

**ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ  
ДЛЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
НА БАЗЕ НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА  
ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ С МИКРОСПУТНИКОВ  
L- И X-ДИАПАЗОНОВ**

**Е. В. Верхотурова, В. Р. Ермакович, О. Л. Жук,  
С. В. Лешкевич, В. В. Понарядов, В. А. Саечников,  
А. А. Спиридонов, М. И. Хомич**

---

*Белорусский государственный университет  
Минск, Беларусь  
everkhoturova@gmail.com*

Раскрываются проблемы подготовки специалистов по аэрокосмическим системам и технологиям, которая осуществляется в Белгосуниверситете на факультете радиофизики и компьютерных технологий на базе созданного наземного комплекса приема и обработки информации, получаемой от образовательных микроспутников и спутников дистанционного зондирования Земли, L- и X-диапазонов.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Формирование Национальной космической программы Республики Беларусь способствовало активному развитию аэрокосмической отрасли нашей страны. Как следствие, возникла необходимость в подготовке и переподготовке кадров для аэрокосмической отрасли. Координатором деятельности системы подготовки и переподготовки выступил Центр аэрокосмического образования, созданный на базе Белорусского государственного университета, на факультете радиофизики и компьютерных технологий.

Центр аэрокосмического образования позволяет обеспечить как переподготовку кадров, так и профильную подготовку студентов по специальностям, связанным с космическими технологиями и использованием данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). На радиофизическом факультете была начата подготовка студентов по специализации «Спутниковые информационные системы и технологии» в рамках специальности «Радиофизика», а также по новой специальности «Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии».

Центр аэрокосмического образования обеспечивает научно-методическую, программно-аппаратную и информационную поддержку процесса подготовки и переподготовки кадров. Так, для того чтобы студенты и слушатели имели возможность принимать непосредственное практическое участие в получении, обработке и интерпретации научной и служебной информации с борта микроспутников, в Центре был создан наземный комплекс приема и обработки данных от образовательных микроспутников и спутников ДЗЗ, работающий в нескольких диапазонах частот. Благодаря

данному комплексу учащиеся могут приобрести не только теоретические знания, но, что немаловажно, практические навыки как приема и обработки информации от микроспутников, так и работы с соответствующей аппаратурой.

## **НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ, ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ НАУЧНОЙ И СЛУЖЕБНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МИКРОСПУТНИКОВ И ДАННЫХ СПУТНИКОВ ДЗЗ**

Наземный комплекс включает:

1. Комплексы управления, приема и обработки служебной информации (команд, телеметрии) от образовательных микроспутников и спутников ДЗЗ на основе приемопередающих радиостанций *Kenwood TM-D710A* и *ICOM ID-1*, работающих в радиолюбительском диапазоне частот 137 и 435 МГц, а также 1,2 ГГц.

2. Комплексы приема и обработки данных от целевой аппаратуры космических аппаратов ДЗЗ и образовательных микроспутников, работающие на частотах 1,7 и 8,2 ГГц, т. е. в *L*- и *X*-диапазонах.

3. Программное обеспечение по управлению микроспутником, приему и обработке данных, полученных с целевой аппаратуры образовательных микроспутников и спутников ДЗЗ.

Приемо-передающие радиостанции *Kenwood TM-D710A* и *ICOM ID-1* были приобретены у соответствующих производителей. Это уже полностью завершенные и готовые к эксплуатации приборы: подключаешь и работаешь. Это является плюсом, если приемо-передающая часть – это всего лишь вспомогательный элемент, обслуживающий процесс получения информации. Однако для студентов это – «черный ящик». В студенческой лаборатории, где учащиеся должны приобрести практические навыки не только самого процесса получения и интерпретации информации, но и построения этого процесса, разработки и создания соответствующей аппаратуры, данная аппаратура должна быть показательной, прозрачной для понимания, модульной, модифицируемой.

В этой связи в Центре аэрокосмического образования были разработаны системы приема и обработки сигналов от спутников *L*- и *X*-диапазонов, полностью удовлетворяющие заявленным требованиям. Модульность делает систему прозрачной и гибко модифицируемой под конкретные задачи.

Комплексы приема и обработки данных *L*- и *X*-диапазонов позволяют получать информацию от целевой аппаратуры образовательных микроспутников и космических аппаратов ДЗЗ (научную информацию, данные ДЗЗ), передаваемую на частотах 1,7 Гц и 8,2 ГГц соответственно.

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИЕМА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

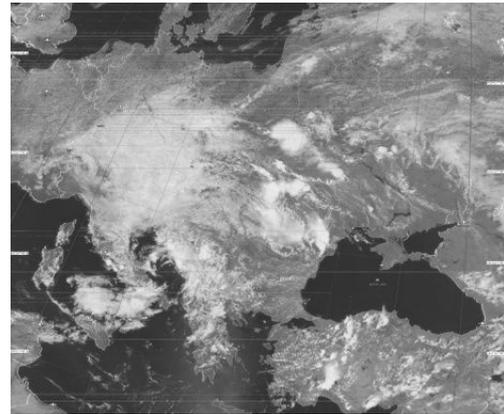
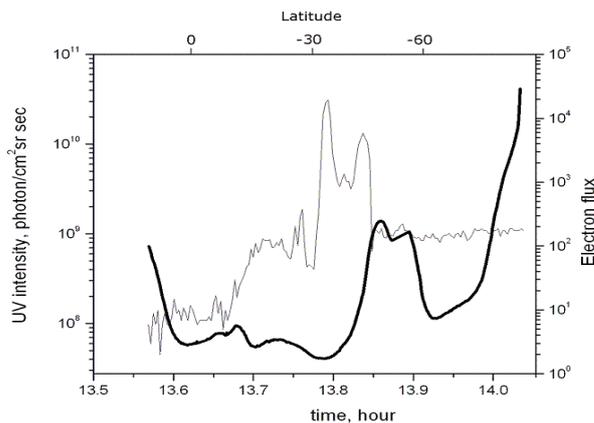
Комплекс приема и обработки данных *L*-диапазона, работающий на частоте 1,7 Гц, может получать информацию от многих полярных и геостационарных метеорологических спутников. Например, американские полярно-орбитальные метеорологические спутники NOAA передают на данной частоте свои метеоснимки с разрешением около 1 км. В этом диапазоне также работал образовательный спутник Московского государственного университета «Университетский–Татьяна-2», который реги-

стрировал энергетические и пространственно-временные характеристики вспышек электромагнитного излучения в верхних слоях атмосферы Земли.

Станцией приема и обработки данных X-диапазона (рабочая частота 8,2 Гц) можно принимать информацию с таких спутников ДЗЗ, как TERRA и AQUA, снимки которых имеют пространственное разрешение, достигающее до 250 м. Кроме метеорологических космических аппаратов, данный частотный диапазон в последнее время также начинает использоваться и университетскими микроспутниками.

Таким образом, обучающиеся имеют возможность принимать как служебную, так и целевую информацию с широкого круга спутников, а также вести обработку полученной информации в соответствующем программном обеспечении.

Для обработки данных космических аппаратов ДЗЗ (метеоснимков) Центром аэрокосмического образования было закуплено лицензионное программное обеспечение (ПО) таких известных производителей, как ERDAS Inc., ESRI, Leica Geosystems, MapInfo. Данное программное обеспечение позволяет проводить предварительную обработку, географическую привязку, первичную и вторичную тематическую обработку метеоснимков. В Центре разработаны спецкурсы по обучению студентов работы в вышеназванном ПО. Спецкурсы проводятся сертифицированными преподавателями.



*Рис. 1.* Примеры измерения интенсивности УФ (толстая линия на рисунке) с одновременным измерением потока электронов с энергией более 70 (февраль 2010 г.)

*Рис. 2.* Снимок метеорологического спутника NOAA в формате AVHR

В Центре аэрокосмического образования создается и свое программное обеспечение, позволяющее проводить обработку информации от научно-образовательных микроспутников, а также предварительную обработку данных ДЗЗ.

На рисунках 1, 2 представлены результаты обработки данных, полученных с образовательного микроспутника «Университетский–Татьяна-2» и со спутника ДЗЗ NOAA.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными задачами, решаемыми с помощью наземного комплекса управления, приема и обработки научной информации и телеметрии образовательных мик-

роспутников и данных космических аппаратов ДЗЗ, являются: 1) обучение студентов университетов Беларуси и специалистов в системе переподготовки кадров по вопросам перспективных космических информационных технологий, 2) проведение меж-университетских космических научных экспериментов, 3) разработка и создание междуниверситетских спутников.

---