на глубоководных нейтринных телескопах большого объема ANTARES, NEMO или сооружаемый телескоп с объемом более  $1 \text{ км}^3$  KM3Net), так и исследований, носящих прикладной характер (например, исследования реакторных нейтрино с помощью компактного нейтринного детектора iDREAM).

Промышленный компактный детектор iDREAM оптимизирован для регистрации реакторных антинейтрино по реакции обратного бета-распада. Его преимущество — сверхкомпактность по сравнению со стандартными детекторами нейтрино. А значит, он обладает мобильностью, и его можно применять для мониторинга ядерных реакторов.

Во время проведения мероприятия обсуждался ряд разделов астрофизики и астрономии и также последние результаты исследований в области физики высоких энергий. Были рассмотрены возможности применения научной информации с действующих космических аппаратов в учебном процессе, в частности, продемонстрированы новые задачи космического практикума.

Основная работа со студентами, аспирантами и преподавателями проходила на базе Крымского федерального университета. На Крымской астрофизической обсерватории РАН была проведена выездная сессия, на которой участники школы-конференции познакомились с интересными докладами ее сотрудников. Дополнительная выездная сессия была проведена в Черноморском филиале МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе параллельно с основной работой школы-конференции. Также были организованы выездные сессии для работы с учителями и школьниками в Малых академиях наук «Искатель» г. Симферополь и Севастополь.

Практическая ценность прошедшего мероприятия не вызывает сомнений, поскольку обсуждаемые на нем разделы физики микро- и макромира весьма актуальны и перспективны, а принявшие в работе школы-конференции ученые и научные группы — признанные на мировом уровне специалисты в своей области знания.

Проведенная работа позволила углубить знания участников школы-конференции в области физики космоса, астрофизики и ядерной

физики, а также способствовала популяризации соответствующих знаний об окружающем мире среди школьников и учителей. В связи с повышенным интересом слушателей к подготовленной программе были организованы многочисленные дополнительные встречи и обсуждения.

Подобные мероприятия сегодня весьма востребованы в России. На них происходят не только популяризация научных знаний, но и внедрение их в учебный процесс учебных заведений, усовершенствование программ подготовки студентов, применение в них современных методов и разработок. Проведение школы-конференции способствовало утверждению кафедры астрофизики и физики космоса, вновь созданной на базе Крымской астрофизической обсерватории. Благодаря такому мероприятию в нескольких университетах России были созданы собственные подразделения, занимающиеся изучением космоса совместно с МГУ имени М.В. Ломоносова. Студенты, участвовавшие в работе школы-конференции в разные годы, подготовили и защитили около 60 дипломных работ и 12 кандидатских диссертаций по тематике данной конференции. Успешно прошедшие предыдущие мероприятия доказали эффективность реализуемой формы работы со студентами и преподавателями, а также школьниками и учителями.

*11-я молодежная школа-конференция «Исследования космоса: микро- и макромир» проведена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 16-32-10451*

*Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на XLI Академических чтениях по космонавтике, посвященных памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 24–27 января 2017 г.*

Статья поступила в редакцию 30.03.2017

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Красоткин С.А., Радченко В.В., Широков Е.В. Практика проведения молодежных научных школ «Исследования космоса». *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2017, вып. 7. <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2017-7-1656>

**Красоткин Сергей Анатольевич** — канд. физ.-мат. наук, ассистент кафедры физики космоса физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов: космическая и солнечная физика. e-mail: [sergekras@rambler.ru](mailto:sergekras@rambler.ru)

**Радченко Владимир Вячеславович** — канд. физ.-мат. наук, заведующий Лабораторией общего и специального практикума НИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов: ядерная физика, космические исследования, работа с молодежью. e-mail: [vrad1950@yandex.ru](mailto:vrad1950@yandex.ru)

**Широков Евгений Вадимович** — канд. физ.-мат. наук, заместитель заведующего отделением ядерной физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, заместитель директора НИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова. Область научных интересов: нейтринные телескопы большого объема, электромагнитные взаимодействия атомных ядер. e-mail: [evs5@yandex.ru](mailto:evs5@yandex.ru)

## Practical implementation of running the Space Research series of youth science schools

© S.A. Krasotkin<sup>1,2</sup>, V.V. Radchenko<sup>1,2</sup>, E.V. Shirokov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University,  
Moscow, 119991, Russia

<sup>2</sup> Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University,  
Moscow, 119991, Russia

*During the 7 to 12 November 2016 period, V.I. Vernadsky Crimean Federal University (Simferopol, Crimea) and the Crimean Astrophysical Observatory (Nauchnyy settlement, Crimea) hosted the 11th school/conference titled "Space Research: Microworld and Macroworld". The conference dealt with the possibilities of introducing scientific data obtained from spacecraft in operation, such as, first and foremost, the Mikhailo Lomonosov artificial Earth satellite, into the process of education. The leading scientists of the Lomonosov Moscow State University devoted their reports to current and upcoming projects of the University, suggesting that the university community should collaborate on these projects in the field of space research. Additional lectures took place in the Sevastopol branch of the Lomonosov Moscow State University, Junior Academies of Science of Simferopol and Sevastopol. The event was successful, which proved that this form of engaging both secondary school and higher education students and teachers is highly efficient.*

**Keywords:** space exploration, Mikhailo Lomonosov satellite, conference, science school

**Krasotkin S.A.**, Cand. Sc. (Phys.-Math.), Assistant Lecturer, Department of Space Physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University. Specialises in space and solar physics. e-mail: sergekras@rambler.ru

**Radchenko V.V.**, Cand. Sc. (Phys.-Math.), Head of Laboratory of General and Special Workshops, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University. Specialises in nuclear physics, space research, work with young people. e-mail: vrad1950@yandex.ru

**Shirokov E.V.**, Cand. Sc. (Phys.-Math.), Deputy Head of Division of Nuclear Physics, Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University; Deputy Director, Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University. Specialises in large-scale neutrino telescopes, electromagnetic interaction of atomic nuclei. e-mail: evs5@yandex.ru