

Экспресс-картографирование повреждений лесов России пожарами по спутниковым данным Landsat

С.А. Барталев¹, Е.А. Лупян¹, Ф.В. Стыценко¹, О.Ю. Панова², В.Ю. Ефремов¹

¹Институт космических исследований РАН, Москва 117997, Россия

E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

*²Фрязинский филиал института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова
РАН, Фрязино, Россия*

E-mail: opanova@ire.rssi.ru

Разработанная ИКИ РАН технология позволяет проводить картографирование повреждений лесов пожарами на основе спутниковых изображений Landsat. Технология начала использоваться для массового уточнения площадей пожаров с 2011 года и базируется на интерактивном оконтуривании пожаров с использованием специализированных ГИС инструментов в картографическом web-интерфейсе. В 2013 году данная технология позволила в течение пожароопасного сезона провести массовую обработку спутниковых изображений и создать цифровую карту поврежденных пожарами лесов и других типов наземных экосистем для всей территории России. Применение данной технологии позволило уточнить около 5000 пожаров, площадью 8,7 млн. га, в том числе 4,9 млн. га леса. В общей сложности с использованием изображений Landsat удалось уточнить более 80% площадей пройденных лесными пожарами на территории России. Построенные карты позволили скорректировать оценку пройденной огнем площади, предварительно полученную на основе оперативного детектирования очагов горения. Полученные данные дали возможность уточнить зависимость статистической погрешности оперативных оценок площади отдельных пожаров от их абсолютных размеров, а также исследовать сезонную изменчивость возникающих при этом ошибок. На основе полученных результатов, были сделаны предложения по совершенствованию оперативных оценок пройденных огнем площадей.

Ключевые слова: площадь повреждений лесов пожарами, спутниковые данные Landsat.

Введение

Оценка площади повреждений лесов и других типов наземных экосистем пожарами относится к числу практических направлений, в которых использование данных дистанционного зондирования Земли со спутников находит широкое применение уже несколько десятилетий (Li и др., 2001; Giglio и др., 2006; Sukhinin и др., 2005; Grégoire и др., 2003; Roy и др., 2008; Zhang и др., 2003). Особое внимание в последние годы уделяется вопросам создания автоматизированных технологий оценки площади пожаров, позволяющих получать однородную информацию по большим территориям. Работы в этом направлении активно ведутся в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) (Егоров и др., 2006; Bartalev и др., 2007; Барталев и др., 2012). Созданные технологии используются в настоящее время в различных информационных системах, ориентированных на решение как научных, так и прикладных задач. На их основе созданы модули оценки пройденной огнем площади в составе Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз), обеспечивающей оперативный мониторинг лесопожарной обстановки на всей территории страны (Ершов и др., 2004; Беляев и др., 2005; Loupian и др., 2006; Барталев и др., 2008) и спутни-

кового сервиса ВЕГА, предназначенного для исследования состояния растительного покрова Северной Евразии (Лупян и др., 2011; Барталев и др., 2012).

Важным шагом в развитии возможностей оценки площади пожаров в лесах России стала разработка методов комплексного использования данных высокого и среднего пространственного разрешения. Работы в этом направлении начались в ИКИ РАН в 2008 году (Барталев и др., 2009, 2012; Ефремов и др., 2010). Появление в 2010 году возможности свободного получения данных спутников серии Landsat позволило начать работы по массовому уточнению площадей пройденных огнем с использованием данных высокого пространственного разрешения (15 и 30 м в зависимости от спектрального диапазона). Для решения данной задачи в ИКИ РАН была разработана технология, позволившая автоматически актуализировать архивы данных ETM+/OLI-TIRS со спутников Landsat (Лупян и др., 2012) и проводить их комплексный анализ совместно с данными MODIS (спутники Terra и Aqua) (Барталев и др., 2012).

Создание такой технологии позволило в 2011 года начать массовое уточнение площадей пройденных огнем на территории России в интересах ИСДМ-Рослесхоз и спутникового сервиса ВЕГА. Всего за этот период было уточнено почти 10 000 гарей. По мере использования созданной технологии она постоянно совершенствовалась. Запуск в эксплуатацию в 2013 году новой системы дистанционного зондирования со спутников серии Landsat (система OLI-TIRS на борту спутника Landsat-8) существенно повысил уровень обеспеченности данными высокого пространственного разрешения, необходимыми для решения задач мониторинга наземных экосистем, в том числе оценки последствий лесных пожаров. Это позволило в 2013 году провести уточнение более 80% площадей лесных пожаров, пройденных огнем на территории России. В настоящей статье мы обсудим некоторые результаты использования созданной технологии.

Обратим в тоже время внимание, что для межгодовой динамики лесных пожаров необходима возможность получения максимально достоверных оценок площадей пройденных огнем в различные годы. Источником таких оценок за достаточно длинный временной интервал (начиная с 2000 года), могут служить данные об очагах активного горения, полученные с помощью прибора MODIS. В тоже время, при получении на основе этих данных информации о площадях пройденных огнем следует учитывать влияние низкого пространственного разрешения прибора в спектральном канале с длиной волны 3,7 мкм, используемом для детектирования очагов горения, а также не достаточно высокой периодичности наблюдений. Поэтому для получения оценок площадей пройденных огнем требуется разработка специальных процедур оценки (Барталев и др., 2012). Для настройки и проверки такого рода процедур может быть использована информация, полу-

ченная на основе данных высокого пространственного разрешения. В настоящей статье мы приведем результаты уточнения, с использованием результатов обработки данных высокого пространственного разрешения, процедуры оценки пройденной огнем площади на основе выявленных очагов горения.

Применение данных Landsat для картографирования повреждений лесов пожарами

Для картографирования поврежденных участков использовались данные съемочных систем ETM+ и OLI-TIRS, действующих на спутниках серии Landsat, с общим количеством сцен для территории России соответственно 29983 и 34475. Оконтуривание пожаров выполнялось интерактивно с использованием специализированных инструментов в картографическом web-интерфейсе, созданном на основе технологии GeoSmis (Толпин и др., 2011; Ефремов и др., 2011). Данный интерфейс обеспечивает удаленный доступ к спутниковым данным и производным информационным продуктам, получаемым на их основе, включая ежегодно формируемым по данным MODIS картам растительного покрова (Барталев и др., 2011). Указанные карты использовались, в частности, для разделения лесных и нелесных пожаров, а также оценки площади повреждений в различных типах экосистем.

В соответствии с применяемой технологией картографирование поврежденных участков базируется на использовании соответствующих им, выделенных по результатам оперативного детектирования пожара, полигонов, а также свободных от маскирующего влияния облаков постпожарных изображений территории, полученных спутниками Landsat в период до конца текущего сезона. Процедура экспресс-картографирования повреждений включала в себя следующие основные шаги:

- выбор полигона, полученного по результатам оперативного детектирования пожара;
- проверка наличия и выбор свободного от маскирующего влияния облаков постпожарного спутникового изображения высокого пространственного разрешения;
- интерактивное оконтуривание поврежденного пожаром участка с использованием инструментов картографического веб-интерфейса;
- включение выделенного контура в базу данных, с привязкой (установлением соответствия) к одному или нескольким пожарам, выявленным ранее на основе оперативного детектирования очагов горения;
- автоматическое формирование контура поврежденного пожаром участка на основе алгоритма сегментации изображения (Златопольский, 1985; Барталев и др., 2009; Ефремов и др., 2010);

- сравнительная оценка результатов интерактивного и автоматического выделения контура поврежденного участка и экспертный выбор варианта для последующего внесения в базу данных.

На основе описанной выше технологии с использованием изображений Landsat было построено почти 3,5 тысячи контуров поврежденных участков, соответствующих первоначально выявленным по данным MODIS около 5000 пожарам. Представленная на *рис. 1* карта отражает распределение поврежденных пожарами участков по территории страны. *Табл. 1* содержит данные о количестве выделенных по изображениям Landsat контуров и площади поврежденных участков в разрезе федеральных округов РФ. Наибольшее количество контуров пожаров было выявлено в Сибирском, Дальневосточном и Уральском федеральных округах, около 75% которых сосредоточены в 9 субъектах РФ, таких как Красноярский край, Иркутская область, Забайкальский край, Ямало-Ненецкий автономный округ, Республика Саха, Ханты-Мансийский автономный округ, Республика Бурятия, Амурская область и Хабаровский край. В общей сложности с использованием изображений Landsat удалось уточнить более 67% площади выявленных по данным MODIS пожаров, в том числе 87% площади лесов. Общая площадь оконтуренных участков повреждений составила более 8,71 млн. га, в том числе около 4,87 млн. га лесов.

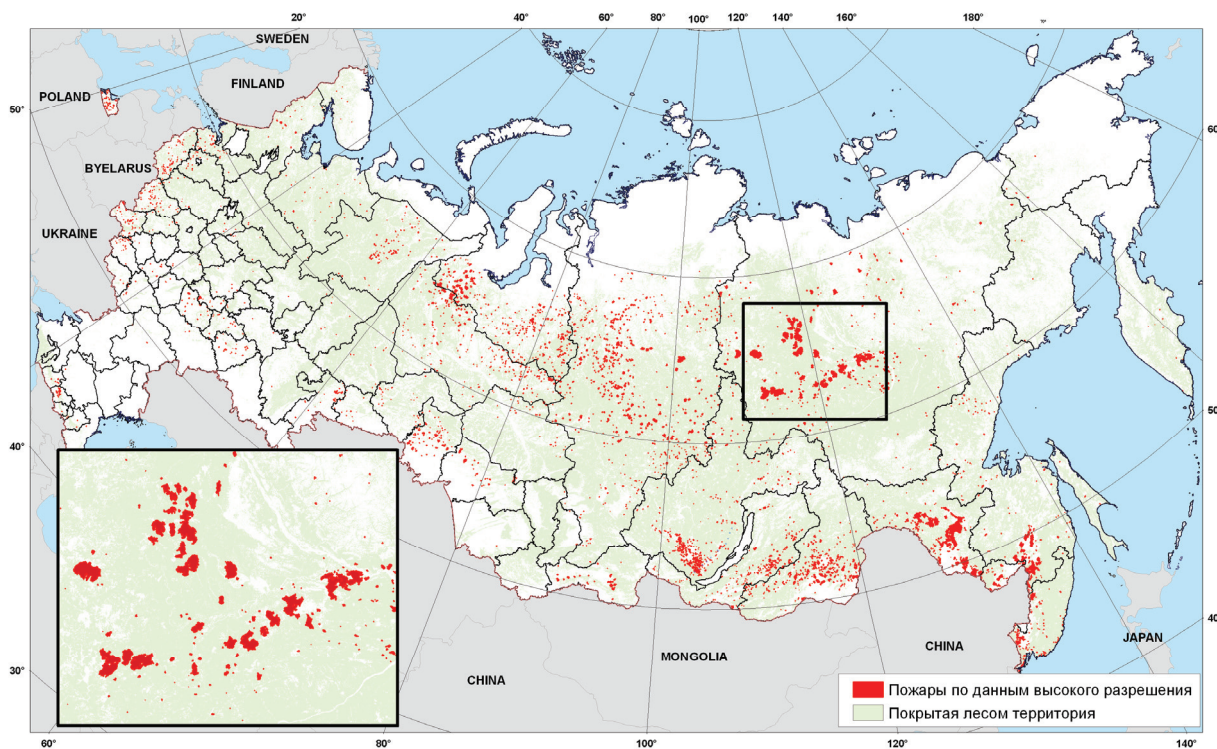


Рис. 1. Территории, пройденные пожарами 2013 года по данным Landsat

Таблица 1. Площадь поврежденных пожарами участков

<i>Федеральный округ</i>	<i>Площадь повреждений, га</i>	<i>в том числе лесная, га</i>
Центральный	28314	383
Северо-Западный	124519	64274
Южный	105	0
Приволжский	34673	804
Уральский	777393	567429
Сибирский	2209887	1291826
Дальневосточный	5519748	2947539
Северо-Кавказский	16641	1872
Всего по РФ	8711280	4874127

Вместе с тем, анализ показывает, что подавляющая доля не охваченных уточнением пожаров относится к сельскохозяйственным или травяным палам преимущественно малого размера (менее 200 га), характеризуемым незначительными кратковременными повреждениями, что не позволяет достоверно их распознавать на изображениях Landsat. Уточнение контуров не было выполнено лишь для 643 участков повреждений площадью выше 200 га в связи с отсутствием безоблачных изображений Landsat, полученных после окончания пожара до конца текущего сезона. Можно также отметить, что незначительный уровень повреждения и высокая скорость восстановления растительного покрова после беглых весенних пожаров, часто не позволяют выявлять пройденные огнем участки из-за отсутствия безоблачных изображений Landsat в постпожарный период. Похожая ситуация характерна и для летних травяных пожаров, также сопровождаемых достаточно быстрым восстановлением растительного покрова. Некоторая часть осенних пожаров в листопадных (лиственничных и лиственных) лесах также оказывается не обеспеченной необходимыми спутниковыми данными в период после пожара до окончания вегетационного периода, что не позволяет проводить экспресс-картографирование поврежденных участков.

Исследование статистической погрешности оперативной оценки площади пожаров на основе результатов детектирования очагов горения по данным MODIS

Оценка площади пройденных в 2013 году огнем территорий по данным MODIS на основе результатов детектирования действующих пожаров составила 7,83 млн. га, включая 4,13 млн. га лесов. Совместное использование этих данных с результатами детального экспресс-картографирования поврежденных участков по изображениям Landsat позволило получить уточненную оценку площади пожаров, составившую 11,30 млн. га (+44%), в том

числе 5,38 млн. га (+30%) покрытых лесом территорий. Представленное на *рис. 2* сопоставление площади отдельных пожаров демонстрирует значительный разброс оценок для пожаров с малой (сопоставимой с размером пикселя MODIS) площадью, быстро снижающийся по мере ее возрастания.



Рис. 2. Сопоставление оценок площади пожаров по результатам оперативного их детектирования по данным MODIS и картографирования поврежденных участков по данным Landsat

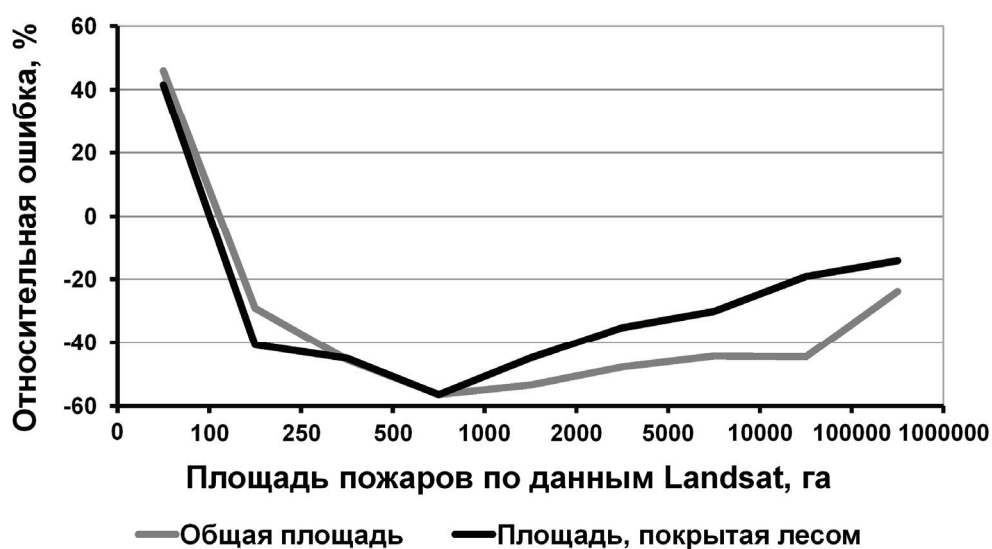


Рис. 3. Изменение ошибки оценки площади пожара на основе результатов его оперативного детектирования по данным MODIS в зависимости от площади поврежденного участка по данным Landsat

Представленная на *рис. 3* зависимость относительной ошибки оперативной оценки площади пожара от ее абсолютного значения наглядно показывает наличие переоценки площади мелких пожаров (менее 100 га), при одновременной общей значительной недооценке площади пройденных огнем территорий. По-видимому, это является следствием того, что при детектировании температурных аномалий с разрешением 1 км, часть соответствующей пикселу территории фактически может быть незатронутой огнем, что особенно справедливо для мелких пожаров. Для более крупных пожаров по результатам их оперативного детектирования характерно занижение оценок пройденной огнем площади с достижением максимальной по модулю ошибки при размерах пожаров 500–1000 га и последующим ее снижением при возрастании площади. Такое поведение ошибки, по-видимому, является следствием применения в ИСДМ-Рослесхоз и спутниковом сервисе Вега процедуры коррекции оперативно оцениваемой площади пожаров на основе использования следующей, предложенной Е.А. Лупяном и Е.В. Флитманом, эвристической формулы (Барталев и др., 2012):

$$S_C = \begin{cases} \left(1 - \frac{k \times \Delta \times (1 - \sigma)}{\sqrt{S_G}}\right) \times S_G \quad \forall S_G > (k \times \Delta)^2, \\ \sigma \times S_G \quad \forall S_G \leq (k \times \Delta)^2 \end{cases}, \quad (1)$$

где

S_G - геометрически измеренная площадь пожара, км²;

S_C - скорректированная площадь пожара, км²;

$\Delta = 1,1$ - номинальный размер пиксела, км;

$\sigma = 0,25$ - корректирующий коэффициент;

$k = 4$ - константа.

В основу уравнения (1) положено предположение, что более высокие значения ошибок соответствуют меньшим по площади пожарам из-за возрастающего количества пограничных пикселов. Выполнение коррекции в соответствии с уравнением (1) приводит к снижению площади пожара в 4 раза для пожаров размером менее k^2 пикселов. По мере роста размера пожара ($S_G \rightarrow \infty$) коэффициент коррекции приближается к 1 и, таким образом, для больших пожаров процедура коррекции приводит к незначительному изменению оценки площади. Использование результатов картографирования пожаров по спутниковым данным высокого пространственного разрешения позволяет произвести более точную настройку априорно выбранных параметров корректирующего уравнения (1).

Представленные на *рис. 4* зависимости демонстрируют различия поведения статистической погрешности геометрических оценок площади пожаров в сравнении со скорректированными на основе выражения (1) значениями, заметно компенсирующими ошибки для не-

больших (до 100 га) пожаров. Изменение знака ошибки для более крупных по площади пожаров свидетельствует о наличии избыточной коррекции при использовании текущих значений параметров корректирующего уравнения. Использование полученных экспериментальных данных дало возможность уточнить значения параметров ($k=2$ и $\sigma=0,2$), позволяющих существенно снизить ошибки оценки площади пожаров до уровня, не превышающего по модулю 20% в диапазоне площадей 100–5000 га. Дальнейшее использование полученных уточненных значений параметров позволит существенно повысить точность оперативного определения площади пожаров по результатам детектирования очагов горения по данным MODIS.

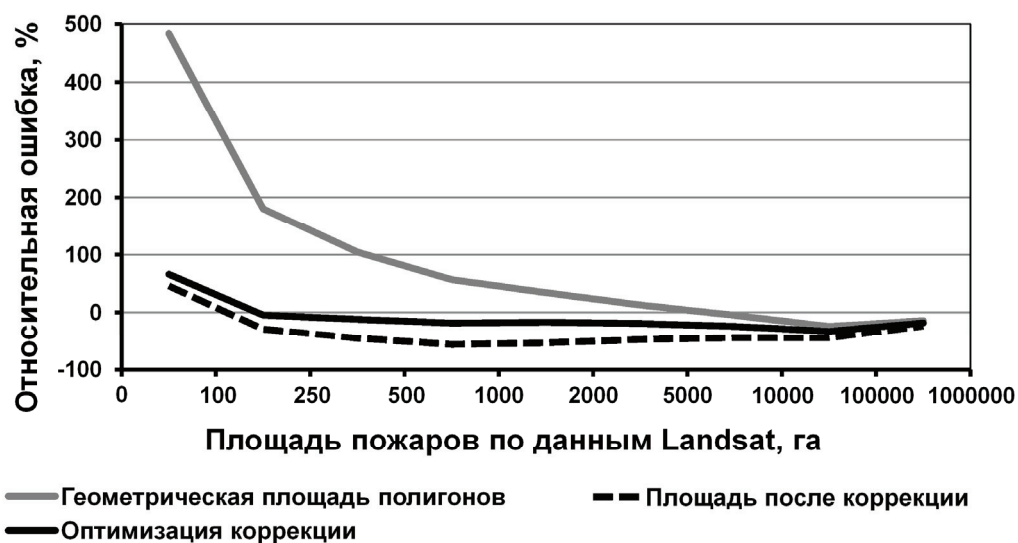


Рис. 4. Зависимость ошибки определения площади пожара на основе результатов его оперативного детектирования по данным MODIS от площади поврежденного участка при использовании (а) геометрической оценки, (б) коррекции на основе априорно заданных параметров и (в) коррекции на основе экспериментально уточненных параметров

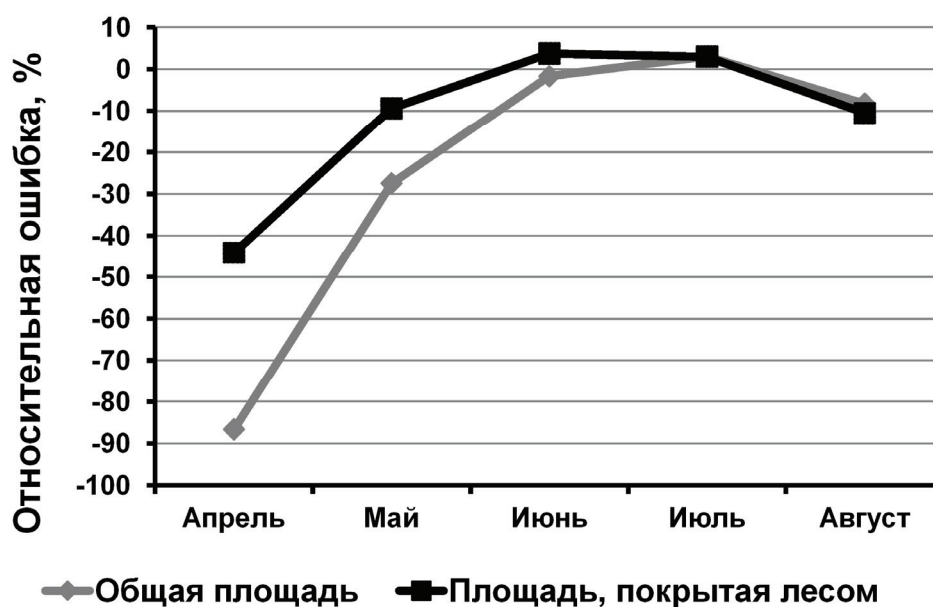


Рис. 5. Сезонная динамика погрешности оценки площади пожаров на основе результатов детектирования очагов горения по данным MODIS

Исследование сезонных вариаций ошибок оценки площади пожаров (*рис. 5*) наглядно подтверждает ранее сделанные выводы (Стыценко и др., 2013) о том, что беглые весенние пожары характеризуются относительно незначительными последствиями для наземных экосистем. Характерная для многих весенних пожаров низкая интенсивность и высокая скорость горения приводит к наличию большей доли пропущенных пикселей при оперативном детектировании очагов горения. Представленное на *рис. 5* сезонное распределение ошибки оценки площади пожара, полученное с применением уточненных параметров корректирующего уравнения (1), демонстрируя значительную недооценку площади весенних (особенно нелесных) пожаров, в тоже время позволяет утверждать, что погрешность оперативной оценки площади летних пожаров в среднем не превышает 10%.

Заключение

Использование спутниковых данных высокого пространственного разрешения является важным элементом системы дистанционного мониторинга лесных пожаров. Разработанная ИКИ РАН технология позволяет проводить картографирование повреждений лесов пожарами на основе спутниковых изображений Landsat. В 2013 году данная технология позволила в течение пожароопасного сезона провести массовую обработку спутниковых изображений и создать цифровую карту поврежденных пожарами лесов и других типов наземных экосистем для всей территории России. В общей сложности с использованием изображений Landsat удалось оконтурить поврежденные огнем участки, соответствующие выявленным по данным MODIS 5149 пожарам, вклад которых в суммарную пройденную огнем площадь превысил 87%. Общая площадь оконтуренных участков повреждений составила 8,71 млн. га, в том числе 4,87 млн. га лесов. Построенные карты позволили скорректировать оценку пройденной огнем площади, предварительно полученную на основе оперативного детектирования очагов горения. Полученные данные дали возможность уточнить зависимость статистической погрешности оперативных оценок площади отдельных пожаров от их абсолютных размеров, а также исследовать сезонную изменчивость возникающих при этом ошибок.

Полученные результаты позволяют в дальнейшем выполнить корректную оценку площади пожаров на территории России в различные годы с использованием результатов детектирования очагов горения на основе данных MODIS. Это, в частности, даст нам возможность исследовать процессы изменения пожарных режимов на территории России с начала XXI века.

Результаты представленных в статье исследований получены при поддержке РФФИ (грант №13-05-41420 РГО_а «Разработка научных основ спутниковой пирогеографии и исследование пространственно-временных особенностей пожаров в наземных экосистемах России»).

Литература

1. *Барталев С.А., Егоров В.А., Еришов Д.В., Исаев А.С., Лузян Е.А., Плотников Д.Е., Уваров И.А.* Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 4. С. 285–302.
2. *Барталев С.А., Егоров В.А., Ефремов В.Ю., Лузян Е.А., Стыценко Ф.В., Флитман Е.В.* Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM+ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 9–27.
3. *Барталев С.А., Еришов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лузян Е.А., Щетинский В.Е.* Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (состояние и перспективы развития) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Выпуск 5. Т. 2. С. 419–429.
4. *Барталев С.А., Еришов Д.В., Лузян Е.А., Толпин В.А.* Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 49–56.
5. *Барталев С.А., Златопольский А.А., Галеев А.А., Ефремов В.Ю., Лузян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В., Щербенко Е.В.* Автоматизированное уточнение площадей, пройденных лесными пожарами, по данным приборов HRV, HRVI // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Выпуск 6. Том 2. С. 335–342.
6. *Беляев А.И., Коровин Г.Н., Лузян Е.А.* Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Выпуск 2. Том 1. С. 20–29.
7. *Егоров В.А., Барталев С.А., Лузян Е.А., Уваров И.А.* Мониторинг повреждений растительного покрова пожарами по данным спутниковых наблюдений // Известия вузов: геодезия и аэрофотосъемка. 2006. Выпуск 2. С. 98–109.
8. *Еришов Д.В., Коровин Г.Н., Лузян Е.А., Мазуров А.А., Тащилин С.А.* Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. Выпуск 1. С. 47–57.
9. *Ефремов В.Ю., Балашов И.В., Котельников Р.В., Лузян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Объединенный картографический интерфейс для работы с данными ИСДМ Рослесхоз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 129–139.
10. *Ефремов В.Ю., Златопольский А.А., Мазуров А.А.* Автоматизированное оконтуривание лесной гари по данным SPOT // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 2. С. 35–42.
11. *Златопольский А.А.* Сегментация изображений по границам с разрывами // Автоматика и телемеханика. 1985. № 9. С. 109–117.
12. *Лузян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Мазуров А.А., Мальцев Д.В., Матвеев А.М., Прошин А.А., Толпин В.А., Халикова О.А., Крашенинникова Ю.С.* Возможности работы с долговременным архивом данных спутников LANDSAT по территории России и приграничных стран // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 307–315.
13. *Лузян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е.* Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности ("Вега") // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
14. *Стыценко Ф.В., Барталев С.А., Егоров В.А., Лузян Е.А.* Метод оценки степени повреждения лесов пожарами на основе спутниковых данных MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 254–266.
15. *Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лузян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93–108.
16. *Bartalev S.A., Egorov V.A., Loupian E.A., Uvarov I.A.* Multi-Year Circumpolar Assessment the Area Burnt in Boreal Ecosystems Using SPOT-Vegetation // International Journal of Remote Sensing. 2007. Vol. 28. No. 6. P. 1397–1404.
17. *Giglio L., van der Werf G.R., Randerson J.T., Collatz G.J., Kasibhatla P.* Global estimation of burned area using MODIS active fire observations // Atmospheric Chemistry and Physics. 2006. Vol. 6. P. 957–974.
18. *Grégoire J.M., Tansey K., Silva J.M.N.* The GBA2000 initiative: developing a global burned area database from SPOT-VEGETATION imagery // Int. J. Remote Sens. 2003. Vol. 24. No. 6, P. 1369–1376.
19. *Li Z., Kaufman Y.J., Ichoku C., Fraser R., Trishchenko A., Giglio L., Jin J.* A review of AVHRR-based active fire detection algorithm: Principles, limitations, and recommendations. Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space // Planning and Coordinated International Effort. 2001. P. 199–225.

20. Loupian E.A., Mazurov A.A., Flitman E.V., Ershov D.V., Korovin G.N., Novik V.P., Abushenko N.A., Altyntsev D.A., Koshelev V.V., Tashchilin S.A., Tatarnikov A.V., Csiszar I., Sukhinin A.I., Ponomarev E.I., Afonin S.V., Belov V.V., Matvienko G.G., Loboda T.V. Satellite Monitoring of Forest Fires in Russia at Federal and Regional Levels // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2006. № 11. P. 113–145.
21. Roy D.P., Boschetti L., Justice C.O., Ju J. The Collection 5 MODIS Burned Area Product - Global Evaluation by Comparison with the MODIS Active Fire Product // *Remote Sens. Environ.* 2008. Vol. 112. P. 3690–3707.
22. Sukhinin A. I., French N.H.F., Kasischke E.S., Hewson J.H., Soja A.J., Csiszar I.A., Hyer E.J., Loboda T., Conard S.G., Romasko V.I., Pavlichenko E.A., Miskiv S.I., Slinkina O.A. AVHRR-based Mapping of Fires in Russia: New Products for Fire Management and Carbon Cycle Studies // *Remote Sens. Environ.* 2004. Vol. 93. P. 546–564.
23. Zhang Y.-H., Wooster M.J., Tutubalina O., Perry G.L.W. Monthly burned area and forest fire carbon emission estimates for the Russian Federation from SPOT VGT // *Remote Sens. Environ.* 2003. Vol. 87. P. 1–15.

Rapid mapping of forest burnt areas over Russia using Landsat data

S.A. Bartalev ¹, E.A. Loupian ¹, F.V. Stytsenko ¹, O.Y. Panova ², V.Yu. Efremov ¹

¹*Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow 117997, Russia*
E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

²*V.A. Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics, Fryazino, Russia*
E-mail: opanova@ire.rssi.ru

A technology for burnt area mapping using Landsat data is developed by the Space Research Institute of Russian Academy of Sciences. The technology began to be used for mass mapping of burnt area since 2011. It based on interactive mapping using GIS instruments in web-interface. During fire season of 2013 this technology was applied to perform mass satellite data processing and to produce the burnt area map for entire Russian Federation territory. As a result, about 5000 fires detected by MODIS were mapped using Landsat images, which accounted for about 80% of total forest burnt area. Total 8,7 Mha, of fires was mapped including 4,9 Mha of forest area. This map allowed to refine the burnt area assessment obtained in near-real-time mode using MODIS hot-spots detection based algorithm and to estimate its accuracy depending on fire size and season. The results led to suggestions for the improvement of rapid MODIS-based burnt area estimations.

Keywords: remote sensing, burnt area mapping, Landsat satellite data.

References

1. Bartalev S.A., Egorov V.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Lupyan E.A., Plotnikov D.E., Uvarov I.A., Sputnikovoe kartografirovaniye rastitel'nogo pokrova Rossii po dannym spektrometriya MODIS (Mapping of Russia's vegetation cover using MODIS satellite spectroradiometer data), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 4, pp. 285–302.
2. Bartalev S.A., Egorov V.A., Efremov V.Yu., Lupyan E.A., Stytsenko F.V., Flitman E.V., Otsenka ploshchadi pozharov na osnove kompleksirovaniya sputnikovyykh dannykh razlichnogo prostranstvennogo razresheniya MODIS i Landsat-TM/ETM+ (Integrated burnt area assessment based on combine use of multi-resolution MODIS and Landsat-TM/ETM+ satellite data), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 9–27.
3. Bartalev S.A., Ershov D.V., Korovin G.N., Kotel'nikov R.V., Lupyan E.A., Shchetinskii V.E., Informatsionnaya sistema distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva RF (sostoyaniye i perspektivy razvitiya) (Information forest fire remote monitoring system of Federal Forest Agency), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Issue 5, Vol. 2, pp. 419–429.
4. Bartalev S.A., Ershov D.V., Lupyan E.A., Tolpin V.A., Vozmozhnosti ispol'zovaniya sputnikovogo servisa VEGA dlya resheniya razlichnykh zadach monitoringa nazemnykh ekosistem (Possibilities of Satellite Service VEGA Using for Different Tasks of Land Ecosystems Monitoring), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 1, pp. 49–56.
5. Bartalev S.A., Zlatopol'skii A.A., Galeev A.A., Efremov V.Yu., Lupyan E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V., Shcherbenko E.V., Avtomatizirovannoe utochnenie ploshchadei, proidennykh lesnymi

- pozharimi, po dannym priborov HRV, HRVI (More precise automatic burnt out places space detection using HRV, HRVIR data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2009, Issue 6, Vol. 2, pp. 335–342.
6. Belyaev A.I., Korovin G.N., Lupyan E.A., Ispol'zovanie sputnikovykh dannykh v sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov MPR RF (Using of satellite data in forest fire remote monitoring system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2005, Issue 2, Vol. 1, pp. 20–29.
 7. Egorov V.A., Bartalev S.A., Lupyan E.A., Uvarov I.A., Monitoring povrezhdenii rastitel'nogo pokrova pozharimi po dannym sputnikovykh nablyudenii (Wild fire monitoring using satellite data), *Izvestiya vuzov: geodeziya i aerofotos"emka*, 2006, Issue 2, pp. 98–109.
 8. Ershov D.V., Korovin G.N., Lupyan E.A., Mazurov A.A., Tashchilin S.A., Rossiiskaya sistema sputnikovogo monitoringa lesnykh pozharov (Russian satellite forest fire monitoring system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, Issue 1, pp. 47–57.
 9. Efremov V.Yu., Balashov I.V., Kotelnikov R.V., Lupyan E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Ob"edinennyy kartograficheskii interfeis dlya raboty s dannymi ISDM Rosleskhoz (Integrated mapping interface for operations with ISDM-Rosleskhoz data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 129–139.
 10. Efremov V.Yu., Zlatopol'skii A.A., Mazurov A.A., Avtomatizirovanoe okonturivanie lesnoi gari po dannym SPOT (Automated outlining of forest burnt areas based on SPOT data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol. 7, No. 2, pp. 35–42.
 11. Zlatopol'skii A.A., Segmentatsiya izobrazhenii po granitsam s razryvami (Image segmentation using borders with discontinuities), *Avtomatika i telemekhanika*, 1985, No. 9, pp. 109–117.
 12. Lupyan E.A., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Mazurov A.A., Mal'tsev D.V., Matveev A.M., Proshin A.A., Tolpin V.A., Khalikova O.A., Krashennnikova Yu.S., Vozmozhnosti raboty s dolgovremennym arkhivom dannykh sputnikov LANDSAT po territorii Rossii i prigranichnykh stran (Opportunities to work with long-term archive of Landsat satellite data on the territory of Russia and neighboring countries), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 307–315.
 13. Lupyan E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E., Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("Vega") (Satellite service for vegetation monitoring VEGA), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
 14. Stytsenko F.V., Bartalev S.A., Egorov V.A., Lupyan E.A., Metod otsenki stepeni povrezhdeniya lesov pozharimi na osnove sputnikovykh dannykh MODIS (Post-fire tree mortality assessment method using MODIS satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2013, Vol. 10, No. 1, pp. 254–266.
 15. Tolpin V.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Lupyan E.A., Proshin A.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozdanie interfeisov dlya raboty s dannymi sovremennykh sistem distantsionnogo monitoring (The GEOSMIS system: Developing interfaces to operate data in modern remote monitoring systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 93–108.
 16. Bartalev S.A., Egorov V.A., Loupian E.A., Uvarov I.A., Multi-Year Circumpolar Assessment the Area Burnt in Boreal Ecosystems Using SPOT-Vegetation, *International Journal of Remote Sensing*, 2007, Vol. 28, No. 6, pp. 1397–1404.
 17. Giglio L., G.R. van der Werf, J.T. Randerson, G.J. Collatz, P. Kasibhatla, Global estimation of burned area using MODIS active fire observations, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2006, Vol. 6, p. 957–974.
 18. Grégoire J.M., Tansey K., Silva J.M.N., The GBA2000 initiative: developing a global burned area database from SPOT-VEGETATION imagery, *Int. J. Remote Sens.*, 2003, Vol. 24, No. 6, pp. 1369–1376.
 19. Li Z., Kaufman Y.J., Ichoku C., Fraser R., Trishchenko A., Giglio L., Jin J., A review of AVHRR-based active fire detection algorithm: Principles, limitations, and recommendations. In: *Global and Regional Vegetation Fire Monitoring from Space, Planning and Coordinated International Effort*, 2001, pp. 199–225.
 20. Loupian E.A., Mazurov A.A., Flitman E.V., Ershov D.V., Korovin G.N., Novik V.P., Abushenko N.A., Altyntsev D.A., Koshelev V.V., Tashchilin S.A., Tatarnikov A.V., Csiszar I., Sukhinin A.I., Ponomarev E.I., Afonin S.V., Belov V.V., Matvienko G.G., Loboda T.V., Satellite Monitoring of Forest Fires in Russia at Federal and Regional Levels, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, No. 11, pp. 113–145.
 21. Roy D.P., Boschetti L., Justice C.O., Ju J., The Collection 5 MODIS Burned Area Product - Global Evaluation by Comparison with the MODIS Active Fire Product, *Remote Sens. Environ.*, 2008, Vol. 112, pp. 3690–3707.
 22. Sukhinin A.I., French N.H.F., Kasischke E.S., Hewson J.H., Soja A.J., Csiszar I.A., Hyer E.J., Loboda T., Conard S.G., Romasko V.I., Pavlichenko E.A., Miskiv S.I., Slinkina O.A., AVHRR-based Mapping of Fires in Russia: New Products for Fire Management and Carbon Cycle Studies, *Remote Sens. Environ.*, 2004, Vol. 93, pp. 546–564.
 23. Zhang Y.-H., Wooster M.J., Tutubalina O., Perry G.L.W., Monthly burned area and forest fire carbon emission estimates for the Russian Federation from SPOT VGT, *Remote Sens. Environ.*, 2003, Vol. 87, pp. 1–15.