

# Методические вопросы использования космических снимков для оперативной оценки последствий лесных пожаров

В.Н. Копылов, Ю.М. Полищук, В.А. Хамедов

*Югорский НИИ информационных технологий  
628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Мира, 151  
Email: [yupol@uriit.ru](mailto:yupol@uriit.ru)*

Изложены методические вопросы определения лесных гарей в задачах оценки последствий лесных пожаров с использованием космических снимков и цифровых карт породного состава лесов. Приведены результаты дешифрирования космоснимков, иллюстрирующие контуры выгоревших участков леса (гарей). Показана возможность использования радарных снимков для всепогодного определения гарей независимо от наличия облачности в сочетании с оптическими снимками. Результаты работы могут быть использованы для повышения эффективности принятия решений в системах управления пожарной безопасностью в лесном хозяйстве.

## Введение

Несмотря на предпринимаемые меры по охране лесов и своевременной подготовке к пожароопасному сезону, ежегодные ущербы, наносимые лесными пожарами, остаются огромными. В пожароопасный сезон 2006 г. в лесах округа произошло 372 пожара на общей площади 15 тыс. 783 га. Наибольший рост числа пожаров отмечается в лесных регионах с высоким уровнем техногенной нагрузки. Пожары наносят значительный ущерб не только лесному хозяйству, но и создают в ряде случаев чрезвычайные ситуации для населения близлежащих населенных пунктов.

Отсутствие эффективных технологий управления деятельностью лесоохраны не позволяет в условиях недостаточного финансирования создать действенную систему поддержки принятия решений в области управления безопасностью в лесном комплексе. Одним из перспективных направлений повышения эффективности управления лесопожарной безопасностью может быть применение данных дистанционного зондирования для оперативной эколого-экономической оценки последствий лесных пожаров, основанной на использовании методов и средств геоинформационных систем (ГИС).

В настоящее время эколого-экономическая оценка последствий лесных пожаров проводится на экспертном уровне, когда уже точно известны размеры выгоревших лесных массивов на основании актов о пожарах, составленных работниками службы лесоохраны. Этот традиционный подход 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.

Известно, что в настоящее время космические снимки успешно применяются для своевременного обнаружения лесных пожаров. Однако вопросы использования космических снимков для оперативной оценки последствий лесных пожаров с целью повышения эффективности принятия решений по управлению лесным хозяйством и службами лесоохраны в регионах разработаны достаточно слабо.

В наших работах [1, 2], где изложена в общей постановке методика оценки последствий лесных пожаров на основе космических снимков, дана схема последовательности основных этапов обработки космических снимков. В основу методики положена идея количественного определе-

ния последствий лесных пожаров в виде площадей выгоревших лесных массивов разных пород деревьев. Это идея реализуется путем наложения контура гари на карту породного состава лесов. Предполагается, что карта породного состава создается на основе дешифрирования космических снимков оптического диапазона. Методические вопросы определения лесных выделов разных пород деревьев по космическим снимкам и вопросы построения карты породного состава изложены в [3]. Для определения контуров гарей используются оперативно получаемые космические снимки как оптического диапазона, так и (при наличии облачности) радиодиапазона. Наименее разработанными в настоящее время оказываются методические вопросы определения контуров лесных гарей по космическим снимкам, что определило основную цель данной работы.

### Определение контура гари

Определить контур гари можно двумя способами: визуально либо с использованием программных средств обработки изображений. Первый способ используется в случаях, когда автоматизированное определение контура гари затруднено, например, гарь на космическом снимке закрыта облачностью или дымовыми шлейфами. Второй способ определения контура гари является более точным, менее трудоемким и потому наиболее предпочтительным. Рассмотрим более подробно второй способ определения контура гари.

Основные этапы определения контура гари по космическим снимкам схематично представлены на рис. 1. При использовании радиолокационного изображения, возникает необходимость фильтрации изображения с целью уменьшения влияния спекл-шума.

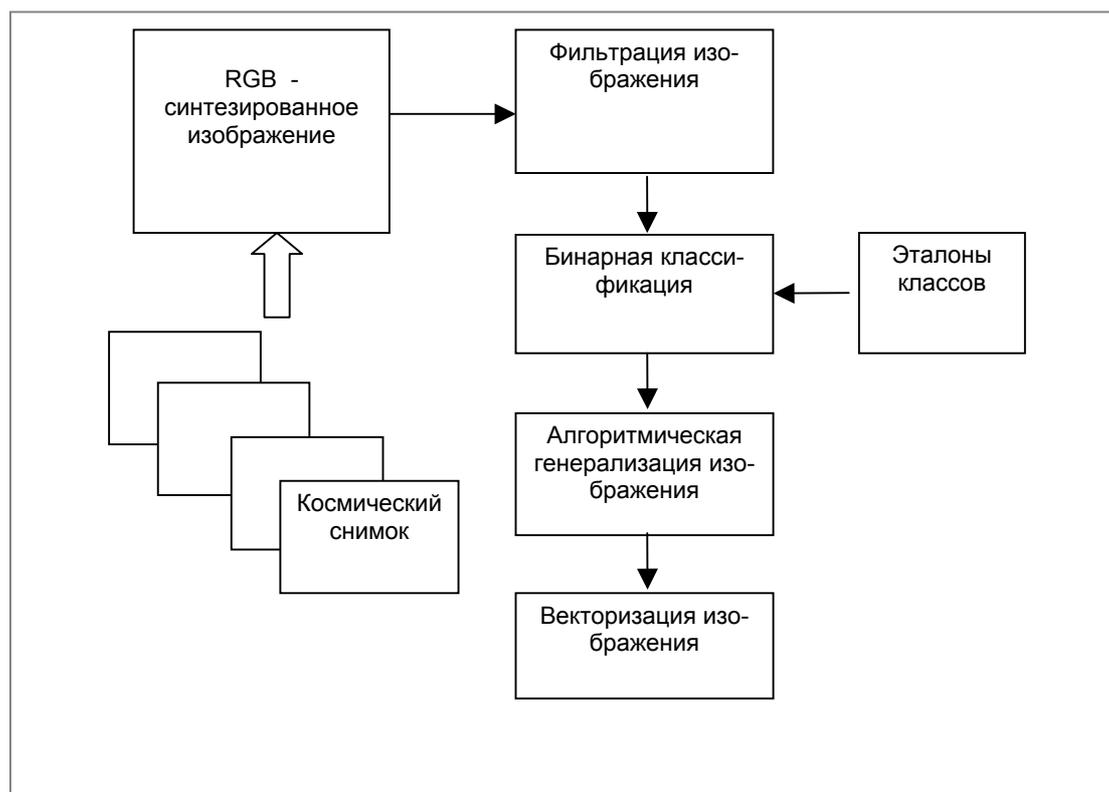


Рис. 1. Схема этапов определения контуров гарей

Для выделения участков гарей был использован метод эталонной классификации. В отличие от традиционного использования данного метода в нашей работе применяется бинарная классификация. В качестве эталонов бинарной классификации здесь будут использоваться два эталона —

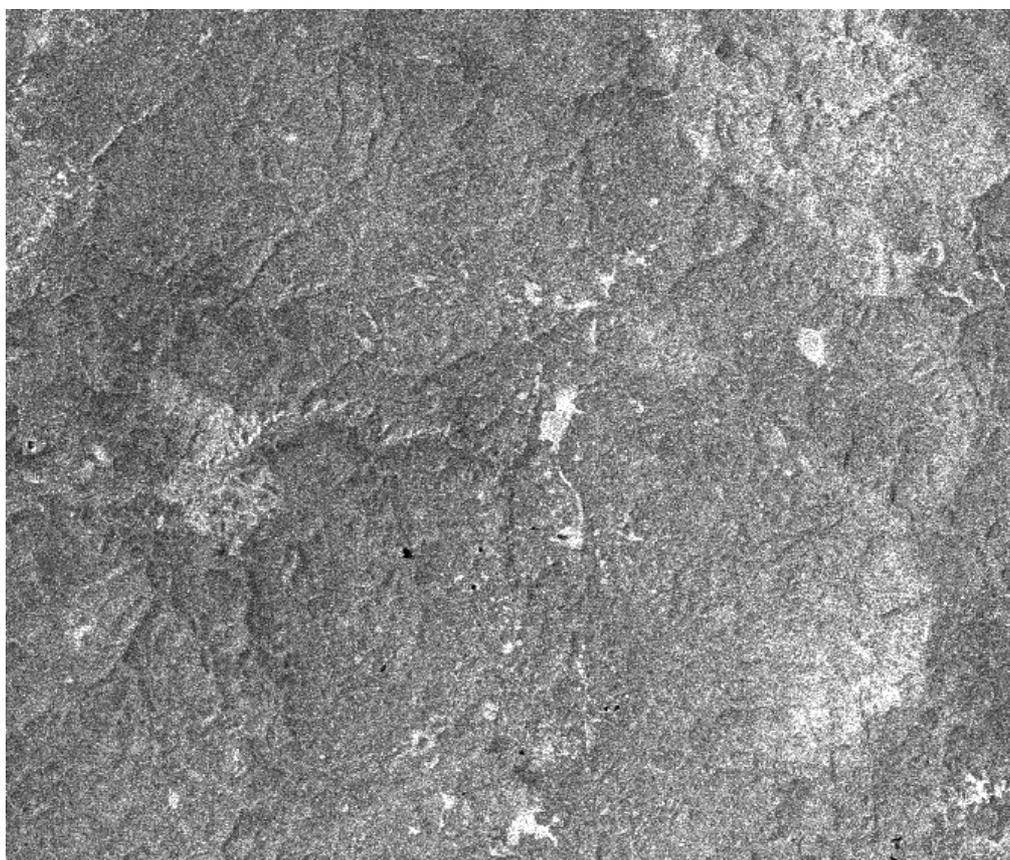
«гарь» и «негарь». Под «негарью» будем понимать участки нетронутого пожаром леса. На оптическом снимке подобрать такие эталонные участки несложно. При работе с радиолокационным изображением из-за мешающего влияния спекл-шума выделить однородные по яркости участки сложнее. Анализ эталонов классов лесных участков применительно к территории Западной Сибири показал практическую реализуемость данного подхода.

Разделенное на два класса изображение включает в себя множество различных по величине объектов. Мелкие объекты, характер образования которых может быть случайным из-за влияния спекл-шума, «поглощаются» при генерализации более крупными объектами. При достижении достаточного качества растрового изображения контура гари проводится его векторизация.

### **Синтез оптических и радиолокационных космических снимков**

Возможность оперативного мониторинга земной поверхности, экранированной облачностью или дымовыми шлейфами от пожаров, и независимость от условий освещенности Солнцем дают ряд преимуществ радиолокации по сравнению с другими видами съемки. Однако, существуют и определенные трудности при использовании радиолокационных снимков. Так, для обнаружения пожаров мы уже не можем использовать привычные признаки в виде аномальных тепловых зон. Признаком дешифрирования становится изменение характера отражения радиосигнала от участка гари. Для повышения достоверности дешифрирования радиолокационных снимков часто необходима дополнительная информация об исследуемой территории.

На рис. 2 приведен пример радиолокационного снимка, на котором пунктиром обозначены участки лесных гарей. Как видим, информативность снимка недостаточна для визуального достоверного распознавания гарей. На радиолокационном снимке также достаточно трудно отличить гари от открытых песчаных участков. Различить же типы лесного покрова или отличить старые гари от новых на таком снимке совсем невозможно.



*Рис.2. Лесные гари на радиолокационном снимке ERS-2*

Для выделения на снимке необходимой информации авторами предлагается методика синтеза радиолокационного и оптического снимков. Цветное изображение более информативно, чем черно-белое, поэтому, комбинируя радиолокационный снимок со спектральными каналами оптического снимка, можно получить цветосинтезированное изображение с дополнительной информацией для анализа.

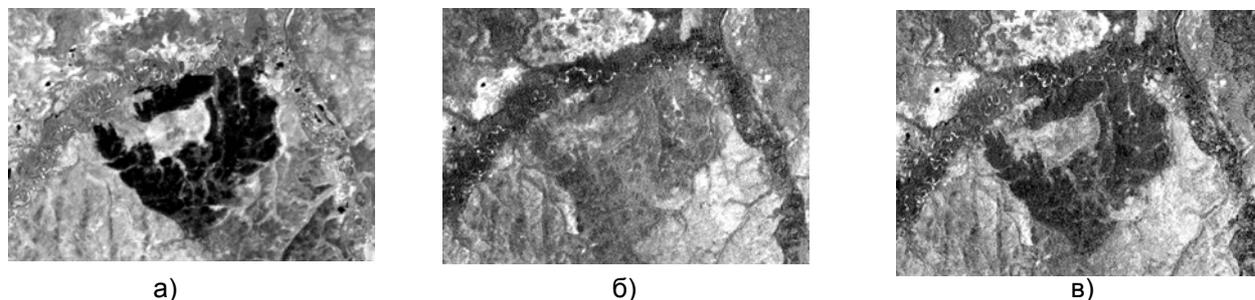


Рис. 3. Изображения гари в разных спектральных каналах оптического диапазона:  
а)  $\lambda = 0,8-0,9$  мкм б)  $\lambda = 0,6-0,7$  мкм в)  $\lambda = 0,5-0,6$  мкм

На первом этапе следует установить, какие спектральные каналы оптического снимка могут быть использованы при создании цветосинтезированного снимка. Анализ спектральных каналов снимка показывает, что для определения контура гари можно исключить из обработки снимки в спектральном диапазоне 0,6-0,7 мкм, так как в этом диапазоне контуры гари практически неразличимы на фоне нетронутого пожарами леса, что наглядно показывает рис.3-б.

Далее необходимо определить последовательность расположения каналов в синтезируемом изображении. Комбинируя в различной последовательности каналы, можно показать, что наилучшей RGB-комбинацией является та, которая соответствует расположению компонент цвета в спектре разложения солнечного излучения: от красного к синему согласно уменьшению длины волны регистрируемого излучения каналов: красный- 5,6 см (ERS-2), зеленый- 0,8-0,9 мкм, синий- 0,5-0,6 мкм.

При такой комбинации каналов лесные гари, имеющие на радиолокационном снимке более высокую яркость, будут усилены благодаря эффекту синергизма информацией оптических каналов и станут красными. Участки снимка, соответствующие нетронутому пожаром лесу, будут зеленые. Лесные гари в этом случае хорошо распознаются на зеленом фоне. На рис. 4 показан результат синтеза радиолокационного снимка, представленного на рис. 2, и изображений спектральных каналов снимка этой же сцены с КА «Метеор-3М», показанных на рис.3-а и 3-в. При синтезе радиолокационного снимка, на котором определяется гарь, с более старым по времени съемки оптическим снимком (без гари) на результирующем снимке гарь также будет выделяться.

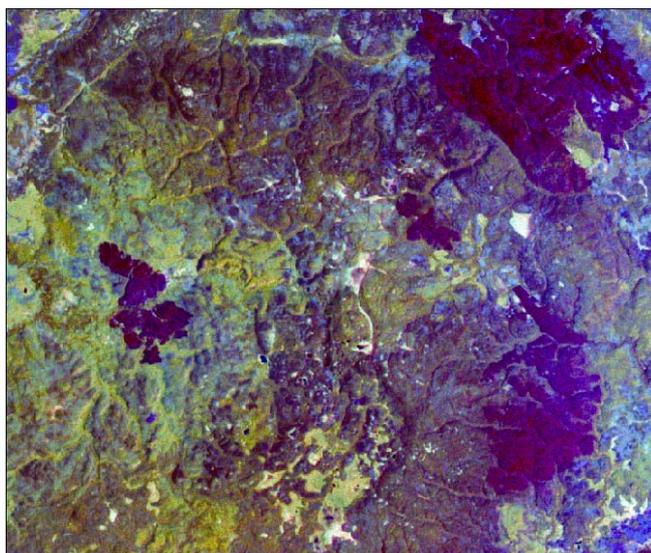
### Синтез разновременных радиолокационных изображений

В случае невозможности подбора на интересующую территорию снимков оптического диапазона можно использовать RGB-синтез радиолокационных снимков. Это позволяет достаточно хорошо выделить элементы подстилающей поверхности за счет различной яркости объектов на разновременных снимках. Интересен результат при комбинации каналов с зимними снимками. При такой комбинации четко разделяются участки болотистой местности, озера, увлажненные участки местности. При использовании снимков только за летний период эти объекты выражены менее ярко. Отличия в яркости объектов позволяют также использовать радиолокационные изображения для выявления изменений на исследуемых территориях.

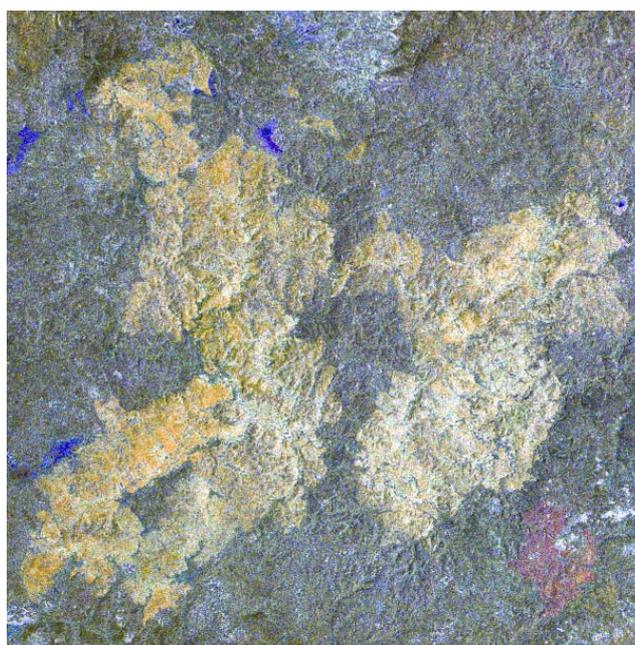
В качестве примера обнаружения лесных гарей приведем результат синтеза трех разноре-

менных радиолокационных снимков (рис. 5). На цветном изображении хорошо видны разновременные участки гарей, небольшие водные объекты. Красным пятном выделена гать, появившаяся в интервале между 18 июня и 23 июля 2006 года. Более светлые участки гари соответствуют старым гарям, так как на всех трех снимках эти участки имеют высокую яркость. Цветовая палитра созданного цветосинтезированного снимка существенно зависит от комбинации каналов. Предпочтительнее располагать радиолокационные снимки в хронологическом порядке. При такой комбинации упрощен поиск свежих гарей по цвету.

Таким образом, можно сделать вывод, что задача обнаружения лесных гарей с использованием радиолокационных снимков является решаемой при дополнительном привлечении оптических спектральных каналов или разновременных радиолокационных снимков на исследуемую территорию. В отличие от оптического диапазона, в котором зимние снимки являются малоинформативными, использование зимних радиолокационных снимков дает дополнительные возможности для анализа полученного материала.



*Рис. 4. RGB-синтез оптического и радиолокационного снимка*



*Рис. 5. Синтез трех разновременных радиолокационных снимков: красный - 23.07.2006г., зеленый - 18.06.2006г., синий - 16.10.2005 г.*

## Синтез разновременных снимков радиолокационного и оптического диапазонов

Использование RGB-синтеза радиолокационного и оптического снимков, рассмотренного выше, показало эффективность такого подхода для определения контуров гарей. Однако не всегда существует возможность подбора близких по времени съемки оптического и радиолокационного снимков. Поэтому был рассмотрен вариант комплексирования разновременных радиолокационных снимков.

На рис. 6 представлен RGB-синтез снимка Landsat-7, полученного 3 июля 2001 года и радиолокационного снимка ERS, полученного 23 июля 2006 года. Контур гарей радиолокационного изображения (участки красного цвета на рисунке) хорошо видны на цветосинтезированном снимке за счет высокой яркости выгоревших участков леса. Контур гарей оптического снимка имеют зеленый цвет, так как расположены в канале Green цветосинтезированного изображения. Особенностью комплексирования разновременных снимков является возможность выделения на изображении областей пересечения контуров гарей. На рис. 6 такие области имеют желтый цвет. Таким образом, с помощью комплексирования разновременных снимков, можно выявить повторно выгоревшие участки леса. При комплексировании только радиолокационных снимков, несмотря на схожесть подхода, такие участки выделяются намного хуже. В RGB-синтезированном изображении при наложении участков гарей получается цвет, зависящий от используемых спектральных каналов и их расположения в RGB-компоните. При синтезировании радиолокационных снимков участки наложения разновременных гарей приобретают близкий к белому цвет, что менее наглядно.

Таким образом, синтезированное изображение из разновременных снимков позволяет, во-первых, выделить контур свежей гари, используя радиолокационный снимок, во-вторых, определить участки повторно выгоревшего леса.

Работа выполнена при поддержке Европейского космического агентства, проект Category1 ID 3110 «All-weather detection of forest fires in Northern Siberia».



Рис. 6. Лесные гари на разновременных космических снимках

## Литература

1. Хамедов В.А., Копылов В.Н., Полищук Ю.М., Шимов С.В. Использование данных дистанционного зондирования в задачах лесной отрасли. / Матер. 3-ей открытой Всероссийской. конф. "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса" (Москва, 14-17 ноября 2005 г), Москва, Изд-во ООО "Азбука-2000", 2006, - С.380-387.
2. Копылов В.Н., Полищук Ю.М., Хамедов В.А. Геоинформационная технология оценки последствий лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования // Геоинформатика, 2006. - № 1. – С. 56-61.
3. Хамедов В.А., Полищук Ю.М., Рощупкина И.В. Возможности использования данных ДЗЗ и ГИС-технологий в лесном хозяйстве / Обратные задачи и информационные технологии рационального природопользования: Матер. 3-й науч-практ. конф. – Екатеринбург: Средне-Уральское книжное изд-во, 2006. – С.165-170.