

Прикладные аспекты использования данных космического мониторинга и данных аэросъемки на базе сверхлегких летательных аппаратов

Т.В.Кондранин*, В.В.Козодеров**, А.Г.Гопчиев**, В.А.Головко***,
В.Д.Егоров****, В.С.Косолапов****

*Московский физико-технический институт (государственный университет)

**Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова

***Научно-исследовательский центр космической метеорологии «Планета»

****Институт вычислительной математики РАН

План доклада

- Примеры получения новой информационной продукции обработки данных аппаратуры MODIS спутника Terra для территории Тверской области и окружающей ее областей на разные сезоны вегетации растительности
- Результаты испытаний унифицированного программно-аппаратурного комплекса локального мониторинга (ПАКЛАМ) на базе мотодельтаплана
- Перспективы развития технологии оценки состояния объектов природно-техногенной сферы по данным космического и локального мониторинга

Исходные положения реализации предлагаемого проекта

- **Спутниковые системы наблюдений позволяют осуществлять мониторинг больших территорий на основе обработки многоспектральных изображений с использованием технологий географических информационных систем (ГИС), но имеется необходимость получения новой информационной продукции в том виде, с которым имеют дело конкретные пользователи (например, объем биомассы лесных, сельскохозяйственных и других экосистем в момент съемки)**
- **Одних спутниковых данных недостаточно для получения достоверной информации о состоянии природно-техногенной сферы вследствие сложностей оперативного получения исходных данных наблюдений для конкретных регионов (по условиям облачности, пространственного разрешения, прохождения орбит космических носителей и др.). Требуется создание системы локального мониторинга на базе малой авиации с минимальным составом аппаратуры в виде цветной панорамной камеры, приемниками глобального спутникового позиционирования, использованием текущей картографической информации и возможностью ее обновления с помощью спутниковых систем наблюдений**

Существующие подходы к использованию данных аппаратуры MODIS и других аналогичных данных космического мониторинга

- Построение композитных изображений за несколько суток непрерывных спутниковых наблюдений (для частичного устранения влияния облачности, осреднение информации за несколько сроков наблюдений и т.п.).
- Классификация типов растительности в среде географических информационных систем (ГИС) для наглядного отображения имеющихся информационных слоев конкретной территории, включая текущие данные дистанционного космического зондирования.
- Оценка лесистости (проективного покрытия территорий лесами) за достаточно длительные периоды космических наблюдений.
- Эмпирические возможности оценки таких характеристик, как «площадь листовой поверхности» (Leaf Area Index - LAI), интуитивно описывающих плотность полога соответствующих видов растительности.
- Эмпирические возможности построения моделей биопродуктивности и оценки урожайности сельскохозяйственных культур без проведения дорогостоящих полевых измерений на больших площадях (в моделях используются также дискретные данные среднесуточных значений влажности атмосферы, минимальной и максимальной температуры воздуха, суммы атмосферных осадков и солнечной радиации и др.).

Недостатки существующих подходов и новые возможности

- Отсутствие развитой базы решения обратных задач дистанционного зондирования почвенно-растительного покрова (типа известных компиляций для атмосферной оптики программ LOWTRAN, MODTRAN и др.). Предлагается использование методов вычислительной математики и оригинальных программных средств обработки многоспектральных изображений для восстановления объема биомассы растительности для каждого элемента обрабатываемых многоспектральных изображений. Открываются новые возможности замещения импортного программного обеспечения для решения возникающих прикладных задач.
- Используются преимущественно только 2 спектральных канала аппаратуры MODIS (пространственного разрешения 250 метров) и другой аналогичной аппаратуры для получения «вегетационных индексов», интуитивно характеризующих нормальное или стрессовое состояние растительности. Предлагается использование данных всех 7 каналов видимой и ближней инфракрасной областей спектра для выделения типов лесных (лиственные, хвойные, смешанные) и других экосистем (болотные, сельскохозяйственные и т.п.); при этом исходными являются данные пяти каналов 500-метрового разрешения и двух указанных каналов 250-метрового разрешения с одновременным получением информации о состоянии атмосферы в момент съемки (на основе данных самого коротковолнового канала аппаратуры MODIS). Решаются задачи количественной оценки состояния почвенно-растительного покрова вместо традиционных качественных оценок.

Исходные данные аппаратуры MODIS соответствуют значениям регистрируемых интенсивностей уходящего излучения в Вт/(м² мкм стер), привязанных к соответствующим широтам – долготам, на выбранные 5 дат съемки

Данные взяты из таблиц каждого из 7 hdf-файлов MOD02HKM, представленных в виде целых чисел:

EV_250 Aggr500_Refs – Earth View 250 m Aggregated 500 m Reflective Solar Bands Scaled Integers (данные канала 1 и 2 с разрешением 250 м, агрегированные к разрешению 500 м);

EV_500Refs – Earth View 500 m Reflective Solar Bands Scaled Integers (данные каналов 3-7 с разрешением 500 м).

30 мая 2002 г.

Горизонталь: 593–1428

Вертикаль: 1-700

Матрица: 836 x 700

29 мая 2002 г.

Горизонталь: 80–480

Вертикаль: 286-832

Матрица: 401 x 546

6 июля 2005 г.

Горизонталь: 210–680

Вертикаль: 4360-4920

Матрица: 471 x 561

26 августа 2005 г.

Горизонталь: 700–1510

Вертикаль: 4910-5480

Матрица: 811 x 571

2 октября 2005 г.

Горизонталь: 1240–2010

Вертикаль: 4930-5540

Матрица: 771 x 611

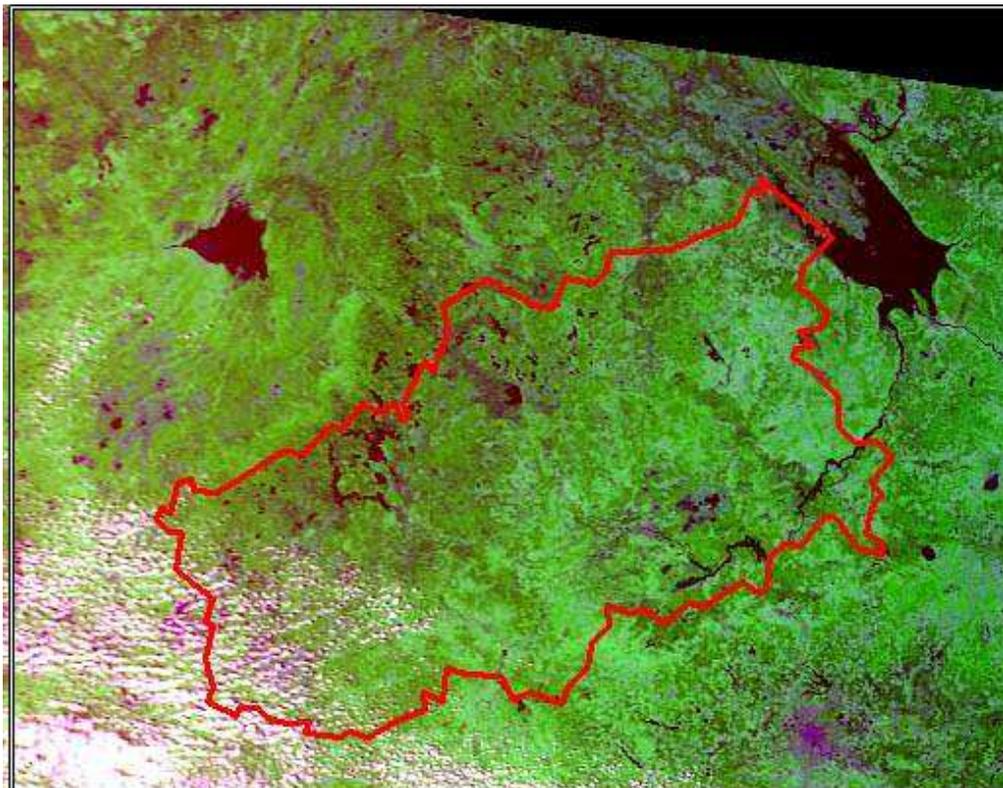
Выходная продукция обработки изображений аппаратуры MODIS

- Тип объекта (1 – растительность, 2 – вода, 3 – облачность)
- Прозрачность атмосферы (4 типа (1,2,3,4) 1 – мутная, 4- прозрачная)
- Биомасса (т/Га) от 0 до 30
- Дисперсия ошибки решения (при двух каналах 0 означает, что дисперсия не определяется)
- Тип леса (1 – полностью лиственный, 11 – полностью хвойный)
- Тип межкроновой растительности (от 1 до 6; 1 – яркая трава, 2 – более темная трава, 3 – заросшее травой болото, 4 – более темное болото, 5 – темная трава (мох), 6 - чистая вода; 0 означает, что растительности нет)
- Сомкнутость (от 0 до 1, 0 – леса нет, 1 – полное покрытие лесом)
- Ажурность крон (то же что и сомкнутость, но на уровне одного дерева) (от 0 до 1, 0 – голые ветки, 1 – плотная крона)
отрицательные значения считать нулями.

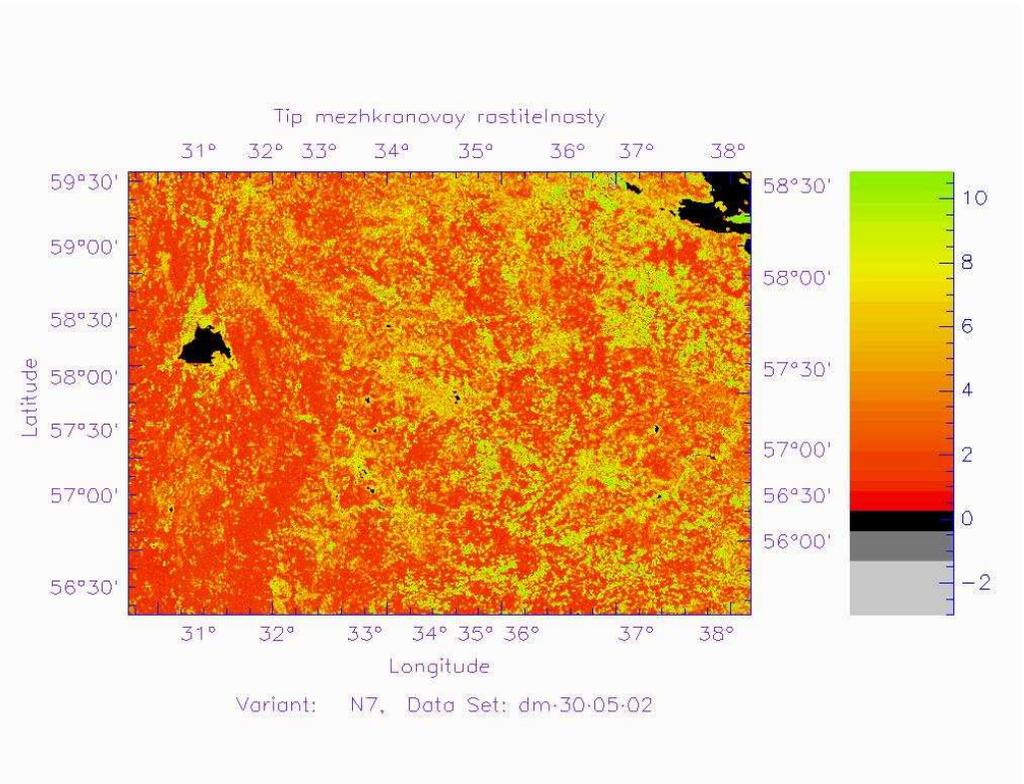
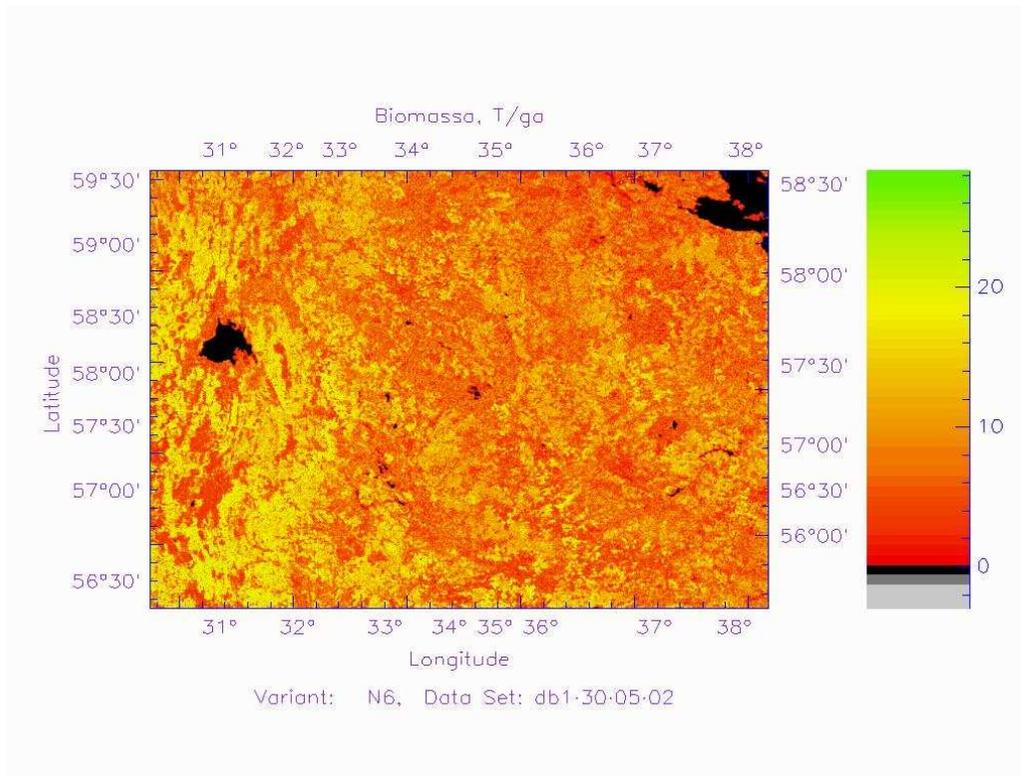
Физико-географическая карта выбранного региона: от озера Ильмень до Рыбинского водохранилища (на севере) до границ Московской и Смоленской областей и Белоруссии (на юге); Валдайская возвышенность и Клинско-Дмитровская гряда на фоне низменности и болот



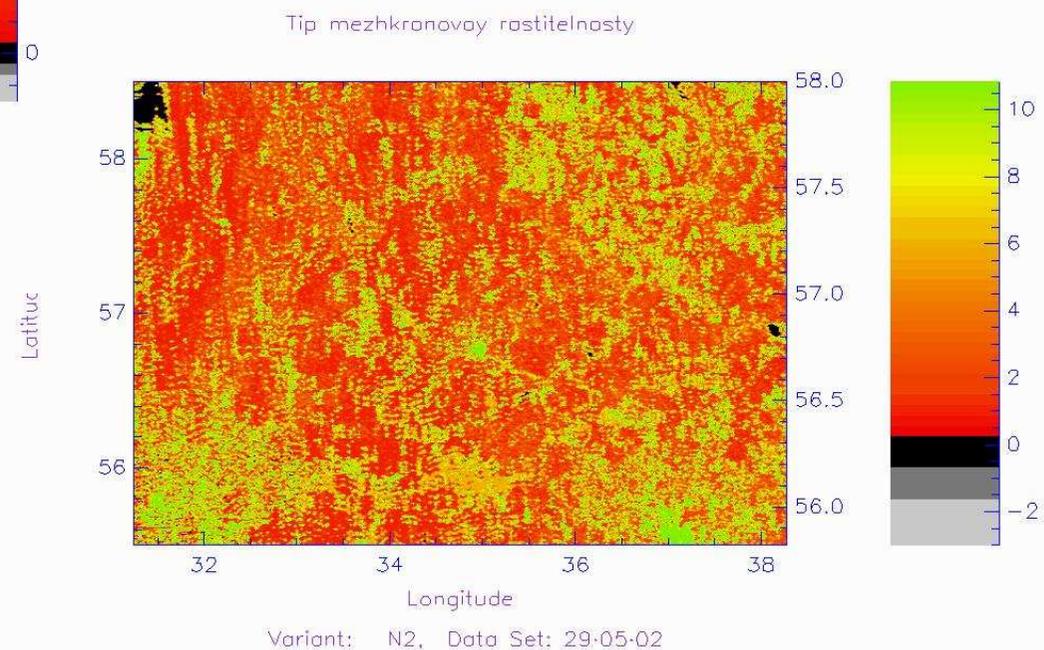
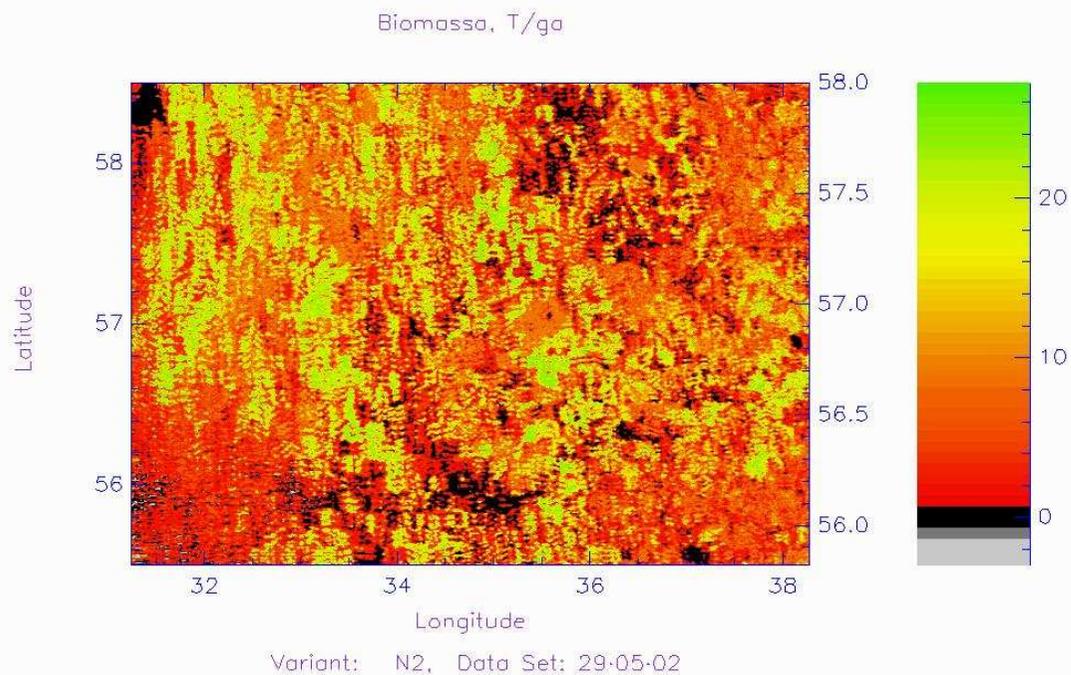
**Изображения аппаратуры MODIS на дату 29.05.02
(слева) и 30.05.02 (справа)**



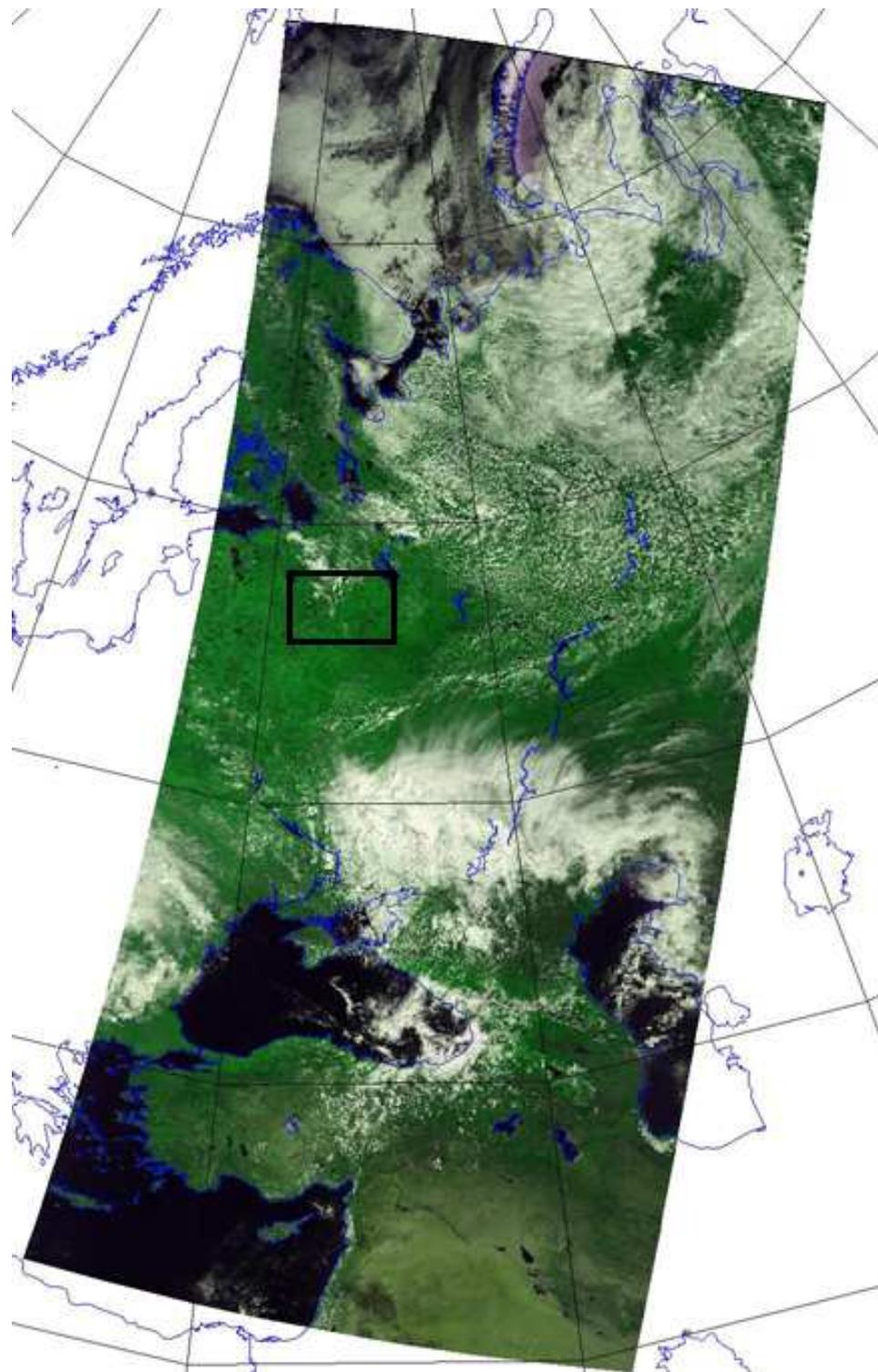
Значения биомассы растительности (слева) и состава растительности (справа) на дату съемки аппаратуры MODIS 30.05.02



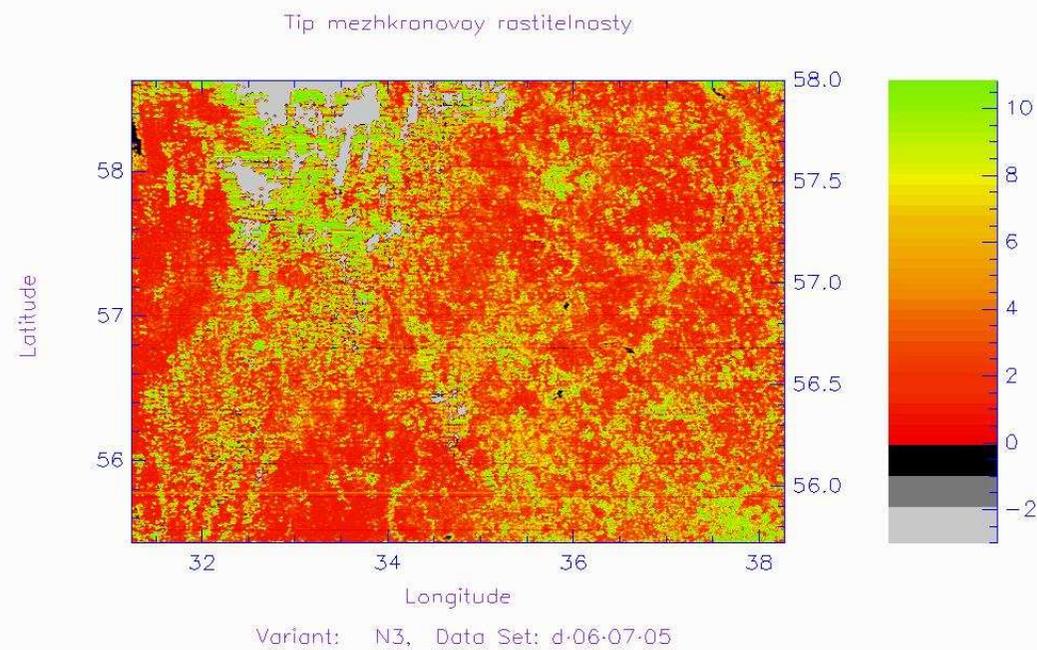
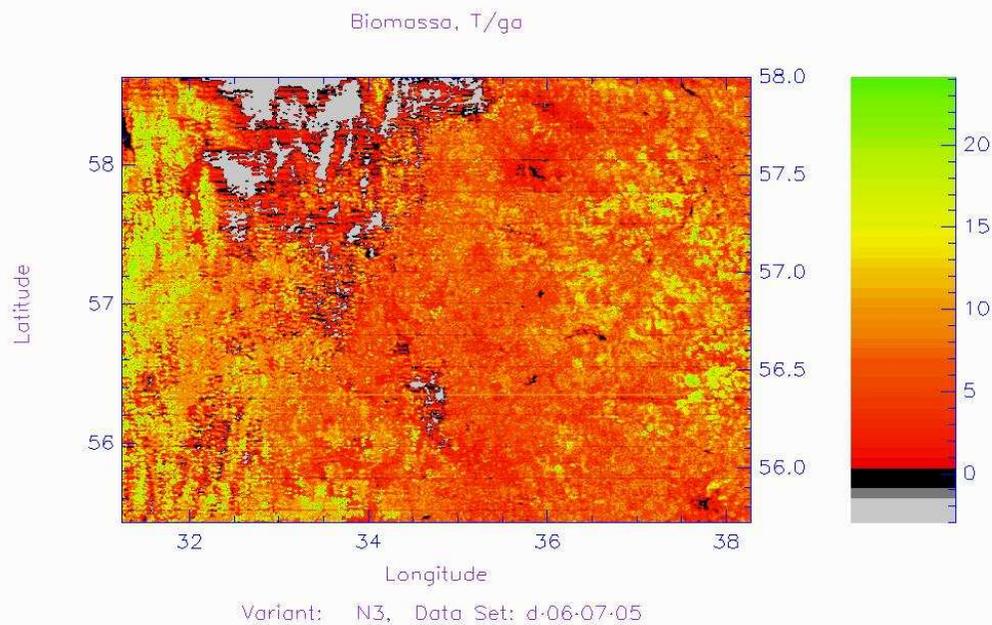
Значения биомассы растительности (слева) и состава растительности (справа) на дату съемки аппаратуры MODIS 29.05.02



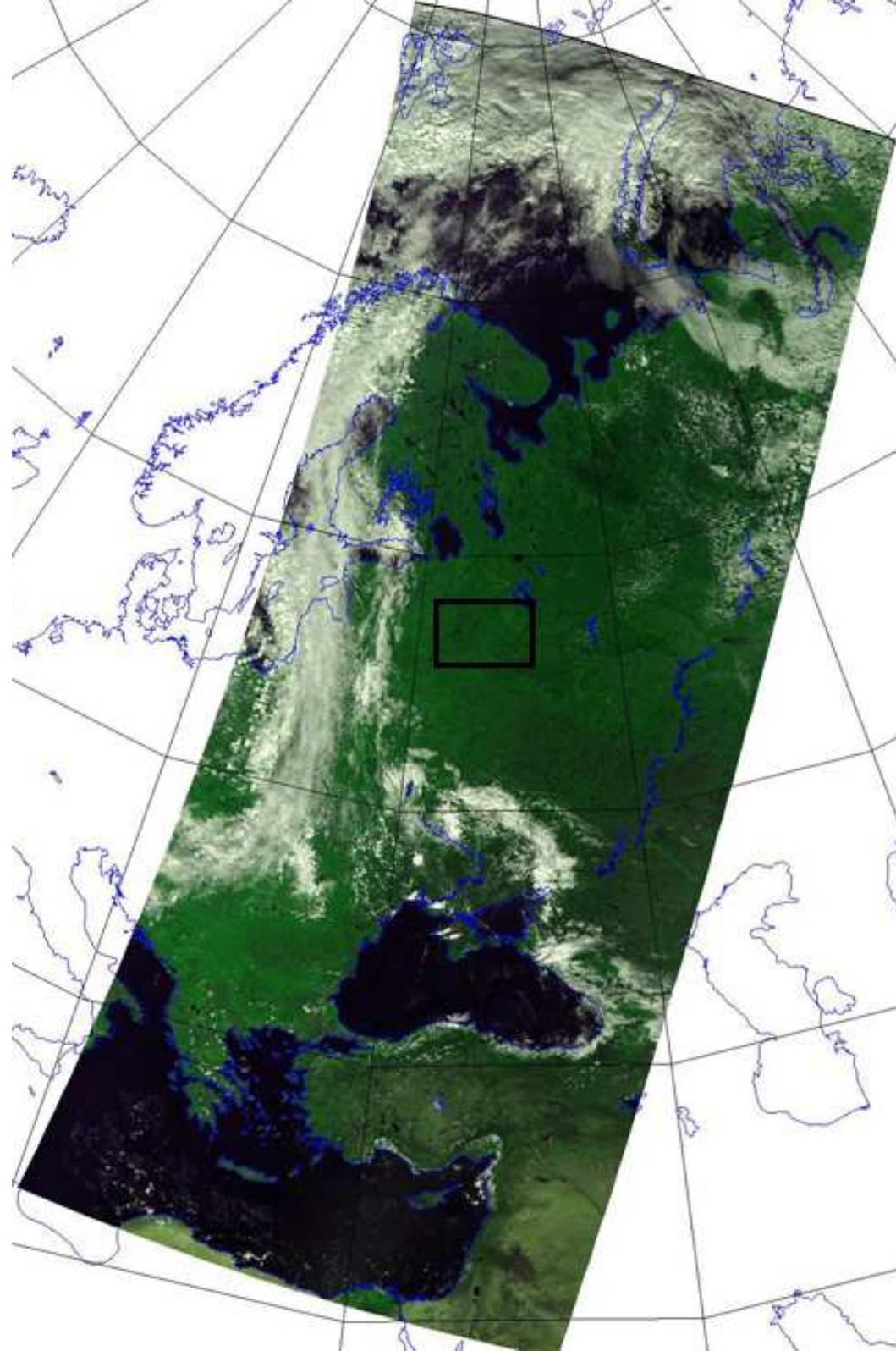
**Изображение исследуемой
территории (рамка) на
выбранном витке исходных
данных аппаратуры
MODIS за 06.07.05**



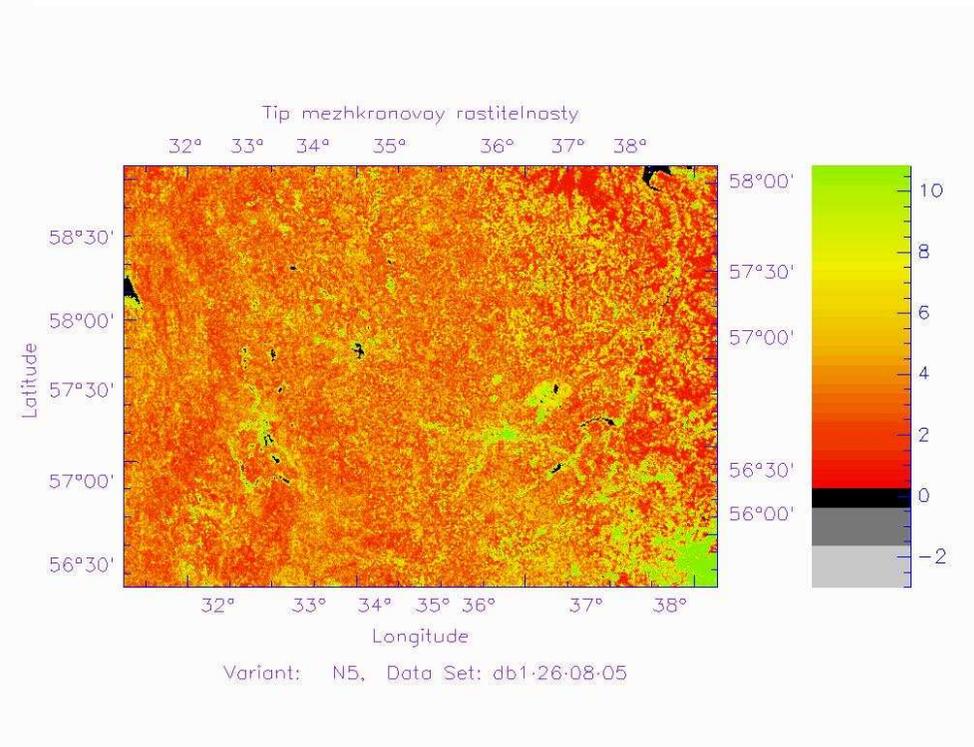
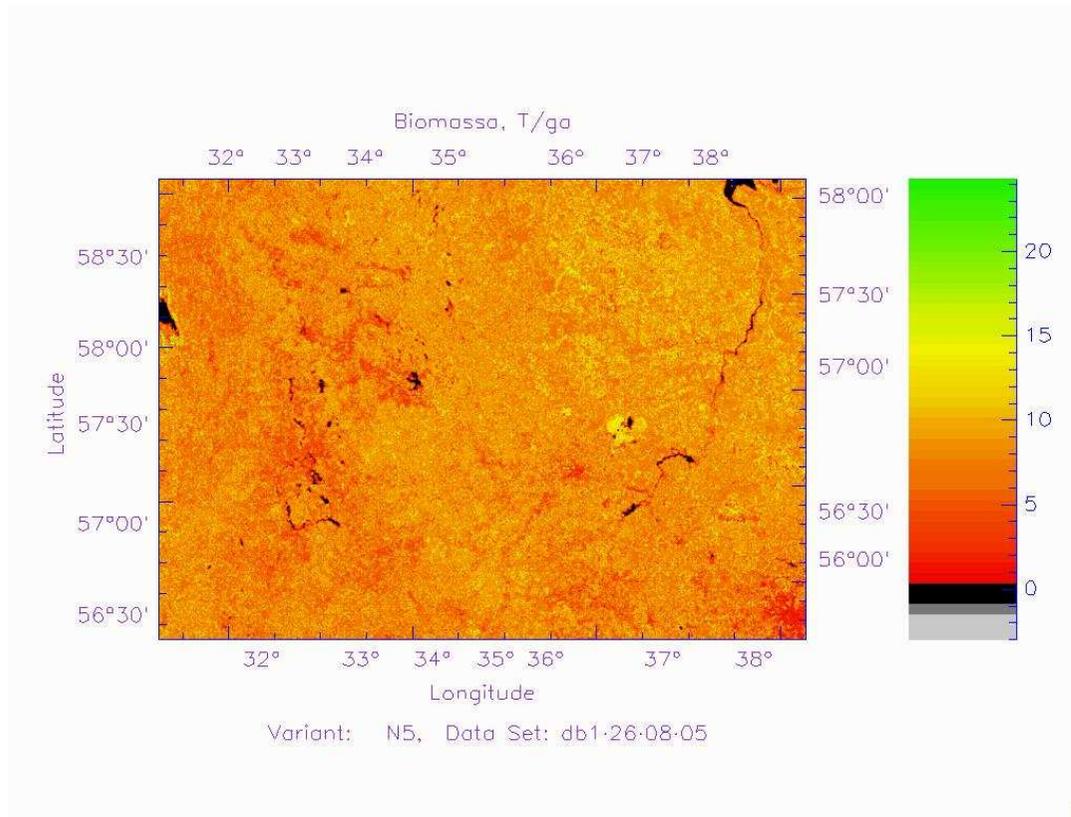
Значения биомассы растительности (слева) и состава растительности (справа) на дату съемки аппаратуры MODIS 06.07.05



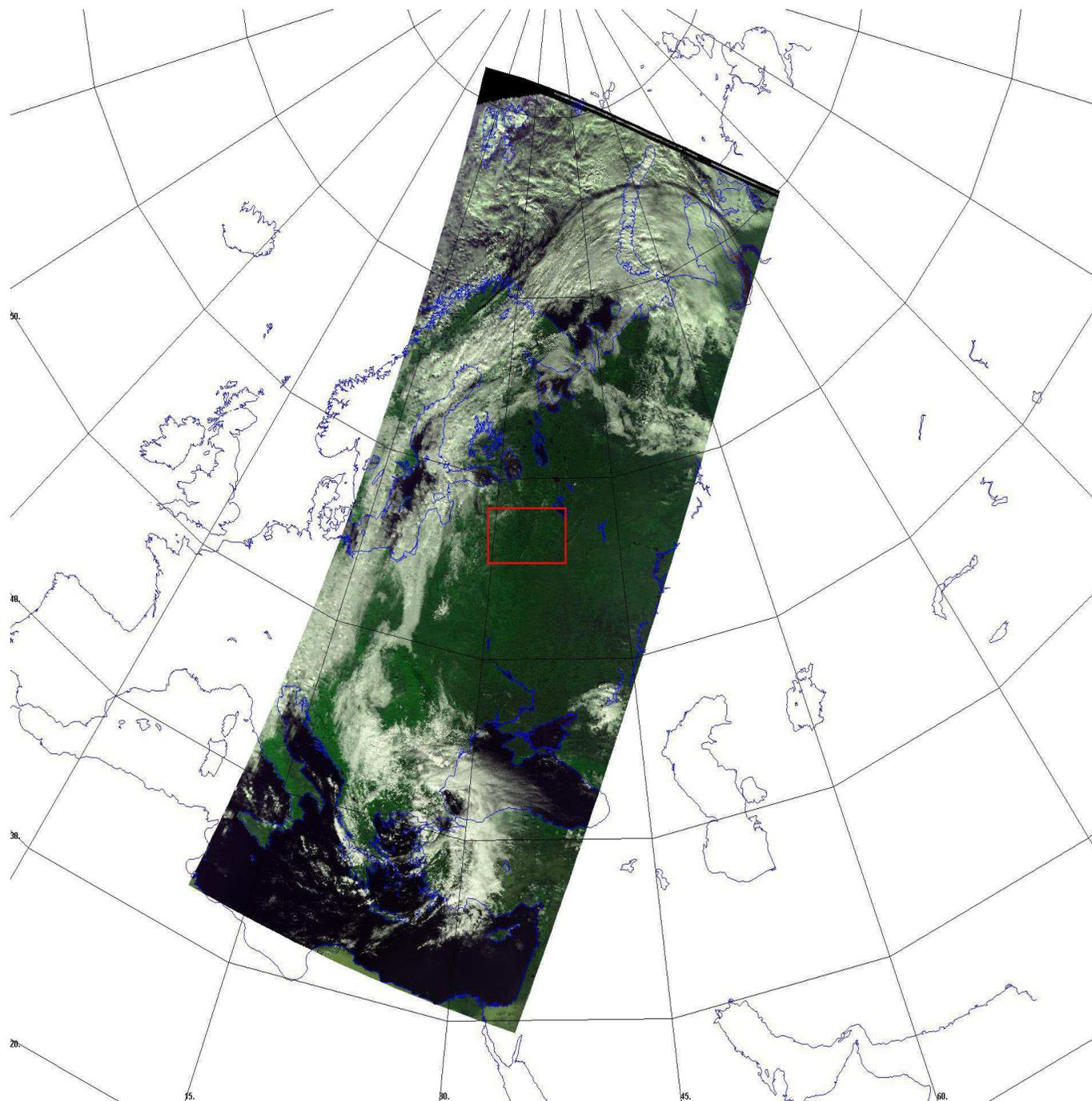
**Изображение исследуемой
территории (рамка) на
выбранном витке
исходных данных
аппаратуры MODIS за
26.08.05**



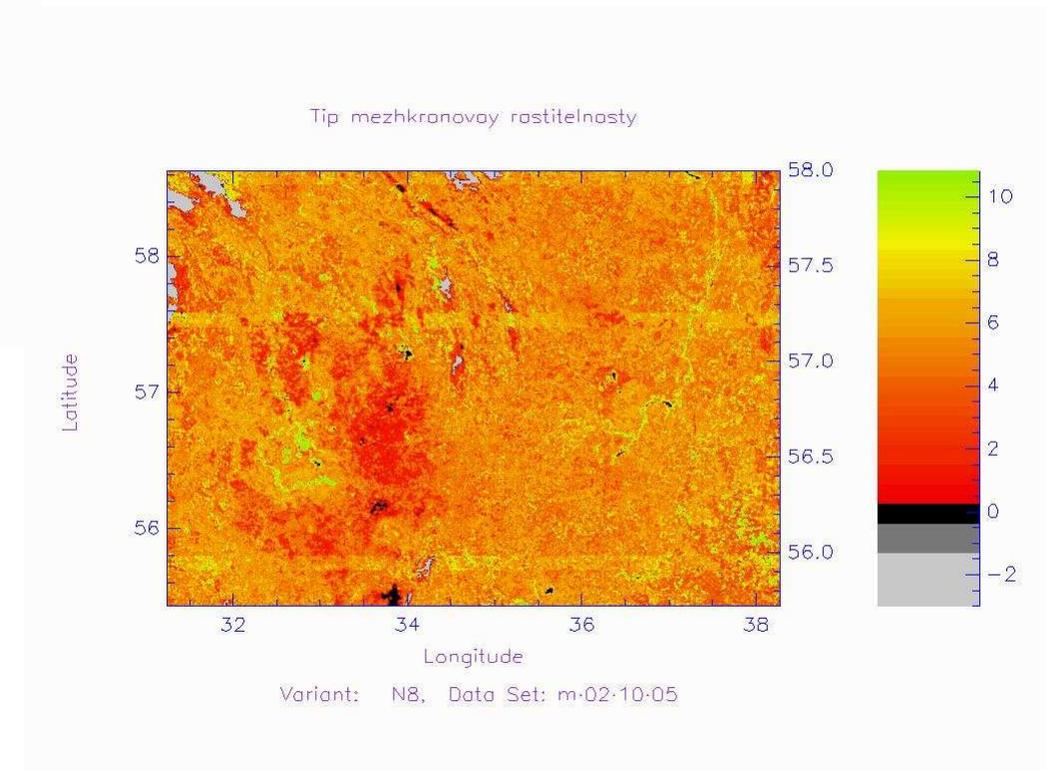
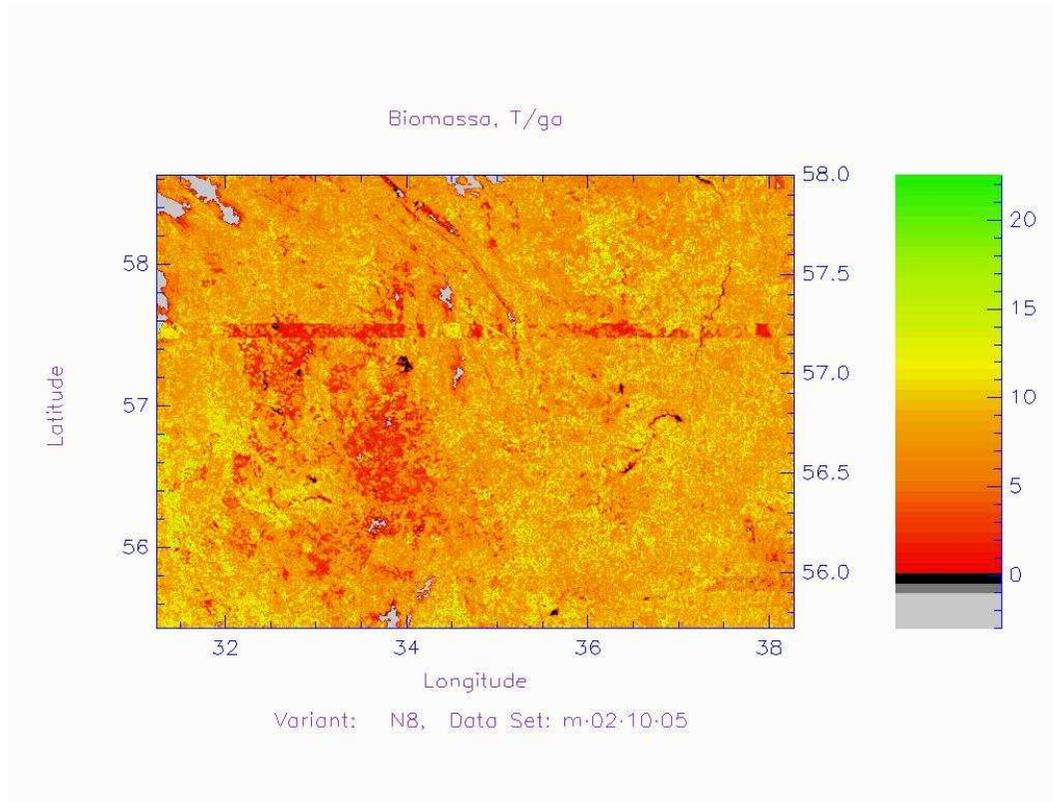
Значения биомассы растительности (слева) и состава растительности (справа) на дату съемки аппаратуры MODIS 26.08.05

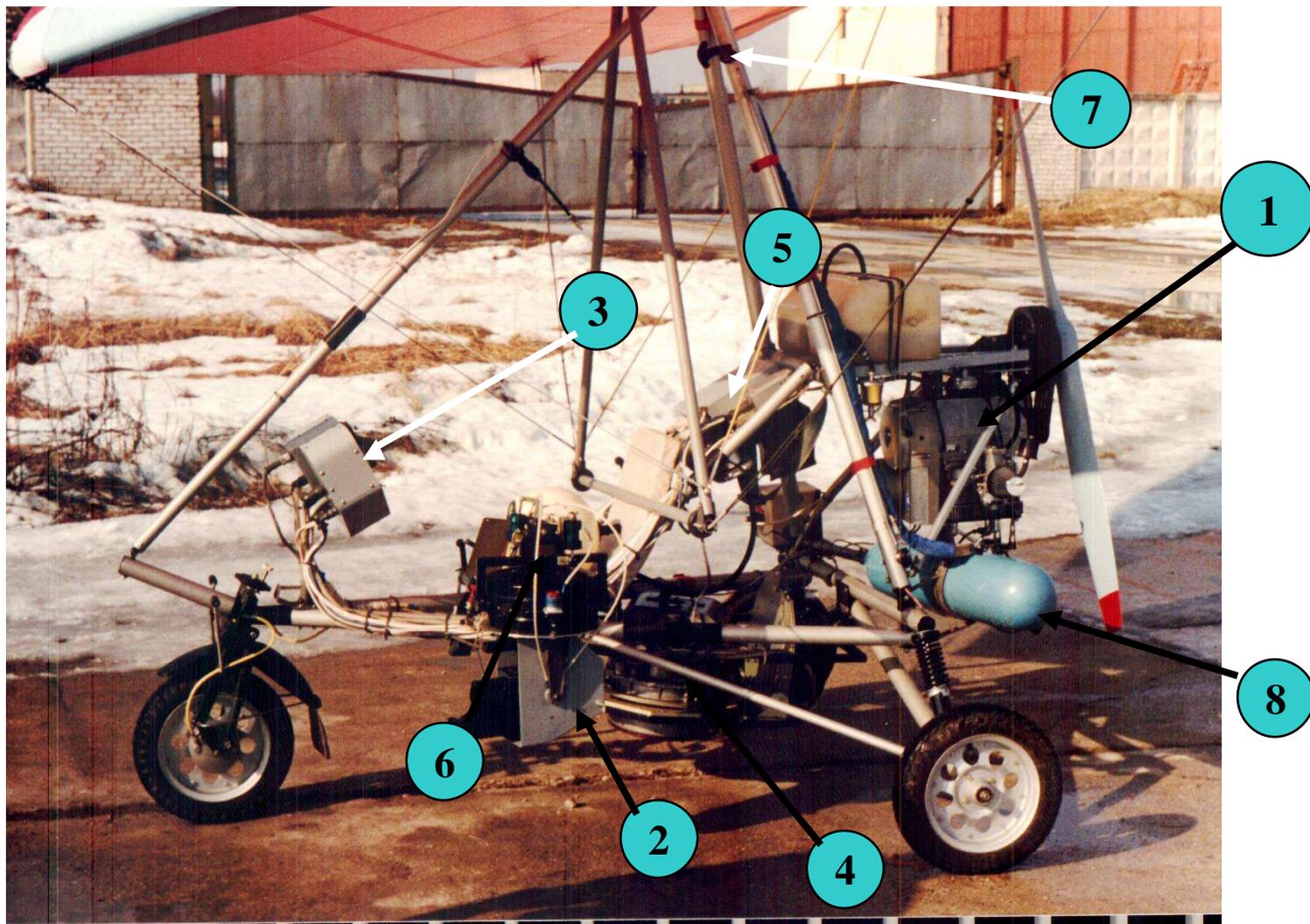


**Изображение
исследуемой
территории
(рамка) на
выбранном
витке исходных
данных
аппаратуры
MODIS за
02.10.05**



Значения биомассы растительности (слева) и состава растительности (справа) на дату съемки аппаратуры MODIS 02.10.05





1 - силовая установка на базе двигателя РМЗ-640; 2 - телевизионная камера в маятниковом карданном подвесе; 3 - командный прибор АФА, блок размещения навигационной и контрольно-измерительной аппаратуры; 4 - АФА ТЭ 140 в маятниковом карданном подвесе; 5 - блок электронного управления системой сельсинного привода разворота съемочных платформ; 6 - блок регистрации видеoinформации и данных GPS привязки; 7 - GPS приемник GPSMAP 76CS; 8 - авиационно-десантная система спасения.

**Разработаны и внедрены в практику более десяти технологий решения
производственных задач информационного обеспечения предприятий
нефтегазового комплекса РФ**

(на данном снимке участки фильтрации газа индицируются эвтрофированными водоемами в зоне
коридора магистрального газопровода)



Эталонный видеок кадр полученный на этапе летных испытаний системы локального мониторинга.

Съемка выполнена с мотодельтоплана «Поиск-06 ТМ». Точность позиционирования центра видеок кадра составляет 10-12 м. Объект съемки: эрозионно опасный участок Уренгойского коридора магистральных газопроводов.



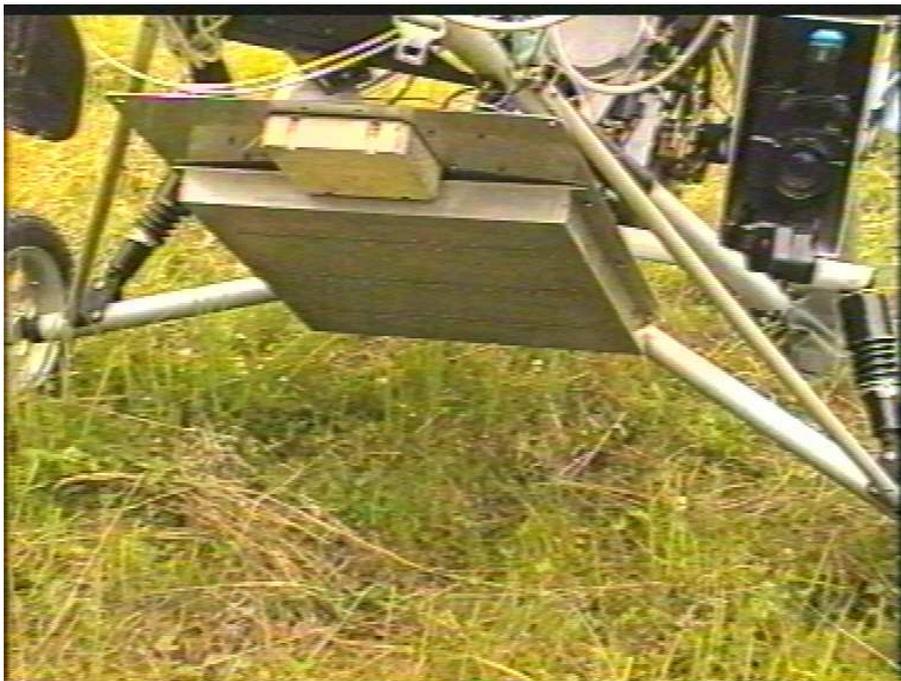
Экономическая целесообразность реализации проекта локального мониторинга нефте- и газотранспортных систем.

Тип платформы	Объем реально используемой информации, %	Масштаб ортофотоплана	Цена 1 кв.км. (USD)
<i>Платформы космического базирования</i>			
QuickBird	27	1:2000	22
IKONOS	10	1:5000	20
EROS	2.5	1:10000	8.2
SPOT-5	1.6	1:25000	2.2
IRS-1C/1D	0.3	1:50000	0.3
SPOT-4	0.1	1:100000	0.52
<i>Авиационные платформы</i>			
АН-30	65	1:2000	38
ТУ-134СХ	56	1:5000	56
МИ-8МТ	70	1: 500	45
<i>Сверхлегкие летательные аппараты</i>			
СЛА	95	1:100	3.2

Производительность системы локального мониторинга 25 кв.км./час. Стоимость 1 кв.км. – 3.2 USD.

Снижение затрат на выполнение ДЗ в сравнении с КС в 6.9 раз; АФС в 11.8 раз.

Прибыль от выполнения производственных летно-съёмочных работ составит не менее 800 000 – 1 000 000 USD/год.



Возможна доработка состава бортовых средств локального мониторинга

- Видеоспектрометр (для получения количественных оценок величины биомассы почвенно-растительного покрова, содержания взвесей в водоемах и др.)
- Тепловизор (для обнаружения температурных контрастов и анализа теплоинерционных характеристик объектов природно-техногенной сферы в дневное и ночное время суток)
- СВЧ-радиометр (для определения степени увлажнения зондируемых территорий)

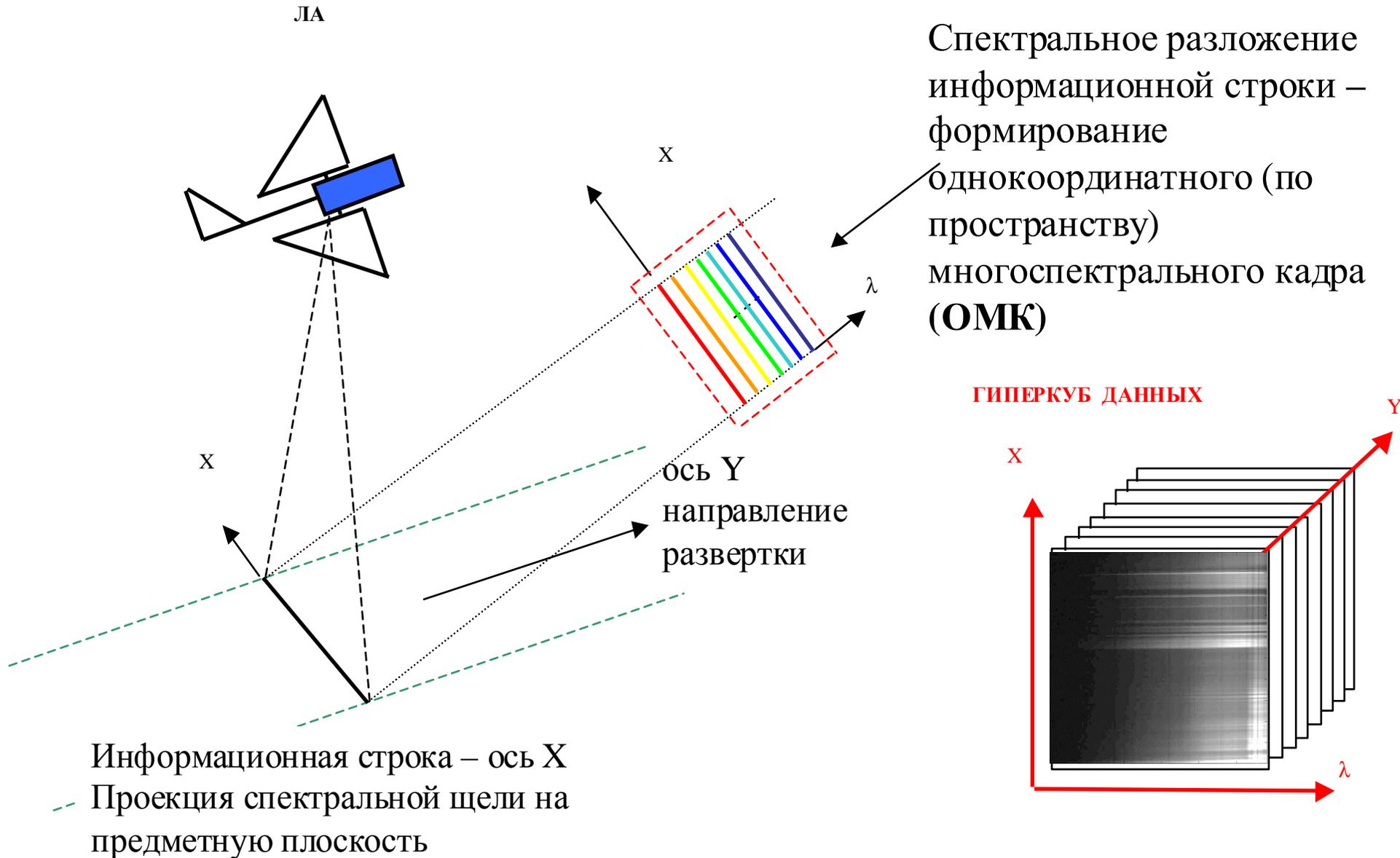


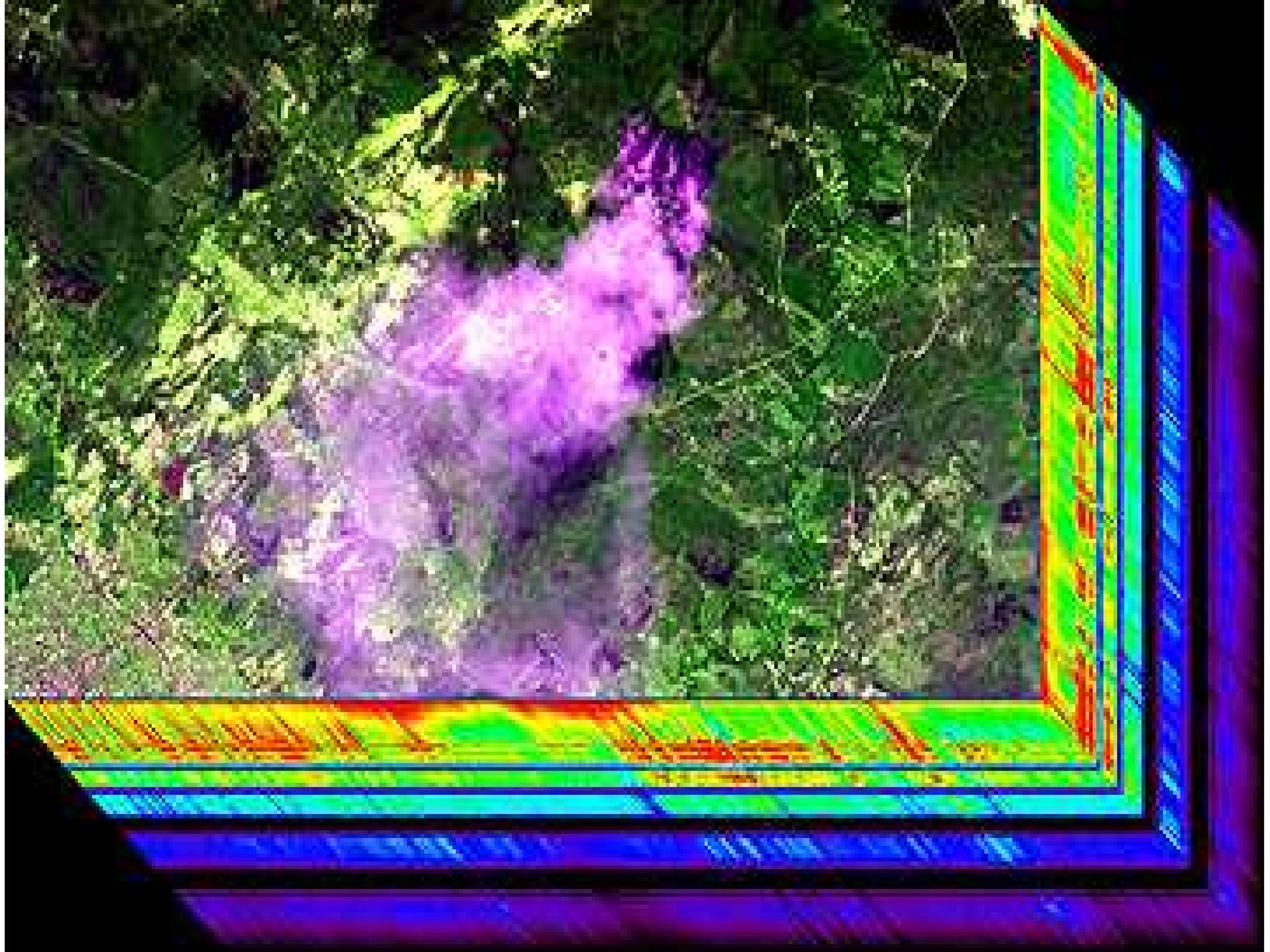
ВИДЕОСПЕКТРОМЕТР ВИДИМОГО И БЛИЖНЕГО ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНОВ СПЕКТРА ДЛЯ СЪЕМОК С МОТО-ДЕЛЬТАПЛАНА (разрабатывается кафедрой «Системы, устройства и методы геокосмической физики» - СУМГФ МФТИ)

Полевой видеоспектрометр будет обладать следующими основными техническими характеристиками:

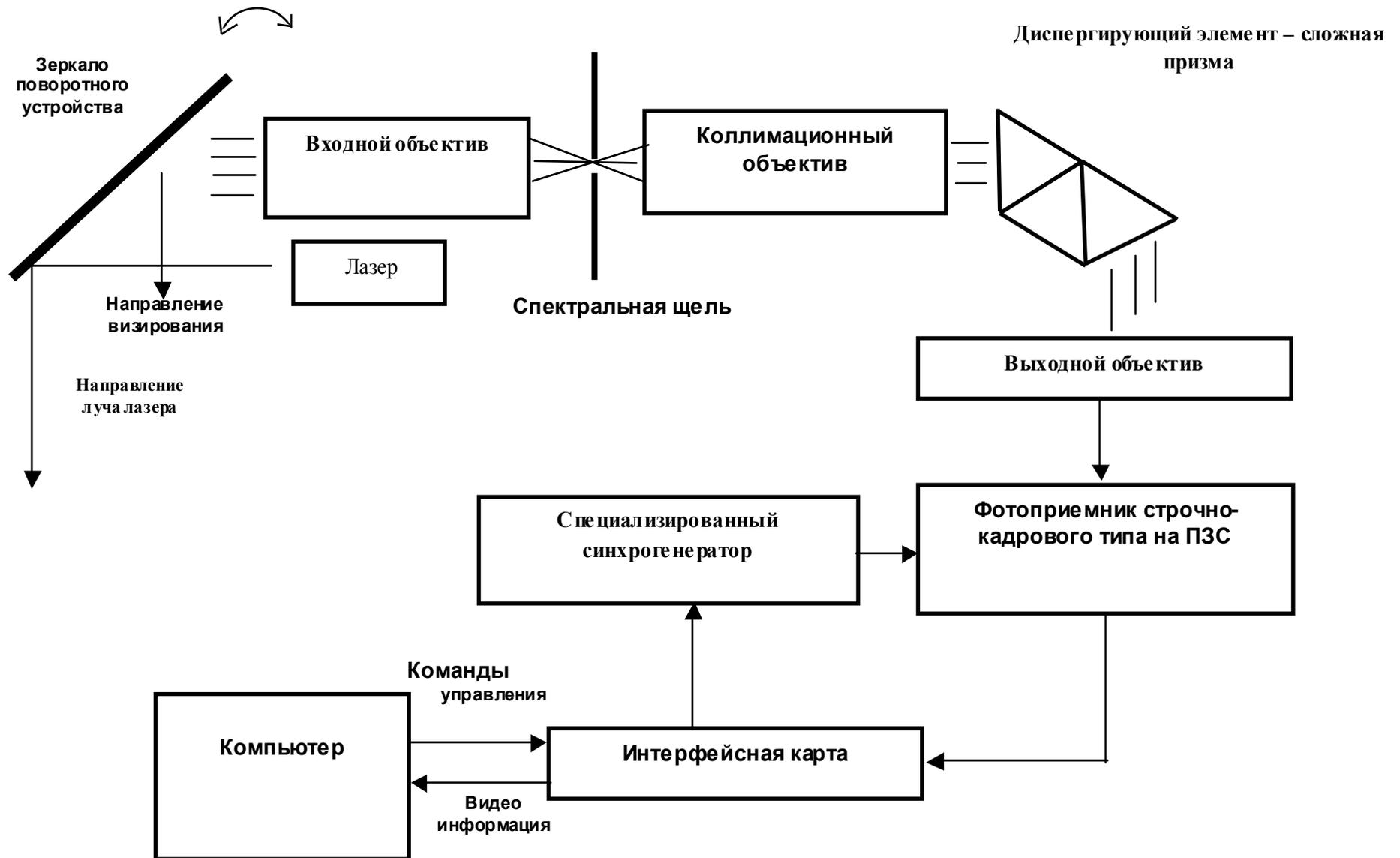
- рабочая спектральная полоса – 400-900 нм;
- число синтезированных спектральных каналов в рабочей полосе - 104 (количество потенциальных спектральных каналов -290);
- спектральное разрешение - 4 - 20 нм;
- угловое разрешение – не хуже 11 угл. мин, соответственно пространственное разрешение (в надирном направлении) - 3.33 м с дистанции наблюдения 1 км ;
- радиометрическое разрешение - не хуже 0.4 %;
- полоса захвата - не менее 1 км, с дистанции наблюдения 1 км;
- рабочие углы Солнца - 10° - 90° град;
- масса макета полевого видеоспектрометра - не более 2-3 кг;
- максимальное энергопотребление – не более 10 Вт, уточняется на этапе проектирования;
- выходной сигнал каждого канала представляется в цифровом 12-ти разрядном коде.

Принятая идеология съемки – PUSHBROOM

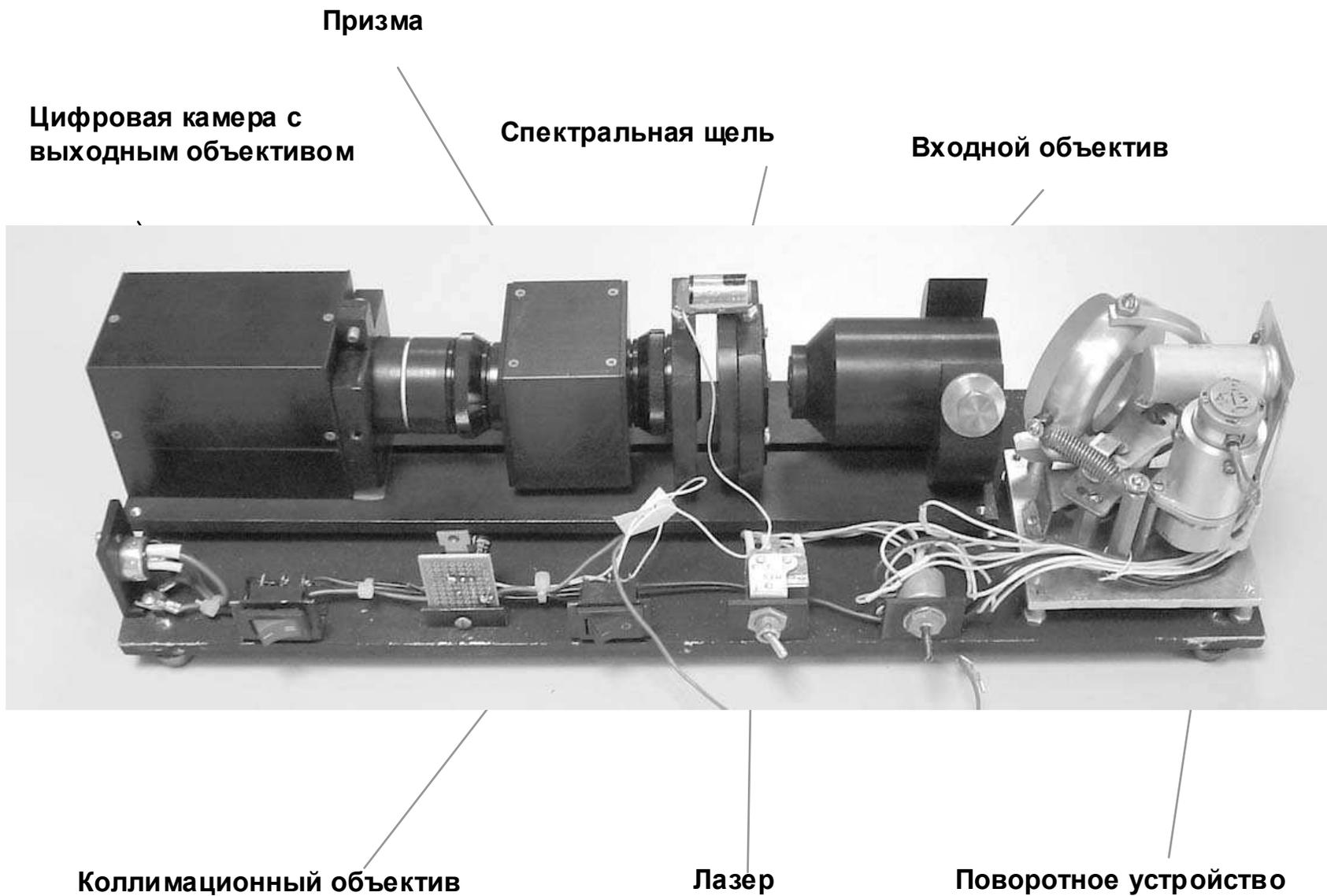




СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА ВИДЕОСПЕКТРОМЕТРА



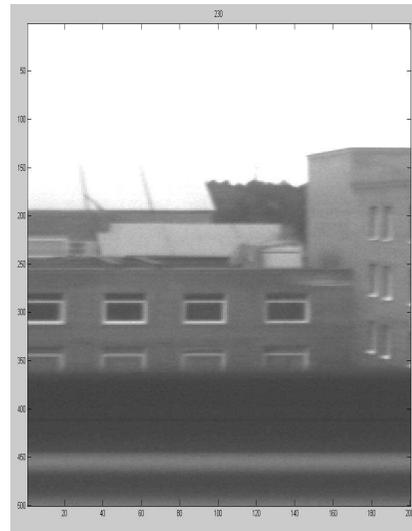
ИЗОБРАЖЕНИЕ МАКЕТА



РЕЗУЛЬТАТ КОНТРОЛЬНЫХ СЪЕМОК



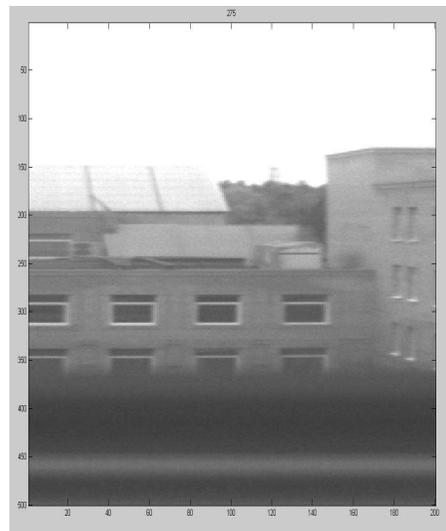
$\lambda=500$ нм,
 $\Delta\lambda=0.6$ нм



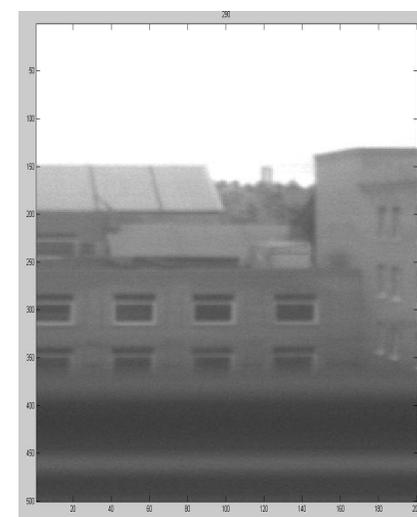
$\lambda=600$ нм,
 $\Delta\lambda=1.4$ нм



$\lambda=700$ нм,
 $\Delta\lambda=3.4$ нм



$\lambda=800$ нм,
 $\Delta\lambda=5.5$ нм



$\lambda=900$ нм,
 $\Delta\lambda=20$ нм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместное использование современных методов космического мониторинга, валидации получаемой информационной продукции по данным локального аэромониторинга и наземной экологической диагностики позволяет оперативно выявлять зоны потенциальных нарушений экосистем и получать достоверную информацию о степени экологического риска на данной территории

Проект «Аэрокосмический мониторинг природно-техногенной сферы» стал победителем Первого конкурса русских экологических инноваций. Сб. «Инновации в экологии». Группа «Эксперт», 2006, с.96-98.



КОНКУРС РУССКИХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ

Диплом победителя

Награждается
НП "Институт синергетики"

за проект
"Аэрокосмический мониторинг природно-техногенной сферы"

директор
Аналитического центра "Эксперт"
А. Шмаров

руководитель
Инновационного бюро "Эксперт"
Д. Медовников

ИННОВАЦИИ В ЭКОЛОГИИ
Москва 2006

