

Вклад БГУ в исследование космоса

В космической отрасли Беларуси работают многие учреждения. Головная организация республики по космической деятельности – Национальная академия наук. Этой тематикой занимается также несколько белорусских вузов и предприятий. Свой вклад в теоретическое и практическое исследование космоса вносит и Белорусский государственный университет. Многие коллективы БГУ имеют большой опыт в создании аппаратуры для спутников и в области приема и обработки космической информации.

В НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ научной школой дистанционного мониторинга природных образований и антропогенных объектов, которую возглавляет доктор физико-математических наук, профессор Б.И. Беляев, разработаны космические системы дистанционного мониторинга, функционирующие в инфраструктуре пилотируемых космических комплексов. Эти системы позволяют регистрировать спектральные, энергетические, поляризационные, временные, угловые и пространственные характеристики излучения природных и антропогенных объектов.

По предложению российской Ракетно-космической корпорации «Энергия» им. С.П. Королева (РКК «Энергия») в 1990-е гг. БГУ участвовал в проведении космических исследований на Международной космической станции (МКС).

Мониторинг землетрясений

НИИ ПФП БГУ по результатам российского тендера принял участие в работах по созданию аппаратуры для изучения из космоса оптических излучений в атмосфере и ионосфере Земли, обусловленных грозовой активностью и связанных с сейсмическими процессами. Это глобальный мониторинг землетрясений. Их можно предсказывать по изменению свечений в ионосфере. Несколько их видов возникают над зонами грозовой активности при электрических разрядах (молниях) между грозовым облаком и верхней стратосферой или нижней ионосферой.

В результате молниевых разрядов вверх атмосферное электрическое поле между атмосферой и нижней ионосферой изменяется. Это сопровождается появлением красных и голубых



Фото Юрия ИВАНОВА

Сергей Абламейко,
ректор БГУ,
академик

свечений. «Красные призраки» – яркие кратковременные (3–5 мс) вспышки атмосферы на высотах от 40 до 90 км, «голубые струи» длятся 100–200 мс на высотах 20–40 км. Существуют и другие виды свечений, например зеленая эмиссия атомарного кислорода 557,7 нм, гидроксила (ОН) и красной линии кислорода 630,0 нм на высотах от 80 до 300 км. Результаты разрозненных наблюдений показывают, что за несколько суток до начала землетрясения интенсивность свечения в F-области ионосферы повышается, а за сутки снижается, имея локальный максимум за 4–6 ч до главного толчка. Пространственные масштабы явления – 200–1000 км.

Для проведения исследований по контракту с Институтом земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИ РАН) совместно с РКК «Энергия» была разработана и в 1999 г. создана Микропроцессорная видеофотометрическая система ВФС-3М (рис. 1). Она автоматически, без участия космонавтов позволяет регистрировать изображения красных и голубых свечений атмосферных эмиссий, а также энергетическо-временные распределения изучаемых явлений и молний, вести их счет, взаимодействовать с системами станций, принимать и выполнять команды с Земли, выдавать информацию в каналы телеметрии.

Микропроцессорная система ВФС-3М работает на борту МКС в ждущем режиме, регистрирует молниевые вспышки



Рис. 1. Бортовая микропроцессорная видео-фотометрическая система ВФС-ЗМ, установленная на иллюминаторе служебного модуля МКС

длительностью от 1 мкс до 1 мс, но при обнаружении явления длительностью более 2 мс извлекает из памяти ЭВМ предыдущие изображения, сжимает их и записывает информацию на собственный магнитооптический диск.

Испытательные стенды, новые материалы и технологии

Сконструирован стенд для моделирования фаз полетов космических летательных аппаратов в верхней земной атмосфере при воздействии фотодиссоциированного атомарного кислорода в широком интервале температур. Исследования показали, что в таких условиях теплоизлучающая способность материалов деградирует примерно на 20%. Вероятность реакции ряда конструкционных металлов, применяемых в летательных аппаратах (ниобий и его сплавы, титан, цирконий,

молибден, нержавеющая сталь и др.), при высоких температурах с потоками частично диссоциированного (атомарного) кислорода на несколько порядков выше, чем с потоками молекулярного кислорода.

Для РКК «Энергия» синтезирован новый материал, стабильно устойчивый к воздействию атомарного кислорода.

Совместно с Белорусским национальным техническим университетом предложена технология создания *p-n*-переходов в кремнии на основе контролируемого введения термодоноров за счет каталитического воздействия атомарного водорода. Технология позволяет создать образцы нового поколения солнечных кремниевых элементов, силовых транзисторов, детекторов ионизирующих излучений и структур «кремний на изоляторе».

В БГУ разработаны клеевые композиции, устойчивые к термостатированию до 1600 °С, с пониженными температурами отверждения (вплоть до комнатной) при влажности окружающей среды до 100%. Материалы негорючие, нетоксичные, экологически чистые. Их производство безотходно и не требует сложного оборудования. Могут использоваться в самолетостроении и для космической техники.

Методики применения материалов дистанционного зондирования

Ученые БГУ разработали методические основы применения материалов аэрокосмической съемки при изучении сложных природных комплексов в целях их рационального использования в сельскохозяйственном производстве. Продемонстрирован пример изучения поймы реки Припяти. Объективное и детальное отображение ее сложных и разнообразных естественных

ландшафтов возможно только с помощью дистанционного зондирования. Выполнено дешифрирование пойменных почв на ключевых участках, составлен набор ландшафтно-индикационных характеристик, определены аэрофототэталонные с экстраполяцией полученных результатов исследований на остальную территорию.

Участие в космических экспериментах

В последние годы НИИ ПФП БГУ велись работы по двум направлениям оптического дистанционного зондирования: исследование из космоса оптических параметров подстилающих поверхностей Земли, а также ее атмосферы и ионосферы.

В рамках первого направления Институтом географии РАН и РКК «Энергия» в НИИ ПФП БГУ разработана и изготовлена фотоспектральная система (ФСС), предназначенная для проведения измерений спектров отраженного излучения подстилающих поверхностей Земли в диапазоне длин волн 350–1050 нм с разрешением 2 нм, пространственно «привязанных» к фотозображениям (R, G, B) высокой четкости, с борта российского сегмента МКС в космическом эксперименте «Ураган» (экспериментальная отработка наземно-космической системы мониторинга и прогноза развития природных и техногенных катастроф).

Управляемая оператором система позволяет производить съемку под различными углами к надиру, в том числе отслеживая объект (удержание в поле зрения) при движении носителя и позволяя снимать угловые зависимости (индикатрису) рассеянного объектом излучения, обеспечивает измерения и экспресс-анализ спектральных характеристик разнообразных природных и искусственных объектов и сред.

ФСС была доставлена на борт МКС 4 июля 2010 г., с ее помощью

все российские экипажи МКС выполняют регулярные съемки Земли в рамках эксперимента. Применение специально разработанного метода обработки с комплексированием спектров высокого разрешения и изображений (метод спектральной декомпозиции и последующей пространственной экстраполяции) позволило повысить информативность регистрируемых данных и проводить более точные идентификацию, классификацию и определение параметров подстилающих поверхностей и объектов.

В рамках второго направления по исследованию оптических параметров атмосферы и ионосферы Земли из космоса (программа «Космос-СГ») НИИ ПФП БГУ совместно с ИЗМИ РАН разработали и создали спектрофотометрический комплекс (СФК) для космического эксперимента «Гидроксил» в целях исследований с борта МКС пространственного и спектрального распределения гидроксильных эмиссий и эмиссии атомарного кислорода (рис. 2). Он включает в себя оптический и электронный блок, а также систему пространственного сканирования, предназначенную для автоматического отслеживания и удержания в поле зрения во время измерений первого эмиссионного слоя (85–105 км). СФК входит в состав многоцелевого лабораторного модуля российского сегмента МКС.

Оптическое свечение атмосферы Земли представляет собой люминесценцию атмосферных составляющих и локализовано в двух эмиссионных слоях: первый – на высоте 85–105 км, второй – на высоте около 300 км. Эти свечения используются для определения температуры и концентрации малых газовых составляющих мезосферы, исследования динамики аэрономических процессов и химической кинетики, изучения природы внутренних гравитационных волн, предсказания

возможных землетрясений по наблюдаемым вариациям свечений.

Блок внешних датчиков научной аппаратуры «Фотон-гамма» в рамках космического эксперимента «Молния-гамма» по исследованию физической природы высотных разрядов в районе грозовой активности разработан и изготовлен НИИ ПФП БГУ по заказу ИЗМИ РАН (рис. 3). Датчики предназначены для одновременной регистрации оптического и гамма-излучения электромагнитного спектра. В феврале 2011 г. блок был установлен на внешней поверхности модуля «Звезда» российского сегмента МКС для коррелированных измерений импульсов оптического излучения и гамма-вспышек и экспериментальной проверки природы разрядов «спрайт» и «голубые струи» (пробой атмосферы на убегающих электронах).

В НИИ ПФП БГУ по программе Союзного государства «Космос-НТ» («Разработка базовых элементов, технологий создания и применения орбитальных и наземных средств многофункциональной космической системы») был создан оптический модуль оптико-радиофизического комплекса для космического эксперимента «Диагностика» (рис. 4). Он ориентирован на спутниковый мониторинг околоземной среды и эффектов природных и техногенных воздействий и предназначен для исследований ночного свечения атмосферы, а также оптических явлений, связанных с высотными электрическими разрядами и с воздействием мощных радиоволн на ионосферу.

Проведение полетных калибровок белорусских космических аппаратов

НИИ ПФП БГУ разработаны методики и аппаратура для проведения полетных калибровок белорусских космических



Рис. 2. Летный образец СФК с системой пространственного сканирования для эксперимента «Гидроксил»



Рис. 3. Блок внешних датчиков «Фотон-гамма» для эксперимента «Молния-гамма» в открытом космосе



аппаратов с разрешением менее 10 м по наземным тестовым объектам. В соответствии с проектом созданы модернизированный спектрорадиометр МС-12М; модернизированный полевой спектрорадиометр ПСР-02М; методика многоуровневых измерений тестовых участков полигона; каталог спектральных оптических характеристик тестовых участков полигона «Западная Березина»; тематические карты полигона «Западная Березина».

Аппаратура позволяет измерять угловые зависимости коэффициентов спектральных яркостей тестовых объектов полигона;

Рис. 4.
Оптический
модуль оптико-
радиофизического
комплекса
для эксперимента
«Диагностика»



проводить наземные, авиационные и космические измерения спектрально-отражательных характеристик подстилающих поверхностей; получать исходные данные для выполнения полетных калибровок Белорусского космического аппарата и других космических съемочных систем.

Система мониторинга деформации земной поверхности

На механико-математическом факультете БГУ создана система мониторинга крупномасштабных техногенных процессов деформации земной поверхности на основе высокоточных методов дифференциальной спутниковой интерферометрии с использованием систем активных отражателей. Она применяется для геокодирования снимков с синтетического апертурного радара (SAR-снимков); построения интерферограмм; построения полей деформаций и изолиний, их конвертации на планы горных работ.

Используется в составе корпоративной геоинформационной системы ОАО «Беларуськалий».

Тестирование солнечных элементов

Создан экспериментальный образец автоматизированного измерительного комплекса для тестирования солнечных элементов. Он выполняет следующие функции: измерение

спектральной характеристики абсолютной чувствительности (А/Вт) солнечных элементов, спектров поглощения и пропускания тонких пленок на прозрачной основе, а также спектров отражения; измерение световой (нагрузочной) вольт-амперной характеристики солнечных элементов, из анализа которой может быть определен КПД солнечного элемента, а также его внутренние параметры; бесконтактное измерение распределения температуры по поверхности солнечного элемента при подаче на него прямого или обратного смещения, а также распределения сигнала фотоЭДС при сканировании области локальной засветки образца (метод LBIC).

Синтез и обработка изображений ИК-диапазона

Разработан экспериментальный образец бортовой аппаратуры синтеза и предварительной обработки изображений ИК-диапазона спектра. Аппаратура осуществляет прием ИК-излучения с пространственным распределением на фотоприемную матрицу, преобразование видеоизображения в видеосигнал и далее в цифровой код; передает оцифрованный видеосигнал в блок обработки и вычитает темновой ток с коррекцией чувствительности по полю изображения в режиме реального времени; реконструирует изображения с учетом топологии многоканального фотоприемного устройства; хранит видеоданные в буферной памяти и передает их по каналам связи потребителю.

Кадры для авиакосмической сферы

На факультете радиофизики и компьютерных технологий БГУ ведется подготовка

студентов по специальности «Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии» и специализациям «Глобальные навигационные и телекоммуникационные системы», «Радиоэлектронные системы обработки и передачи информации», «Бортовые и наземные информационные комплексы». Есть свои научно-технические аппаратно-программные средства, квалификационные характеристики, учебный план и учебные стандарты. Одна из последних разработок БГУ – образовательный наноспутник, благодаря которому студенты получают возможность участвовать в полном цикле работ над реальным космическим проектом. Его основная задача – проведение научных экспериментов по фотосъемке основного космического аппарата на этапе отделения, съемке поверхности Земли на этапе функционирования и по исследованию параметров атмосферы и ионосферы.

В целом авторитет белорусской космической науки в мире заметно вырос, увеличилось количество заказов из-за рубежа по космической тематике. Отечественные ученые принимают участие в конгрессах, организованных Управлением ООН по исследованию космического пространства, НАТО, американским, японским, европейским и российским космическими агентствами. В ноябре 2013 г. ООН на базе БГУ провела конференцию по социально-экономическому использованию космических технологий. В рамках мероприятия работало 8 секций, на которых с докладами выступили более 100 ученых и специалистов из 25 стран. Беларусь является частью самоподдерживающегося партнерского процесса, который позволяет прогрессивно развиваться всем его участникам. ■