

**М.Е. Венедиктов** (ЗАО НПК «БАРЛ»)

В 2008 г. окончил Военно-космическую академию им. А.Ф. Можайского.

В настоящее время – начальник отдела обработки материалов средств ДЗЗ ЗАО НПК «БАРЛ».

## Создание лаборатории приема и обработки данных ДЗЗ в вузах

Современный процесс образования подразумевает использование принципиально иных подходов в системе обучения. Сегодняшний выпускник должен обладать практикой работы с реальными данными на отвечающих времени технических средствах.

К этому принципу организации учебного процесса приходят МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, СПбГУ, ВКА им. А.Ф. Можайского и ряд других вузов, создавшие на своей базе образовательные лаборатории приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). У учащихся в вузах появляется уникальная возможность участвовать в полном цикле работы с космическими аппаратами (КА) ДЗЗ, начиная от планирования сеанса связи со спутником и заканчивая углубленной обработкой космической съемки.

Для внедрения такой технологии в образовательный процесс необходимо развернуть на площадке вуза собственный центр дистанционного зондирования Земли (ЦДЗЗ) с соответствующей антенной системой (АС).

Следует отметить, что обладатели такого комплекса имеют возможность приема данных с бесплатных научно-исследовательских космических аппаратов, таких, как Aqua и Terra, входящих в проект NASA EOS (Earth Observing System), в режиме реального времени (рис. 1).

ЗАО НПК «БАРЛ» разработал комплексный центр приема и обработки данных, который состоит из современных аппаратно-программных решений и позволяет работать практически со всеми коммерческими КА ДЗЗ, существующими на сегодняшний день.

Структурно комплекс состоит из следующих систем:

- планирования и управления антенным комплексом;
- приема информации;
- обработки информации;
- хранения информации;
- связи и передачи данных.

### СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ АНТЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Система предназначена для планирования сеансов приема информации с КА ДЗЗ (рис. 2), управления и непрерывного контроля состояния антенной системы в течение всего сеанса связи.

#### В состав системы входит:

- АРМ планирования и управления АС;
- плата управления АС;
- СПО планирования сеансов связи и управления антенной.

### СИСТЕМА ПРИЕМА ИНФОРМАЦИИ

Система предназначена для обеспечения непосредственного приема с КА ДЗЗ и регистрации данных потока целевой информации в течение сеанса связи.

#### Система приема информации решает следующие задачи:

- обеспечение приема информации с КА в зоне связи;
- прием изображений и сопроводительной информации с КА;
- регистрация целевой информации на накопителях информации.

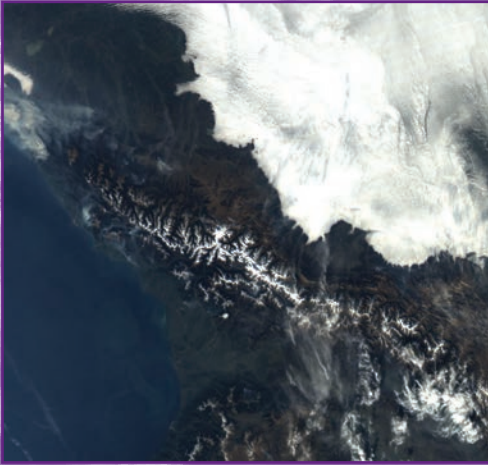


Рис. 1.  
Пример данных с сенсора MODIS. Многозональное изображение в естественных цветах с пространственным разрешением 500 м



Рис. 2.  
Интерфейс СПО планирования сеансов связи со спутниками ДЗЗ

### Состав системы приема информации:

- антенная система;
- система управления антенной;
- АРМ приема информации;
- приемник-демодулятор высокочастотного сигнала.

Антенная система предназначена для сопровождения и непосредственного приема данных с космических аппаратов. На сегодняшний день у ЗАО НПК «БАРЛ» имеется несколько вариантов антенных систем, отвечающих последним требованиям космической отрасли (табл. 1).

Инновационным решением является использование шестиопорной конструкции Нехарод. По сравнению с классическим трехосным опорно-поворотным устройством (рис. 3а) технология на основе Нехарод (рис. 3б) имеет ряд неоспоримых преимуществ.

Существенно увеличивается точность наведения, значительно улучшаются кинематические характери-

стики, что позволяет антенной системе следить не только за низкоорбитальными космическими аппаратами, но и за авиационными средствами. Полностью отсутствуют какие-либо ограничения на работу вблизи точки зенита.

### СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Система предназначена для проведения оценки, предварительной и вторичной обработки информации с целью доведения данных ДЗЗ до конечного потребителя в необходимом виде.

В ходе обработки на автоматизированных рабочих местах оператор, используя специальное программное обеспечение, решает следующие задачи:

#### – Оперативный контроль качества принимаемой информации:

- распаковка данных с КА ДЗЗ;
- оценка качества принимаемой информации.

Таблица 1

### Параметры антенных систем

Параметр	«3.5»	«5.4»	«2.4»
Тип антенной системы	Прямофокусная двухзеркальная		
Диаметр зеркала, м	3,5	5,4	2,4
Диапазон несущих X-диапазон, ГГц	7,8 – 8,5		7,9 – 8,5
Диапазон несущих L-диапазон, МГц	1670 – 1710		1400 – 1700
Тип ОПУ	3-хосное		6-опорное
Скорость ветра, рабочая/предельная, м/с	25/50		30/50
Наличие тракта автосопровождения	есть		
Шумовая добротность G/T на 8 ГГц при угле места 5 градусов, dB/K	24,5	31,0	24,5
Поляризация в X-диапазоне частот	RHCP или (и) LHCP		
Максимальная скорость вращения антенны по осям, град./с	6		10
Ограничения на работу в зените	нет		
Наличие встроенных средств юстировки	есть	есть средства само-диагностики тракта	есть
Наличие средств горизонтирования	есть		

#### – Предварительная обработка:

- радиометрическая коррекция;
- восстановление сбойной информации;
- преобразование координат изображения в выбранную картографическую проекцию с обеспечением требуемой точности.

#### – Вторичная обработка:

- создание ортофотопланов с высокой точностью геопозиционирования;
- обработка стереоизображений;
- получение векторизованных данных;
- тематическая обработка данных.

#### СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Система предоставляет пользователю возможность сохранять данные, полученные с КА ДЗЗ, в единую базу данных. СПО системы хранения информации обеспечивает:

- хранение, сбор и распределение информации;
- поддержку справочного раздела для осуществления поиска из базы данных;
- ведение базы данных с возможностью ежесуточной загрузки в нее обработанных изображений;
- формирование отчетных документов о реальном информационном состоянии базы данных.



Рис. 3а.  
Антенно-поворотный комплекс на стандартном 3-хосном опорно-поворотном устройстве



Рис. 3б.  
Антенно-поворотный комплекс на основе 6-опорной конструкции (Гексапод)

### СИСТЕМА СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Система предназначена для обмена данными с внешним пользователем. Основные решаемые задачи:

- внутренний обмен данными между рабочими местами через ЛВС;
- обмен данными и обеспечение голосовой связи между комплексом и внешним пользователем;
- обеспечение информационной безопасности передаваемых данных.

Наглядным примером работы системы является процесс приема и обработки данных с сенсора MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) космического аппарата Aqua. Сенсор осуществляет постоянную съемку поверхности Земли, обрабатывая данные в 36 спектральных каналах. Два канала имеют пространственное разрешение 250 м, 5 каналов (3–7) – 500 м, остальные каналы (8–36) – 1000 м. Полоса обзора сенсора MODIS составляет 2330 км.

Для осуществления сеанса связи со спутником необходимо рассчитать в СПО планирования сеансов связи точное время позиционирования КА в зоне видимости приемной антенной системы. Для этого используется набор элементов орбиты в формате TLE (Two-Line Element), актуальные данные которых ежедневно обновляются на сайте <http://celestrak.com/NORAD/elements/>.

Поскольку после обработки демодулятором данные с КА приходят в необработанном формате RAW, необходимо конвертировать этот поток информации в формат, воспринимаемый ПО обработки данных ДЗЗ, такой, как HDF-EOS (Hierarchical Data Format).

С помощью СПО RT-STPS «сырые» данные спектро-радиометра распаковываются в формат PDS (Production Data Set). Для конвертирования и калибровки под операционной системой Windows используют пакет IMAPP, разработанный совместно американскими и российскими специалистами. Следует учитывать, что информация сенсора MODIS КА Aqua в формате PDS не содержит данные о эфемеридах (в отличие от данных аналогич-

ного сенсора КА Terra) и при обработке требуется дополнительный файл параметров формата TLE. Полученные данные уровня 1A/1B можно визуализировать в программном комплексе ENVI.

Для отображения в естественных цветах каналам RGB должна соответствовать последовательность 1–3–4 каналов данных сенсора. В силу архитектуры сканера MODIS и кривизны поверхности Земли при обработке радиометрических данных иногда проявляется эффект наложения частей смежных сканов (на краях снимков), так называемый эффект «бабочки» (рис. 4а). Эти геометрические искажения убираются в процессе автоматической привязки специальными алгоритмами ENVI (рис. 4б).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение следует отметить, что использование подобных центров по обработке данных ДЗЗ позволяет:

- наглядно демонстрировать учащимся принцип работы космических и наземных систем;
- участвовать в процессе планирования, обработки и интерпретации данных;
- создавать и накапливать банки геоданных;
- программировать собственное программное обеспечение;
- проводить научные исследования, что значительно повысит квалификацию выпускаемых специалистов.

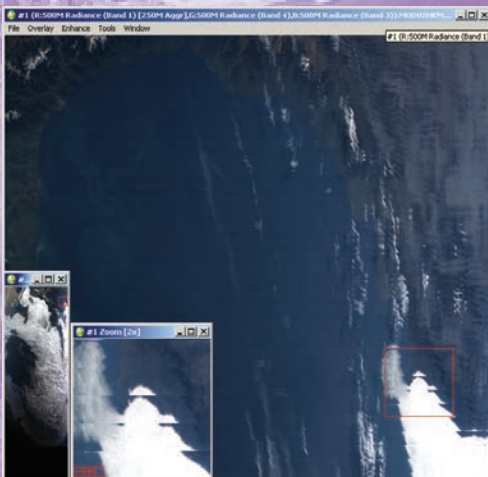


Рис. 4а.  
Устранение эффекта «бабочки» на краях снимка Aqua/MODIS: участок сцены до обработки

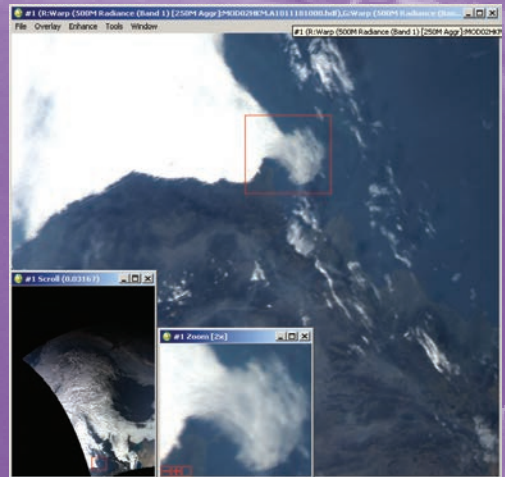


Рис. 4б.  
Устранение эффекта «бабочки» на краях снимка Aqua/MODIS: участок сцены после обработки