

Использование данных дистанционного зондирования в задачах лесной отрасли

В.А. Хамедов¹, В.Н. Копылов¹, Ю.М. Полищук¹, С.В.Шимов²

¹Югорский НИИ информационных технологий,
628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 151
E-mail: havl@uriit.ru

²Агентство лесного хозяйства по ХМАО-Югре
628007, г. Ханты-Мансийск, ул. Дунина-Горкавича, 1
E-mail: ugralesxos@hmansy.wsnet.ru

Рассмотрены методические вопросы и схема геоинформационной процедуры оценки последствий лесных пожаров на основе космических снимков среднего разрешения. Процедура предполагает наложение контура гари определенного по космическим снимкам на цифровую карту породного состава лесов и определение площади выгоревших выделов различных пород деревьев. Процедура проиллюстрирована на материалах КА Метеор-3М и LandSat-7. Рассмотрена возможность использования радарных снимков ERS-2 для определения контуров выгоревших участков. Рассмотрена процедура выявления новых объектов на лесной территории с использованием разновременных снимков в задачах мониторинга целевого использования лесного фонда.

Введение

На территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), которая относится к одной из наиболее богатых в стране лесными ресурсами, сосредоточен основной нефтедобывающий комплекс России, где добывается в настоящее время около 60 % российской нефти. Это приводит к существенному негативному воздействию на состояние лесного комплекса ХМАО. Многочисленные лесные пожары, незаконные рубки лесных массивов и отклонения от строительных проектов, строительство автодорог, вызывающее подтопление и усыхание лесных массивов, биологическое повреждение и усыхание лесных насаждений в результате химического загрязнения почв и атмосферного воздуха приводят к значительным экономическим ущербам хозяйству региона. Принятие эффективных решений по управлению лесной отраслью должно основываться на оперативном мониторинге изменений состояния лесных массивов, который может быть реализован в настоящее время с использованием данных дистанционного зондирования. Наиболее важными задачами космического мониторинга в лесной отрасли, на наш взгляд, являются оценка последствий лесных пожаров и мониторинг целевого использования лесного фонда. В связи с этим целью данной работы является рассмотрение вопросов использования космических снимков для оценки последствий лесных пожаров и мониторинга целевого использования лесного фонда.

Методические вопросы оценки последствий лесных пожаров

Традиционный подход к эколого-экономической оценке последствий лесных пожаров, который проводится в настоящее время на экспертном уровне, когда уже точно известны размеры выгоревших лесных массивов, не ориентирован на оперативное определение масштабов пожаров и оценку их возможных последствий сразу же после обнаружения очага возгорания. Поэтому такой подход не позволяет принимать своевременные решения по управлению деятельностью лесоохранных служб. Получение оперативной эколого-экономической оценки возможных последствий лесного пожара предполагает использование материалов космической съемки, позволяющих решать указанные задачи с высокой степенью оперативности и с большой площадью охвата территории, что наиболее важно для труднодоступных территорий лесных регионов Сибири.

Методика эколого-экономической оценки последствий лесных пожаров основана на оперативном картировании выгоревших участков леса (гарей) и реализуется с использованием средств

геоинформационных систем (ГИС) путем «наложения» контуров этих гарей на цифровую карту породного состава леса, определения площадей выгоревших участков леса разного породного состава, т.е. участков, оказавшихся в пределах контура гари, и последующего расчета экономического ущерба и определения экологических потерь. Информация о породном составе лесов может быть получена из лесотаксационных материалов, в частности, из планов лесонасаждений. Однако, из-за значительной задержки в обновлении материалов лесной таксации такой подход для задач оценки последствий лесных пожаров практически неприемлем. Для иллюстрации этого на рис. 1 приведены фрагмент плана лесонасаждений и космический снимок одного и того же участка территории, полученные с интервалом в три года.

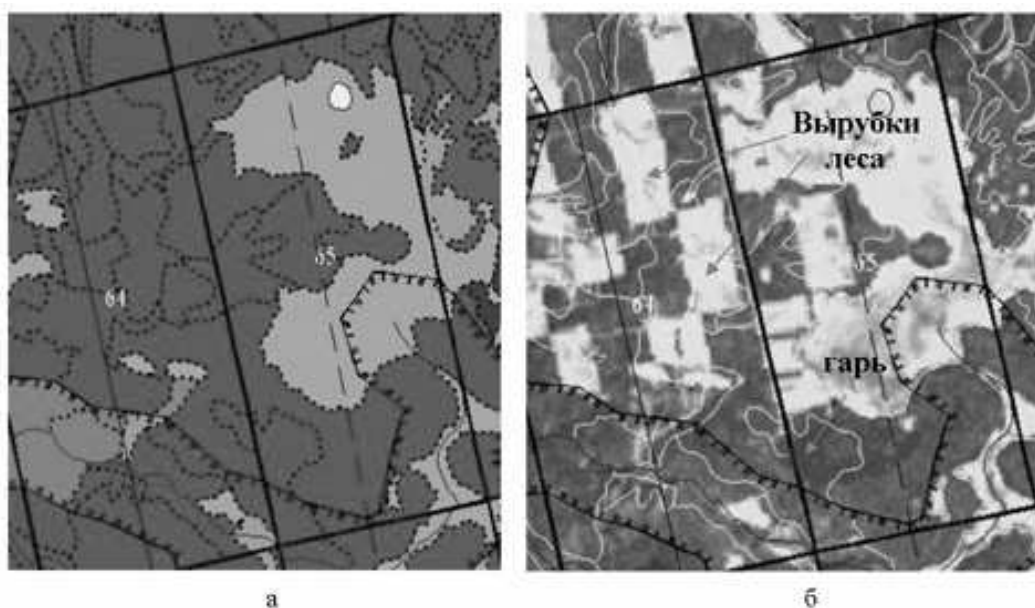


Рис. 1. Фрагмент плана лесонасаждений лесоустройства 1997 года (а) и дешифрованный космический снимок Landsat-7 (01.06.2000 г.) участка лесной территории (б)

Как показывает рис.1, за сравнительно небольшой период времени на участке лесной территории произошли существенные изменения, вызванные вырубками, пожарами и др. Поэтому для оценки последствий лесных пожаров, основанной на расчете площадей выгоревших участков леса разного породного состава деревьев, необходимо иметь регулярно обновляемые цифровые карты породного состава лесов.

Схема основных этапов оценки последствий лесных пожаров приведена на рис. 2. Ниже дадим краткую характеристику содержания этапов.

Обнаружение мест вероятного возгорания

Задача обнаружения очагов лесных пожаров в настоящее время относится к числу достаточно разработанных [1]. При этом обычно используются снимки инфракрасного диапазона (ИК-диапазона), получаемые с космических аппаратов (КА) NOAA, TERRA, AQUA. Такие снимки имеют пространственное разрешение порядка одного километра. Несмотря на низкое пространственное разрешение, при использовании ИК-снимков удастся обнаруживать интенсивные очаги пожаров площадью до 0,5 га и менее.

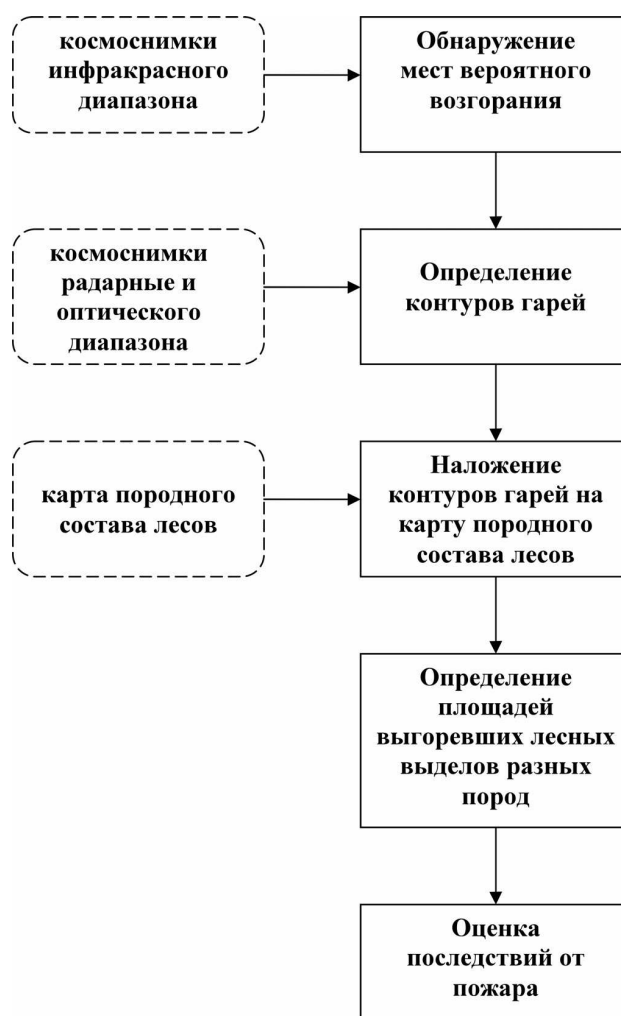


Рис. 2. Схема процедуры оценки последствий лесных пожаров

Определение контуров гарей

Определение границ (контуров) гарей по снимкам ИК-диапазона невозможно ввиду их низкого пространственного разрешения. Поэтому для этих целей следует использовать снимки оптического диапазона с высоким пространственным разрешением, которые могут быть приняты с космических аппаратов Метеор-3М (разрешение 32 м), LandSat-7 (разрешение 30 м), SPOT-5 (разрешение 5 м), QuickBird (разрешение 2,4 м) и др. Однако на снимках оптического диапазона очаги пожаров не видны, но они могут быть идентифицированы по шлейфам дыма от пожара, что иллюстрируется на рис.3.

Контур гари определяется на космических снимках либо путем визуального дешифрирования снимка, либо на основе автоматической классификации элементарных природных выделов на снимке средствами ГИС. Визуальный способ определения контура гари в большинстве случаев оказывается более предпочтительным.

Заметим, что в отличие от ИК, обработка снимков оптического диапазона возможна только при достаточной освещенности Солнцем подстилающей поверхности в момент съемки. Поэтому при определении контуров выгоревших участков используются дневные снимки в отсутствии облачности. При недостаточной освещенности территории, а также при наличии сплошной облачности возможно использовать радиолокационные снимки.

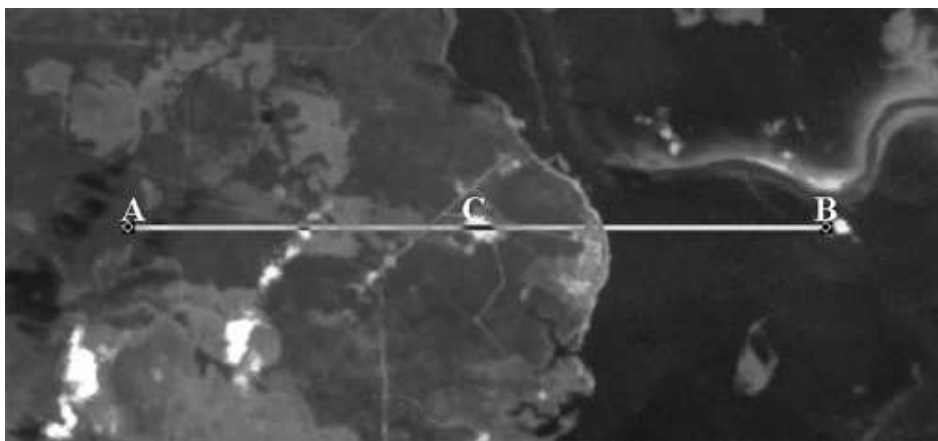


Рис. 3. Дымовые шлейфы от очагов лесного пожара по контуру гари на космоснимке МЕТЕОР-3М, 6 июля 2004 г., Ханты-Мансийский лесхоз, Назымское лесничество

Наложение контуров гарей на карту породного состава лесов

В связи с вышеизложенным очевидно, что эколого-экономическая оценка последствий лесного пожара невозможна без карт породного состава лесов. Создание этих карт для труднодоступных лесоболотных территорий таежной зоны Сибири в настоящее время может быть осуществлено только на основе использования космических снимков высокого разрешения. Контур гари, представленный в векторном виде, «накладывается» средствами ГИС на векторную карту породного состава для определения площади выгоревших лесных выделов разных пород.

Определение площадей выгоревших участков леса

На этом этапе проводится выделение на карте породного состава выгоревших участков лесов разных пород и определение их площадей. Выгоревшие участки леса разного породного состава представляют собой области пересечения лесных выделов на карте породного состава и контура гари. Далее средствами ГИС определяются площади указанных областей пересечения, которые и будут представлять размеры площадей выгоревших лесных участков разного породного состава. Заметим, что в условиях развивающегося пожара из-за наличия дымовых шлейфов определить контур гари и оценить площадь выгоревших массивов с помощью снимков в оптических каналах часто оказывается затруднительным. Более эффективно эта задача будет решаться с использованием радиолокационных снимков, так как для радиоволн как облачность, так и дымовые шлейфы пожаров являются прозрачными.

Оценка последствий лесных пожаров

На данном этапе производится оценка эколого-экономических ущербов, вызванных каждым лесным пожаром на контролируемой территории. Одним из видов оценки могут служить размеры площадей выгоревших лесных выделов разного породного состава. Другим видом оценки является экономический ущерб от пожара, который определяется в зависимости от площади участка выгоревшего леса и ценности породы деревьев на этом участке.

Вопросы мониторинга целевого использования лесного фонда

Одной из задач мониторинга целевого использования лесного фонда является выявление «новых», неучтенных ранее, объектов и их картирование. Мониторинг целевого использования лесного фонда проводится также при выявлении отклонений от проектов обустройства нефтяных и газовых месторождений, проектов строительства объектов инфраструктуры, при выявлении незаконных рубок леса и др. Примером новых объектов могут служить показанные на рис. 1-б контуры вырубок леса.

Выявление новых объектов проводится с использованием разновременных космических снимков. Остановимся подробнее на описании процедуры выявления новых объектов в задачах мониторинга целевого использования.

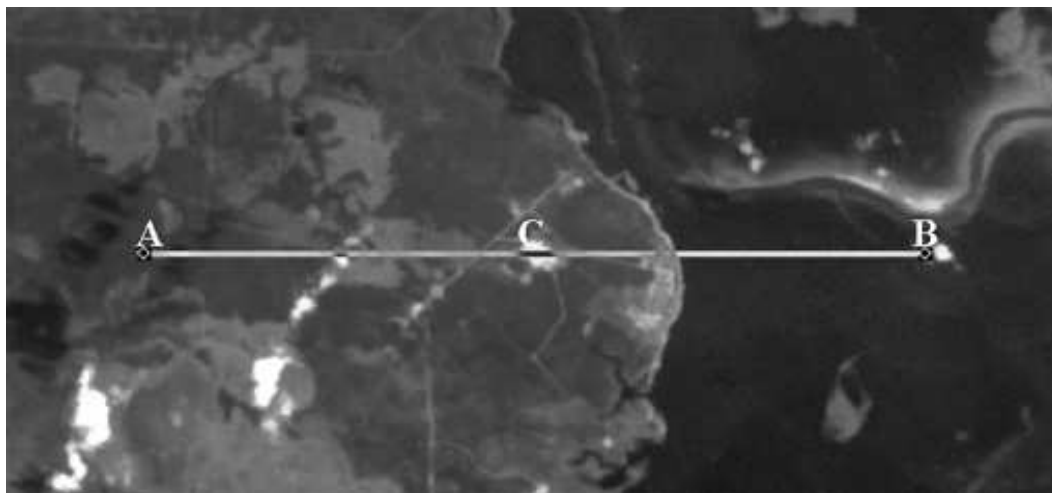


Рис. 4. Фрагмент космического снимка лесной территории с изображением нового объекта

Для выполнения работ по обнаружению новых объектов проводится поканальное сравнение разновременных космических снимков. Ниже для иллюстрации приводится фрагмент космического снимка (рис. 4), на котором заметен новый объект в виде яркого пятна, обозначенного на рисунке буквой С и расположенного на линии АВ. Средствами ERDAS Imagine были определены зависимости яркости пикселей, расположенных на линии АВ (рис.4) снимка, полученного с аппарата Метеор-3М в разных спектральных каналах. На рис. 5-а и рис. 5-б представлены указанные зависимости яркости в 3-м и во 2-м спектральных каналах соответственно. Как видно из сравнения графиков этой зависимости, изображение нового объекта С во 2-м канале (рис. 5-б) значительно более контрастно, что позволяет более точно выделить указанный новый объект во 2-м канале по сравнению с 3-им каналом.

Следовательно, как показано выше, с использованием снимков Метеор-3М, для более надежного выделения новых объектов, имеющих более высокую яркость на снимке по сравнению с яркостью окружающего фона, следует выбирать спектральный диапазон 0,6-0,7мкм.

Для решения задачи выявления новых объектов используется алгоритм «Change detect» ERDAS Imagine. В результате сравнения двух разновременных снимков могут быть получены три тематических слоя: объекты, появившиеся за наблюдаемый период времени, объекты, исчезнувшие за этот же период времени (яркость на более позднем снимке ниже, чем на более раннем снимке), и объекты, чьи яркостные характеристики за наблюдаемый период времени не изменились.

В качестве примера выявления новых объектов на рис. 6 представлен результат сравнения разновременных снимков LandSat-7 (2002г.) и Метеор-3М (2004г.) участка территории Краснотеннинского лесхоза ХМАО. Красным цветом выделены появившиеся через 2 года новые объекты, зеленым цветом показаны объекты, присутствующие на снимках за 2002 год и за 2004 год. Полученные на основе сравнения

разновременных снимков результаты дают информацию об изменениях размеров и контуров наблюдаемых объектов.

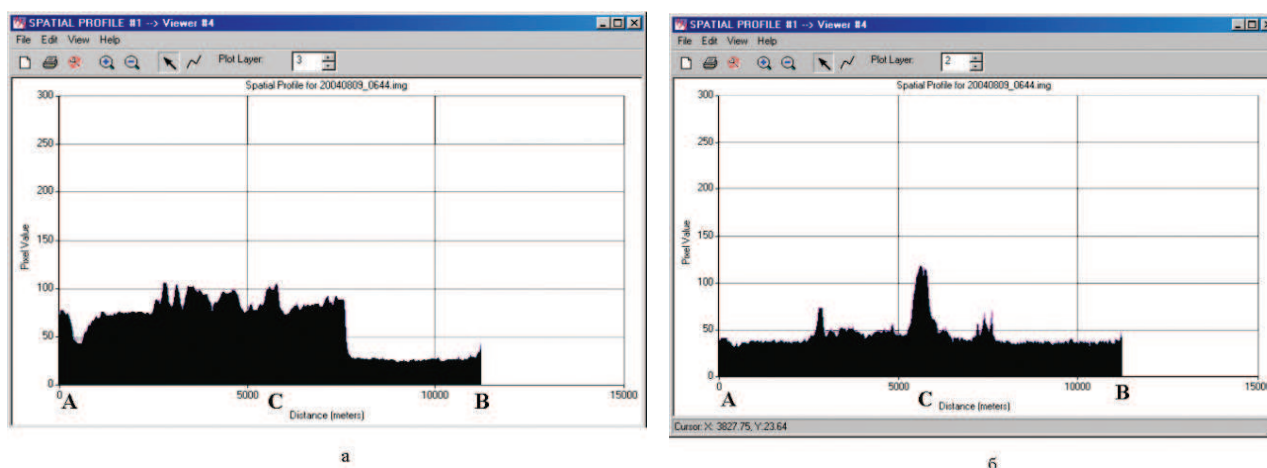


Рис. 5. Графики изменения яркости по одному и тому же профилю на снимке МСУ-Э в 3-м (а) и во 2-ом (б) спектральных каналах



Рис. 6. Результат обработки двух разновременных снимков LandSat-7 (01/07/2002г) и Метеор-3М (27/06/2004 г)

Вопросы практической реализации процедуры оценки последствий лесных пожаров

Для практического применения рассмотренной процедуры оценки последствий лесных пожаров в Центре дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) в Югорском НИИ информационных технологий (г. Ханты-Мансийск) сформирован информационно-программный комплекс [2-4], реализованный на основе ГИС ArcGIS 8.2 и ERDAS Imagine 8.5. Наиболее важной составной частью комплекса оценки последствий лесных пожаров являются цифровые карты породного состава. В Центре ДДЗ цифровая карта породного состава лесов Ханты-Мансийского лесхоза создавалась на основе космических снимков Метеор-3М и LandSat-7 с использованием методики [5]. Классификация лесных выделов разного породного состава

на снимках была проведена средствами ERDAS Imagine. В качестве эталонов при классификации выделов на космоснимках были использованы материалы лесотаксационных карт 1997 года.

На рис. 7 для иллюстрации в ArcGIS 8.2 представлен фрагмент цифровой карты породного состава лесов Ханты-Мансийского лесхоза с наложенным на нее контуром гари, показанным красным цветом. На этом рисунке слева представлена таблица содержания карты доступных для отображения географических слоев (типы выделов), справа - область отображения карты. Как видно из рис. 7, в пределах контура гари оказались выделы осины, сосны, березы, лиственницы, ели и кедра. Наибольшую площадь выгоревших лесных участков составляют кедр (175 га), осина (136 га) и ель (111 га). Общая площадь гари, показанной на рис. 7, составляет 1228 га.

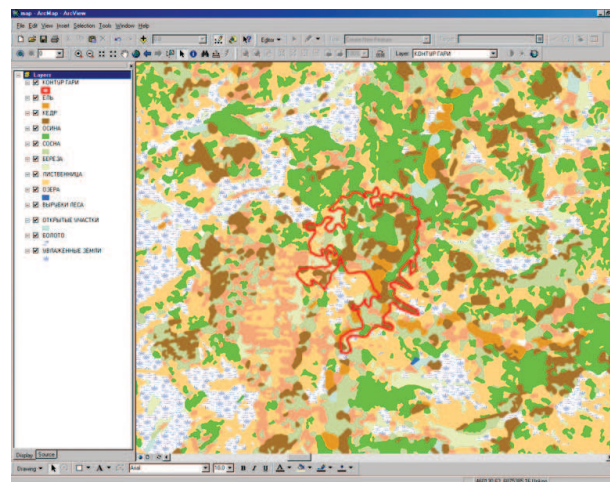


Рис. 7. Фрагмент карты породного состава лесов Ханты-Мансийского района с наложенным на нее контуром гари

При наличии облачности, когда оптические снимки не пригодны для определения контуров гари, можно использовать радиолокационные снимки. Приведенные ниже фрагменты снимка оптического диапазона, полученного с КА Метеор-3М (рис. 8), и радиолокационного снимка ERS-2 (рис. 9) демонстрируют возможность определения контура гари с помощью радиолокационных снимков.

На рис.8 отчетливо виден выгоревший участок леса, который на цветосинтезированном изображении Метеор-3М окрашен в темно-зеленый цвет. Контур гари, определенный по оптическому снимку (рис. 8) был наложен на снимок ERS-2 (рис. 9), где он изображен черным цветом. Как видно из последнего рисунка, светлый участок, находящийся внутри черного контура, достаточно хорошо совпадает по форме с гарью, выявленной по оптическому снимку.

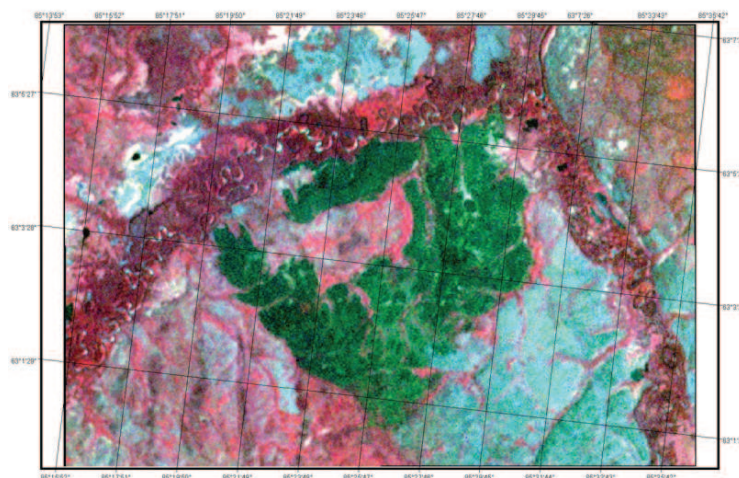


Рис. 8. Гарь на снимке КА «Метеор-3М», 5 августа 2005 г.

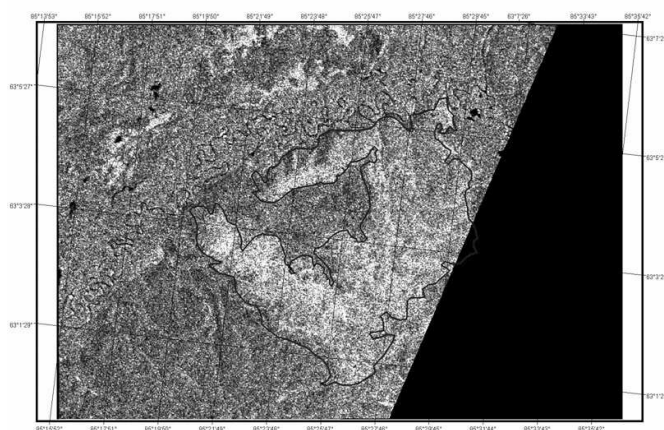


Рис. 9. Гарь на снимке КА «ERS-2», 29 августа 2005 г.

Заключение

Известно, что в настоящее время космические снимки успешно применяются для своевременного обнаружения лесных пожаров. Приведенные в статье материалы показывают, что космические снимки могут быть использованы и для мониторинга целевого использования лесного фонда, для оперативной оценки последствий лесных пожаров и для решения других задач лесной отрасли, что приобретает особую важность для лесных регионов Сибири, большая часть площади которых относится к труднодоступным территориям. Практическое применение разработанных в статье методических вопросов выявления «новых» объектов и оценки последствий лесных пожаров на основе комплексного использования космических снимков различного пространственного разрешения, принимаемых в разных диапазонах волн, требует разработки геоинформационных технологий. Применение этих технологий в службах лесоохраны позволит повысить эффективность принятия решений по управлению лесным хозяйством в регионах, сократить время оценивания последствий от возгорания лесных массивов и оперативно получать оценку экологических потерь и экономического ущерба от лесных пожаров, проводить комплексные проверки использования лесного фонда.

Работа выполнена при поддержке программы Европейского космического агентства ESA Cat 1, проект ID 3110 «All-weather detection of forest fires in Northern Siberia».

Литература

1. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: Аналит. обзор // Новосибирск: Изд-е ГПНТБ СО РАН, 2003. 135 с.
2. Хамедов В.А., Полищук Ю.М. «Опыт разработки и применения информационно- космических технологий для управления охраной лесов» // Матер. докл. Междун. научно-практ. конф. «Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты» (Томск, 21-22 марта 2005 г). Томск: Изд-во STT, 2005. С. 257 – 259.
3. Хамедов В.А. Применение геоинформационных технологий для оценки последствий лесных пожаров // Информационные технологии и космический мониторинг (сборник матер. научно-практ. конф). Екатеринбург: Баско, 2004. С. 50-53.
4. Копылов В.Н. Разработка и реализация аппаратно-программного комплекса центра дистанционного зондирования Земли для решения задач космического мониторинга окружающей среды Севера Сибири // Исследование Земли из космоса, 2004. № 6. С. 81-88.
5. Алексеева М.Н., Дюкарев А.Г., Полищук Ю.М., Пологова Н.Н. Исследование структуры лесоболотных комплексов Васюганской равнины с использованием ГИС, дистанционных и подспутниковых данных // География и природные ресурсы, 2004. № 2. С. 71-77.