

АНАЛИЗ СПУТНИКОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ В РАМКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО ПРОЕКТА GMES

Н.Н. Новикова, Л.И.Пермитина, Т.Г.Куревлева

Федеральное космическое агентство.

Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ)

Центра космических наблюдений.

127490, г. Москва, ул. Декабристов, вл. 51, корп. 25,

Тел. 105-0419, факс: (095) 404-77-45, e-mail: ntsomz@ntsomz.ru, site: www. ntsomz.ru

В докладе приведены основные результаты проекта «Мониторинг лесов в России» (GSE FM - GMES Service Element Forest Monitoring), выполненного по заказу Европейского космического агентства в рамках европейского проекта GMES (Глобальный Мониторинг Окружающей Среды). Основной задачей GSE FM являются подготовительные исследования по согласованию и развитию методов лесного мониторинга с использованием спутниковых данных, разрабатываемых в Европе и в России.

С 2001 г. страны Европейского содружества участвуют в программе Global Monitoring Environment and Security (GMES) – Глобальный мониторинг окружающей среды и безопасность (GMES). В рамках этой программы Европейское космическое агентство (ЕКА) финансирует ряд проектов под общим названием GMES Service Elements (GSE) – службы GMES. Один из таких проектов GSE Forest Monitoring (GSE FM) посвящен разработке перспектив для создания службы мониторинга лесов на базе использования спутниковых и наземных данных. Информацию об этом проекте, а также о других GSE проектах и в целом о направлениях программы GMES можно найти по адресу <http://earth.esa.int/gmes/>. Были заключены контракты ЕКА с организациями – участниками проекта, а последние, в свою очередь, заключали субконтракты с исполнителями работ. Основной контракт по проекту заключен между ЕКА и аэрокосмической фирмой (GAF) Федеративной Республики Германия, работающей под управлением Германского аэрокосмического агентства (DLR). Одним из участников проекта является Университет им. Фридриха Шиллера (FSU) в г.Йена, Германия, который курирует ту часть проекта, которая называется “Forest Monitoring in Russia” («Мониторинг лесов в России»). Как известно, Россия имеет на своей территории 22% мировых лесных массивов и поэтому играет ключевую роль в формировании состояния окружающей среды. Учет этого влияния на европейские экосистемы весьма актуален. В рамках проекта выполнялись подготовительные исследования по расширению и согласованию методов лесного мониторинга с использованием спутниковых данных, разрабатываемых в Европе, с методами лесного мониторинга в России. Ниже перечислены участники проекта:

1. FSU – Йенский Университет им. Ф.Шиллера, Географический факультет, кафедра Геоинформатики, проф.Кристина Шмулиус – координатор проекта.
2. IASSA – Международный институт анализа прикладных систем – Австрия.
3. НЦ ОМЗ – Научный центр оперативного мониторинга Земли, Федеральное Космическое Агентство, г.Москва.
4. НРГИИТ – Новосибирский центр геоинформационных технологий, СО РАН.
5. ИСЗФ - Институт солнечно-земной физики СО РАН, г.Иркутск.
6. Лесная служба Иркутского регионального управления природными ресурсами, МПР.

FSU с каждой организацией заключил контракт по выполнению конкретных пунктов проекта. В рамках проекта исполнителям поручено выполнить обзор и анализ возможностей реализации методов лесного мониторинга на территории России по спутниковым данным. Иркутская область выбрана в качестве полигона для валидации методов мониторинга леса. НЦ ОМЗ заключил контракт с Университетом им. Ф. Шиллера, в соответствии с которым, в рамках своей компетентности, выполнил анализ спутниковой инфраструктуры в России: обзор приемных центров и приемных станций, обзор архивов спутниковой информации, обзор действующих и перспективных российских спутников, имеющих на борту приборы, пригодные для лесного мониторинга. Анализ требуемых видов наземных опорных данных, сетей и форм сервиса для потребителей выполнялся другими участниками проекта.

Основные итоги проекта GSE FM

Одним из самых ёмких итоговых документов проекта является Service Prospectus (Перспектива службы). В проспекте дано техническое описание служб GSE-FM. Проспект должен помочь нынешним и будущим пользователям понять преимущества лесного мониторинга в их оперативной работе. Представлены три вида служб мониторинга лесов:

- Изменение климата
- Организация лесопользования
- Экологические приложения & Охрана природы

В проекте рассматривались различные географические и временные аспекты: глобальный мониторинг лесов, континентальный, региональный, национальный, локальный, временные рамки: настоящее время, 2 года, 2-5 лет, 5-10 лет и более далекая перспектива. Проект должен был дать ответы на следующие вопросы: какая информация необходима для службы; как согласовать требования конечных потребителей с возможностями провайдеров службы и, в связи с этим, какие стандарты можно установить для выходной продукции службы; в какой мере служба может быть обеспечена спутниковыми данными; какая инфраструктура способна реализовать задачи GSE-FM; каковы преимущества и есть ли выгода от спутникового мониторинга лесов.

В табл. 1 представлены группы задач, которые будут решаться в рамках службы, и интервал обновления данных по каждой задаче.

Таблица 1

Группы задач. Доля задачи в группе и цикл обновления данных

Группа задач	Наименование задачи	2005 – 2012 гг. (предполагаемая доля задачи в группе) [%]	Цикл обновления данных (лет)
Изменение климата, регулярные национальные отчеты	Мониторинг лесов для формирования национальных отчетов о содержании углекислого газа – центральная Европа	70	3-5
	Создание и обновление национальных информационных систем лесопользования с помощью данных наблюдения Земли – южная Европа	20	3-5
	Мониторинг лесов для формирования национальных отчетов о содержании углекислого газа – служба для регионов, покрытых облаками большую часть года	10	3-5
Изменение климата, обеспечение проектов экологически чистых технологий	Землепользование с позиций проектирования экологически чистых производств	100	3-5
Учет состояния и изменений лесного хозяйства, национальный и региональный уровни	Мониторинг лесовосстановления с помощью данных наблюдения Земли – северная Европа	25	1-2
	Индикаторы экологического состояния лесов	50	3-5
	Обновление данных по лесам на региональном уровне – центральная Европа	25	3-5

Для службы мониторинга лесов используются спутниковые данные высокого и детального разрешения. Как правило, исходные данные для работы службы включают: снимки Landsat (ETM+ Enhanced Thematic Mapper), SPOT, ERS (SAR) и ENVISAT (ASAR), цифровые модели местности (Digital Elevation Model – DEM) и опорные наземные данные. В Европе в основном используются оптические данные. Для районов, покрытых облачностью большую часть года, например, во Французской Гвиане, используются данные SAR. Основные характеристики приборов приведены в табл. 2.

Спутниковые приборы, обеспечивающие службу GSE FM исходными данными

Спутник	Прибор	Количество спектральных каналов	Разрешение, м	Полоса обзора, км
Landsat1-5 (архивные данные) Landsat 7 (оперативная съемка и архив)	MSS TM ETM+	4 7 8	80 30 30 / 15 (PAN)	185
SPOT-1,2,3 (архив) SPOT-4 (архив) SPOT-5 (оперативная съемка и архив)	HRV HRVIR HRG	5 (SPOT-5)	10 (VIS и NIR) 20 (SWIR) 5 / 2,5 (PAN)	60
IRS-1C / IRS-1D (оперативная съемка и архив)	LISS-III PAN	4 1	23 5,8	142 70
ENVISAT (оперативная съемка и архив)	ASAR	1	25 / 150	100 / 500
ERS (оперативная съемка и архив)	SAR	1	25	100

Данные приборов, указанных в табл. 2, при необходимости дополняются аэрофотосъемкой, например, в Германии.

Предварительная обработка изображений включает ортотрансформирование с привлечением цифровой модели рельефа (ЦМР) и построение ортомозаик. Затем выполняется основная обработка с целью решения конкретной задачи лесного мониторинга. Это может быть, например, классификация неконтролируемая или с обучением, если имеются опорные наземные данные. Затем производится интерактивный анализ и валидация результатов классификации. Анализ выполняется с привлечением моделей лесопользования и контрольных наземных данных. Завершается процесс обработки формированием ряда выходных продуктов. Как правило, выходные продукты представляют собой карты вырубок, последствий лесных пожаров, карты лесовосстановления, карты индикаторов состояния леса, карты распределения лесного покрова по породам и т.п. Кроме того, формируются графики и диаграммы различных показателей состояния леса во времени и в пространстве. Результаты оформляются в виде кратких отчетов.

В службе изменения климата представлены два направления: получение исходных данных для Отчетов о содержании углекислого газа, (Greenhouse Gas Reporting) и получение исходных данных для проектов промышленного развития, сохраняющих окружающую среду (CDM – Clean Development Mechanisms). В основном это – карты изменения растительного покрова земной поверхности, а также диаграммы и таблицы. На рис.1 в качестве иллюстрации приведена схема работы службы по получению исходных данных для отчетов о содержании углекислого газа.

В службе организации лесопользования также представлены два направления: первое - картирование и мониторинг повреждений леса (вырубки, лесные пожары, другие повреждения), второе – обновление национальных баз данных и геоинформационных систем по лесам и лесному хозяйству. Выходные продукты представляются в виде карт вырубок и лесовосстановления, карт лесного покрова в целом, карт типов леса, карт возраста леса. На рис. 2 представлена схема работы службы по первому направлению.

В службе экологических приложений и охраны природы представлено направление землепользования и определение индикаторов состояния лесов. Последние определяются для районов, заданных пользователем, и являются входными параметрами в системы экологического мониторинга и экологического моделирования, подчеркивая важную роль, которую играют леса в таких проблемах, как загрязнение воздуха, стрессовые нагрузки на экосистему, состояние почвы и водных ресурсов

16-17 сентября 2004 г. в Хельсинки состоялось Заключительное совещание по проекту GSE FM первой фазы. Организации – участники проекта представили отчеты о работе. В комментариях главного менеджера проекта представителя GAF (Германия) Томаса Хёслера отмечалось большое значение службы мониторинга лесов в связи с обязательствами, накладываемыми на страны в рамках Киото протокола. В частности, отмечалась необходимость предоставлять ежегодно сведения о содержании углекислого газа в атмосфере. В настоящее время 141 страна, включая Россию, подтвердила свое согласие присоединиться к Киото протоколу и выполнять обязательства по контролю и снижению уровня вредных выбросов в атмосферу. Спутниковые данные и создаваемая служба мониторинга лесов должны оказать помощь в подготовке ежегодных отчетов. По спутниковым данным можно оценить биомассу лесов, которая связана с уровнем поглощения углекислого газа. Поэтому идеи, продвигаемые проектом, весьма актуальны. Коротко их мож-

но сформулировать так: интеграция усилий, стандартизация выходных продуктов, обмен информацией, совершенствование методов усвоения спутниковой информации.

В ряде итоговых документов проекта были рассмотрены вопросы оценки предполагаемых преимуществ и предполагаемой экономии средств от внедрения Служб лесного мониторинга (документ СВА – Cost saving and Benefit Analysis), а также вопросы анализа требований потребителей и соответствия выходных результатов этим требованиям. Документы SLA – Service Level Agreement представляют собой протоколы согласования видов и форматов выходных продуктов между обработчиками и конечными пользователями. Была приведена также оценка перспектив развития служб. В течение ближайших 15-20-ти лет предполагается рост числа конечных пользователей на порядок – до 230-ти организаций, и увеличение площади лесного мониторинга до 10 тыс. кв. км. Рассмотрены также перспективы запусков спутников, имеющих на борту приборы, пригодные для мониторинга лесов.

Обращает на себя внимание то, что пока лесные службы разных стран относятся к проекту и к предполагаемому использованию спутниковых данных в своей работе совершенно по-разному. Если немецкие специалисты, уже давно использующие данные дистанционного зондирования, в том числе аэрофотосъемку, решают вопросы распознавания пород леса и определения параметров роста деревьев, то в Греции только начинают знакомиться с результатами работы по северным лесам страны, а в Польше только начинают проявлять интерес к проблеме.

Руководители проекта выразили заинтересованность в том, чтобы проект перешагнул за рамки Европы. Поэтому участие России всячески приветствуется и вклад Российских организаций-участников в отчетные документы проекта высоко оценен. Вторым направлением развития проекта назван регион Южной Африки – четыре государства приняли участие в проекте сейчас и готовы продолжить работу на следующей стадии проекта.

Наиболее спорным остается вопрос финансирования служб в перспективе. Большинство участников проекта полагают, что в ближайшее время без финансовой поддержки Европейского Союза в лице ЕКА обойтись нельзя. В перспективе же финансирование служб вероятно будет реально при участии Европейского союза и конечных пользователей, включая национальные государственные лесные службы, в равных долях.

Вопрос об экономии затрат при использовании спутникового мониторинга лесов также пока не решается однозначно. На первых порах суммарные затраты могут даже возрасти, поскольку, с одной стороны, необходимо покупать спутниковые данные и предусматривать затраты на обработку и получение выходных продуктов, а с другой стороны, необходимо финансировать лесные службы в обычном объеме. С течением времени последние затраты, вероятно, можно будет сократить. Участники Совещания отмечали, что стоимость спутниковых изображений все еще высока и составляет большую часть от общих затрат по созданию службы.

Оценка возможностей участия России в службе мониторинга лесов в части спутниковых данных

В отчетных материалах НЦ ОМЗ по инфраструктуре приема спутниковых данных и источникам данных наблюдения Земли в России были сделаны следующие выводы.

➤ Службы мониторинга леса могут получать данные наблюдения Земли с высокой оперативностью. Долговременная перспектива базируется на современных оперативных российских и зарубежных спутниках, на Российских миссиях ближайшей перспективы «Ресурс-ДК», «Монитор-Э», а также на таких будущих миссиях, как «Метеор-4».

➤ Имеется широкий спектр архивных данных. В целом, временной и географический охват данными не всесторонний. Иногда трудно получить данные оптического диапазона, не осложненные облачностью, по определенному региону за определенный период времени. Архивы доступны через Интернет. Поиск данных и просмотр сжатых изображений осуществляются с помощью интерактивных каталогов. Заказ архивных данных производится по E-mail или по телефону.

➤ В России имеет место значительная межведомственная разобщенность усилий в сфере приема и обработки спутниковых данных. Прием данных ведут различные организации, относящиеся к разным министерствам РФ, Региональные Администрации и независимые коммерческие фирмы. Это относится как к российским, так и к зарубежным спутниковым системам. Следовательно, политика распространения данных неоднородна и не стандартизирована.

➤ В настоящее время КА «Метеор-3М» № 1 является единственным российским оперативным спутником, обеспечивающим службы мониторинга леса снимками высокого разрешения в оптическом диапазоне с помощью трехканального оптического сканера МСУ-Э, который имеет полосу обзора 76 км и разрешение 32 м.

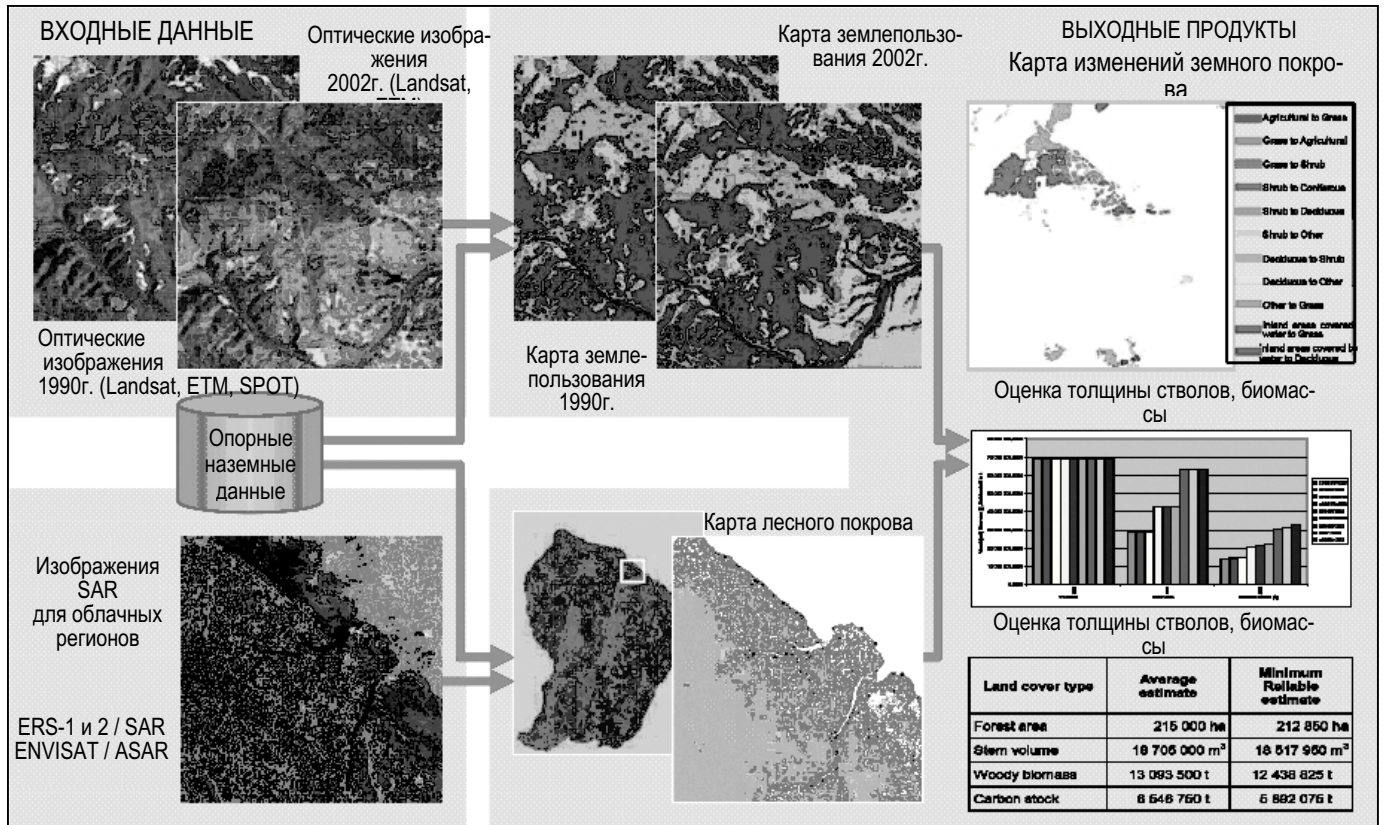


Рис. 1. Схема работы Службы формирования данных для отчетов о содержании углекислого газа

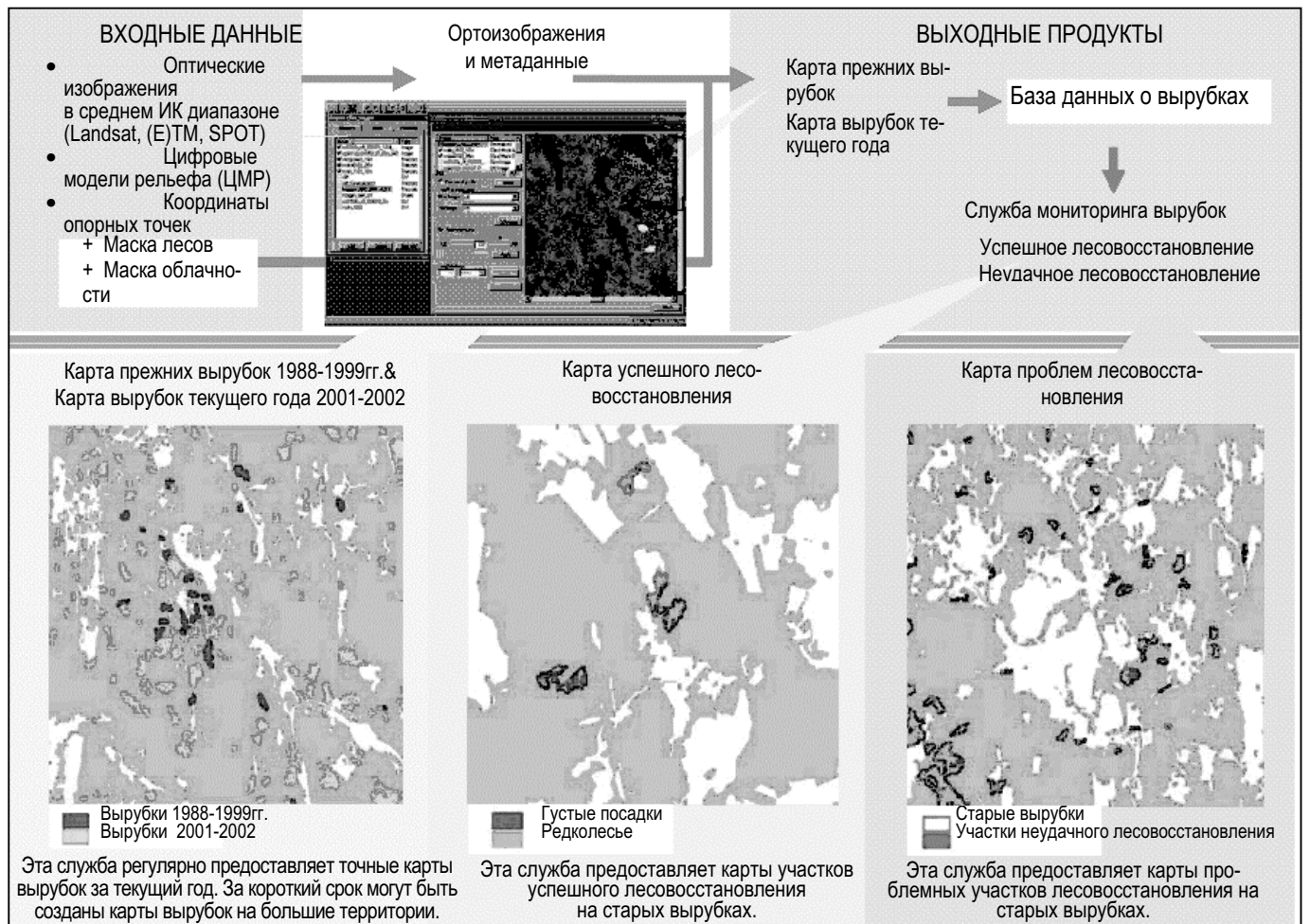


Рис. 2. Схема работы Службы картирования и контроля повреждений лесного покрова на примере картирования вырубок

➤ В России широкое распространение получили данные спектрорадиометров MODIS и AVHRR, поступающие с космических аппаратов серии EOS (Terra, Aqua) и NOAA соответственно. Приборы работают круглосуточно, прием данных осуществляется бесплатно. Наземные станции приема этих данных относятся к различным министерствам и ведомствам и расположены как в Европейской части России, так и в Сибири. В службе мониторинга лесов они могут играть вспомогательную роль обзорных данных, поскольку разрешение невелико: 250 м ±1 км у MODIS, 1 км у AVHRR. Однако в задаче обнаружения лесных пожаров роль этих данных значительно возрастает, поскольку при широкой полосе обзора (2320 км у MODIS) ежедневно можно получать до 3-х изображений одной и той же территории.

➤ Прием данных SAR с КА ERS-2 в России осуществляется в НЦ ОМЗ (Роскосмос) в рамках пилотных проектов. На рис. 3 представлен пример использования данных SAR ERS-2 для обнаружения вырубок. Недавно стал возможен прием данных с IRS-1C/1D наземными станциями МПП в Иркутске и наземной станцией СканЭкс в Кургане.

➤ В ближайшем будущем наиболее ценные данные для службы мониторинга лесов могут поступить от многоспектральных сканеров и панхроматических камер, установленных на борту КА «Монитор-Э» и «Ресурс-ДК». Вывод на орбиту обоих КА запланирован в 2005 году. Основные характеристики приборов приведены в табл. 3.

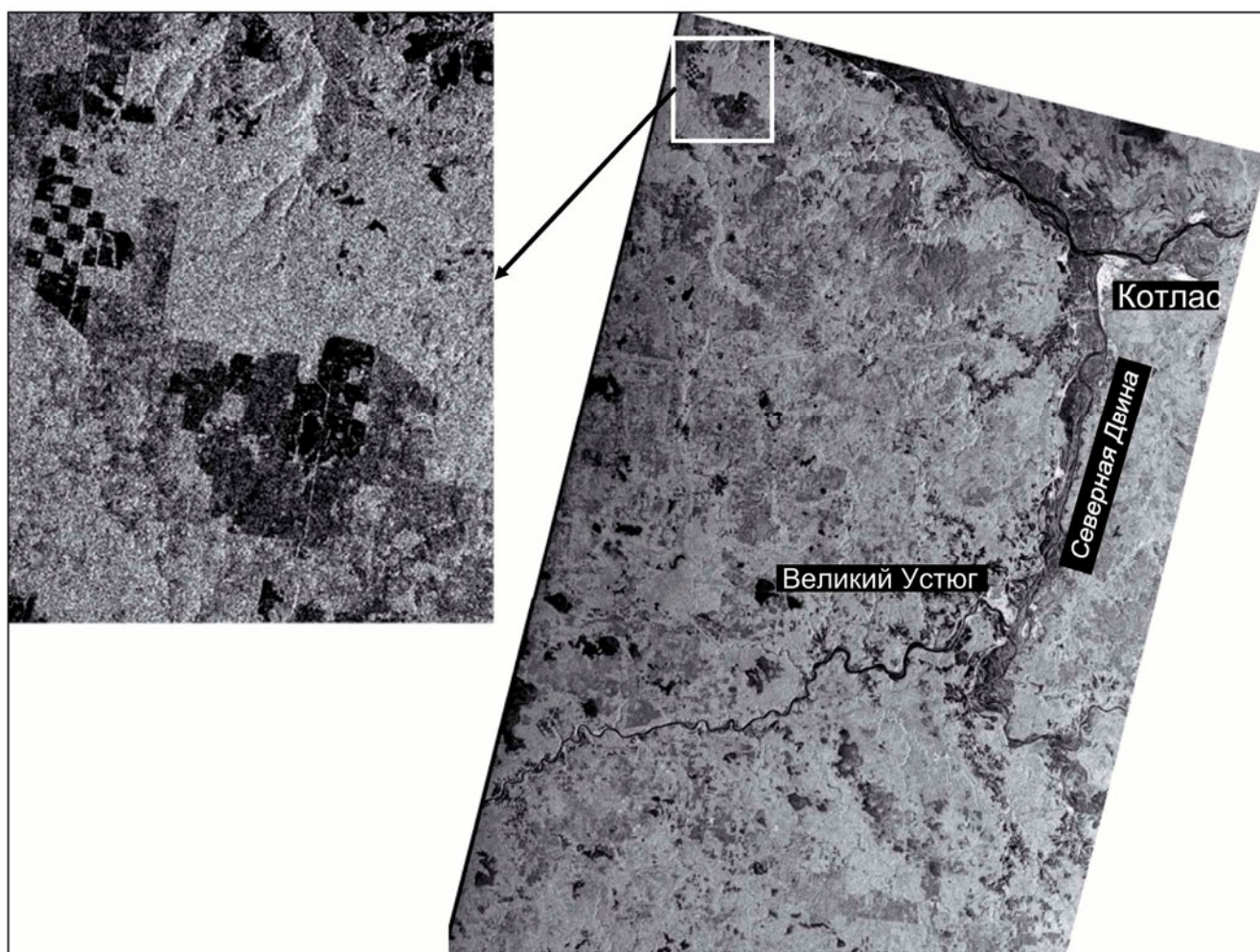


Рис. 3. Мониторинг вырубок леса в Архангельской области по данным SAR КА ERS-2. Съемка от 15 апреля 2003 г., разрешение 25 м. Прием и обработка данных выполнены в НЦ ОМЗ.

В России данные дистанционного зондирования, в том числе и спутниковые, давно используются в лесном хозяйстве, прежде всего для обнаружения лесных пожаров, оценки площадей гарей и картирования вырубок на больших площадях. Основные данные для решения этих задач поступают с зарубежных спутников серии NOAA (AVHRR) и Terra-Aqua (MODIS). На базе данных MODIS и AVHRR в Российской Федерации действует оперативная система обнаружения пожаров в Министерстве природных ресурсов (служба «Авиалесоохрана») и Министерстве по чрезвычайным ситуациям.

Тем не менее, детальная инвентаризация лесов с помощью спутниковых данных пока не может быть осуществлена из-за отсутствия сравнительно недорогих данных высокого разрешения.

В последнее время в средствах массовой информации все чаще появляются сообщения о создании в России национальной службы спутникового мониторинга лесов, включая решение задачи обнаружения

несанctionированных вырубок любой площади. Хотелось бы надеяться, что при создании национальной системы работа будет проводиться в кооперации с Европейской системой по единым стандартам.

Таблица 3

Спутниковые приборы перспективных российских КА высокого и детального разрешения

Спутник	Прибор	Кол-во спектральных каналов	Пространственное разрешение, м	Полоса обзора, км	Полоса захвата, км
Монитор-Э	Панхроматическая камера Gamma-L	1	8	730	90
	Многозональный сканер Gamma-C	3	20-40	890	160
Ресурс-ДК	Панхроматическая камера	1	1	448	4,7 – 28,3 на краю полосы обзора до 40 км
	Многозональный сканер	4	2-3		