# Сопоставление информации о лесных пожарах по данным спутниковых, наземных и авиационных наблюдений ИСДМ-Рослесхоз

А.А. Галеев<sup>1</sup>, Р.В. Котельников<sup>2</sup>, Ю.С. Крашенинникова<sup>1</sup>, Е.А. Лупян<sup>1</sup>, В.Л. Сементин<sup>2</sup>, Е.В. Флитман<sup>1</sup>, Е.В. Щербенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт космических исследований РАН 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 84/32 E-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru

<sup>2</sup> ФГУ «Авиалесоохрана»
141200, г. Пушкино, Московской области, ул. Горького 20
E-mail: aviales@space.ru

В настоящей работе рассматриваются вопросы сравнения информации о пожарах, которая получается на основе данных спутниковых, авиационных и наземных наблюдений в Информационной системе мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз). В работе рассмотрены различные задачи и методики сопоставления данных. Приводятся некоторые результаты сопоставления, полученные в пожароопасных сезонах 2005-2007 годов. Показано, что на основе сопоставления информации, полученной от региональных служб, обеспечивающих мониторинг и тушение лесных пожаров, и информации, полученной на основе данных спутниковых наблюдений, может быть качественно оценена эффективность работ, связанных с организацией тушения лесных пожаров.

Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз) в настоящее время предоставляет в частности информацию о пожарной опасности, действующих пожарах и их последствиях по всей территории России. Достаточно подробно возможности системы описаны в работах [1-5]. Одной из важных задач ИСДМ Рослесхоз является сопоставление информации о пожарах, полученной из различных источников, для уточнения и взаимной коррекции различной информации. Особенно актуальной данная задача стала после ввода в действие нового лесного кодекса и передачи большой части функций по мониторингу и тушению пожаров в регионы РФ. Поэтому с 2007 года кроме уже традиционных задач ИСДМ Рослесхоз стала обеспечивать различные федеральные службы информацией, необходимой для оценки эффективности проводимых в регионах работ по мониторингу и тушению лесных пожаров. Для этого необходимо было усовершенствовать методики и технологии сравнения информации, получаемой на основе данных дистанционного зондирования, и информации, поступающей из регионов, которая в основном основывается на данных наземных и авиационных наблюдений.

Настоящая работа посвящена описанию основных реализованных в ИСДМ Рослесхоз возможностей сравнения информации, получаемой на основе данных различных наблюдений и получение на основе этой информации комплексных объективных оценок о лесопожарной обстановке и последствиях действия лесных пожаров. При проведении такого сравнения основными задачами, решаемыми ИСДМ Рослесхоз, являются:

- о Оценка корректности работы методик наземного, авиационного и дистанционного контроля и учета пожаров
- о Оценка корректности данных локального мониторинга (сопоставление и проверка информации по отдельным пожарам)
- о Получение комплексной статистики (получение отчетности, статистики по регионам, в том числе для оценки правильности использования субвенций).

Для решения этих задач в ИСДМ Рослесхоз используется в настоящее время следующая

информация [1-5]:

- о Данные спутникового мониторинга, получаемые со спутников NOAA, TERRA, AQUA, SPOT, LANDSAT и Ресурс ДК.
- о Данные регистрации пожаров на основе наземных и авиационных наблюдений, получаемые от региональных служб, обеспечивающих мониторинг и тушение лесных пожаров.
- о Данные выборочных проверок, которые осуществляются специалистами и представителями ФГУ «Авиалесоохрана».

В настоящей работе мы остановимся только на нескольких методиках и способах сопоставления данных, использующихся в настоящее время в ИСДМ Рослесхоз. В том числе:

- о методике детального анализа информации об отдельных пожарах
- о методике сопоставления информации о крупных пожарах, полученной по данным региональных наблюдений и данным дистанционного зондирования.
- о методике стандартных реакций на информацию о крупных пожарах, полученную по данным дистанционного мониторинга
- о методике сопоставления интегральной региональной статистики и данных, полученных на основе информации дистанционного зондирования.

#### Методика детального анализа информации об отдельных пожарах

Основной задачей проведения детального анализа информации о пожаре является подтверждение или опровержение наличия пожара в данное время на данной площади путем сопоставления всей имеющейся в ИСДМ Рослесхоз информации, в том числе полученной дистанционными методами.

Основными индикаторами наличия или отсутствия пожара являются:

- о наличие «горячих точек» в зоне пожара,
- о устойчивая динамика развития пожара,
- о наличие дымовых шлейфов в зоне пожара,
- о наличие гари на месте пожара, анализ территории, на которой пожар функционирует.

Основным признаком наличия пожара являются «горячие точки», которые детектируются по спутниковым данным [6, 7]. Однако, однократное обнаружение «горячей точки» еще не является стопроцентным подтверждением того, что наблюдается именно природный пожар. Одним из путей подтверждения факта наблюдения пожара является детальный анализ его динамики (более точно динамики его наблюдения). Многократное обнаружение «горячих точек» в районе действия пожара по данным различных спутников и рост площади «пожара» (объединенных в связный объект детектированных точек) уже достаточно надежно подтверждают, что наблюдаемые горячие точки являются пожаром. Следует отметить, что анализ динамики развития пожара также позволяет отделить действующие пожары от устойчивых огней (например, факелы нефтегазодобывающих промыслов, промышленные объекты). Если очаг действует долго (более месяца), практически непрерывно и имеет при этом малую площадь (не более 100 га) с большой вероятностью это «устойчивый огонь», а не природный пожар.

Важным признаком пожара также является наличие дымовых шлейфов в районе пожара, явно видимые на изображениях среднего (TERRA/MODIS) и низкого (NOAA) разрешения. Наличие таких шлейфов практически стопроцентно подтверждает факт горения. Пример такого шлейфа на стандартных информационных продуктах ИСДМ Рослесхоз представлен на рис. 1.

Еще одним признаком, подтверждающим тот факт, что пожар действовал, является наличие гари на изображениях в районе пожара после его окончания. Такие гари достаточно хорошо видны на данных даже среднего разрешения (см. примеры на рис. 2). Для анализа гарей в ИСДМ Рослесхоз используются также автоматизированные алгоритмы, основанные на анализе серий на-

блюдений, полученных приборами SPOT VGT и MODIS [8, 9]. Результаты данного детектирования также являются одним из подтверждений того, что пожар действовал на данной территории.

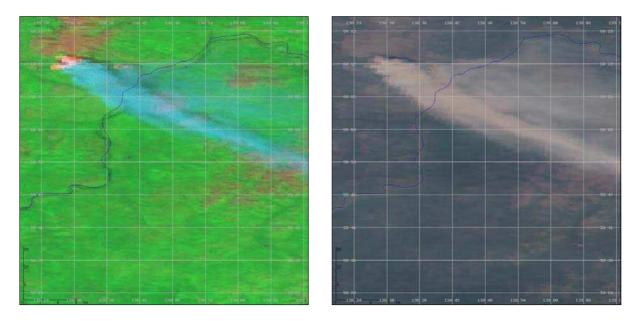


Рис. 1. Пример изображений дыма от действующего пожара при разном цветовом синтезе каналов прибора MODIS (спутник Terra)

Наличие гари может быть также достаточно легко подтверждено и с использованием данных высокого разрешения. Для этих целей в ИСДМ Рослесхоз используются данные приборов HRV, HRVIR, установленных на спутниках SPOT 2 и SPOT 4. Пример изображения гари, полученного на основе этих данных, приведен на рис. 3.

Существенным вопросом при детальном анализе пожара, является подтверждение или опровержение того факта, действовал ли пожар на территории, покрытой лесом, или нет. При проведении такого анализа в ИСДМ Рослесхоз используется карта покрытых лесом территорий, полученная по данным прибора MODIS и спутниковые данные высокого пространственного разрешения. Отметим также, что данные высокого пространственного разрешения используются также для анализа того, не находится ли на месте пожара антропогенный объект, который может быть «устойчивым огнем».

Результатом анализа всех перечисленных выше факторов является решение, считать ли, что данный пожар действительно функционировал или был ложной тревогой. Совместный анализ перечисленных выше факторов практически во всех случаях позволяет сделать однозначный вывод о факте наличия или отсутствия конкретного пожара.

Отметим также, что в процессе детального анализа пожара, во многих случаях необходимо проанализировать и оценку площади, которую предоставляет для каждого пожара ИСДМ Рослесхоз. Оценка площади, пройденной огнем, осуществляется как на основе анализа данных об активном горении, так и на основе повреждений (гарей), которые наблюдаются в растительном покрове после окончания пожара. При этом следует иметь в виду, что:

- о Площади сравнительно небольших пожаров (порядка нескольких десятков га) не могут быть определены точно только с использованием данных низкого и среднего разрешения. Для их уточнения, безусловно, необходимо использовать данные высокого пространственного разрешения.
- о Площади достаточно крупных пожаров (начиная с нескольких сотен га) определяются по данным низкого и среднего пространственного разрешения с достаточно большой точностью. Ошибки в оценке площадей таких пожаров обычно составляют меньше 10%. [10]

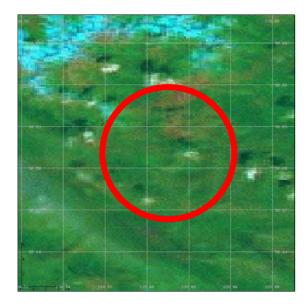


Рис. 2a. Изображение до пожара (прибор MODIS)

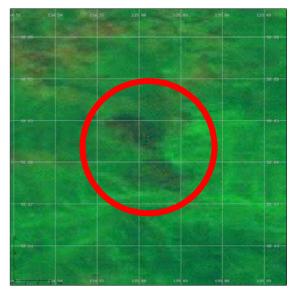


Рис. 26. Изображение после пожара. Хорошо видны повреждения растительности (прибор MODIS)

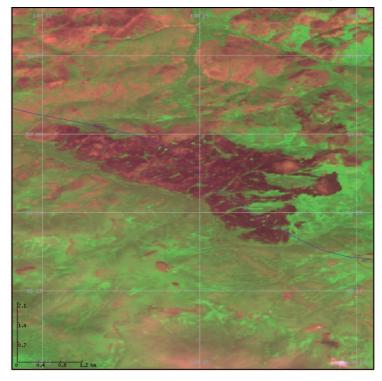


Рис. 3. Пример изображения гари полученного по данным прибор HRVIR (спутник SPOT 4)

Поэтому, когда мы имеем дело с крупными пожарами, в случае расхождения оценок, полученных по спутниковым данным среднего пространственного разрешения и данных наземных и авиационных обследований, более достоверной следует считать информацию, полученную на основе спутниковых наблюдений. В любом случае, для уточнения следует использовать данные высокого пространственного разрешения (20-30 м). Следует отметить, что в пожароопасном сезоне 2007 года в большинстве случаев, в которых проводилось сравнение оценок площадей крупных пожаров, оценки, полученные на основе спутниковых данных, оказывались более корректными, чем оценки наземных служб.

Следует отметить, что при проведении детального анализа конкретного пожара, могут быть проанализированы и другие его характеристики, в частности, достаточно часто производится анализ периода действия (наблюдения) пожара, определенного по данным региональных служб и спутниковой информации. Такое сравнение позволяет, в частности, выявить ситуации, когда по информации наземных служб пожар считается потухшим (ликвидированным), а в то же время его активное горение продолжается.

## Методика сопоставления информации о крупных пожарах, полученной по данным региональным наблюдений и данным дистанционного зондирования

Сопоставление крупных пожаров по классификации региональных служб с пожарами, детектированными по космическим данным, производится для подтверждения статистики крупных лесных пожаров (обычно крупным на Европейской территории считается пожар, площадь которого превысила 25 га, на территории Сибири и Дальнего Востока, крупными считаются пожары, площадь которых превысила 200 га). Результат сопоставления заносится в базу данных на сервере ИСДМ Рослесхоз. На каждый крупный пожар Авиабазы заводят «Карточку крупного лесного пожара», которая заносится в базу данных ИСДМ Рослесхоз. Сопоставить информацию о крупных пожарах, полученную по данным региональных наблюдений и данным дистанционного зондирования – значит, найти дистанционно детектированные пожары, функционирующие во время и в месте, указанным в «Карточке крупного лесного пожара».

К сожалению, в связи с достаточно большим числом ошибок в координатах пожаров, которые наблюдаются в данных региональных служб, не удается создать полностью автоматизированную методику сопоставления пожаров. Поэтому в настоящее время использующаяся в ИСДМ Рослесхоз методика сопоставления основана на визуальном анализе данных региональных служб и спутниковых данных. Для этого место регистрации наземными службами крупного пожара, отображается на карте. На эту же карту также наносятся контуры пожара или пожаров, детектированных по спутниковым данным в данный период времени на данную территорию. Исходя из пространственной близости этих данных и соответствия периодов наблюдения пожара, оператор принимает решение о том, какие пожары, наблюдавшиеся на спутниковых данных, соответствуют пожарам, зарегистрированным наземными службами. При этом соответствовать друг другу могут не только отдельные пожары, но и группы пожаров. Для проведения сопоставления пожаров на информационных серверах ИСДМ Рослесхоз, созданы специальные интерфейсы, позволяющие проводить анализ данных и устанавливать соответствие между пожарами. Пример интерфейса приведен на рис. 4.

В составе ИСДМ-Рослесхоз работает блок стандартных реакций персонала на очаги горения, детектированные в данных дистанционного мониторинга автоматическими процедурами обработки спутниковых данных. Основная задача внедрения данного модуля – уточнение информации, полученной средствами дистанционного мониторинга, на основании местных (наземных, авиационных) наблюдений силами персонала служб охраны лесов от пожаров. В первую очередь, уточнение заключается в исключении очагов горения, не являющихся лесными пожарами, из общей статистики наблюдения лесных пожаров и пройденной ими площади.

Блок стандартных реакций реализован на основе Базы данных пожаров, обнаруженных дистанционными методами (данные со спутников) и Базы данных оперативной отчетности по этим пожарам в составе ИСДМ-Рослесхоз. Для реализации пользовательского интерфейса к модулю разработана форма 12-ИСДМ (рис. 5).

### Методика стандартных реакций на информацию о крупных пожарах, полученных по данным дистанционного мониторинга

Стандартные реакции (комментарии) предназначены для указания и классификации очагов горения (обнаруженных дистанционными методами), которые не являются лесными пожарами.

Состав стандартных классификаторов следующий:

- о «не обнаружен» (пожар по данным координатам и в данный период времени не обнаружен)
- о «не является крупным» (пожар обнаружен, но не является крупным по данным оперативных служб; данный классификатор используется только при сопоставлении крупных пожаров);
  - о «проверяется»
  - «не осматривался»
  - о «не лесфонд»
  - «сельхозвыжигания»
  - о «профвыжигание»
  - о «не лесная территория»
  - о «вне зоны обслуживания»
  - о «техногенный объект»

Кроме стандартных реакций, в базе данных и пользовательском интерфейсе



Рис. 4. Интерфейс conocmaвления крупных пожаров, зарегистрированных региональными службами и по спутниковым данным

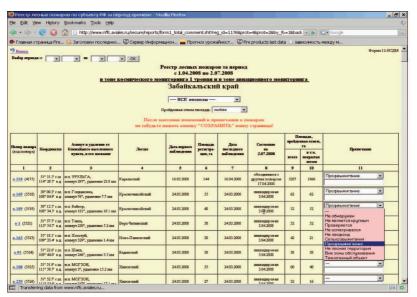


Рис. 5. Пример работы интерфейса стандартных реакций на крупные пожары зарегистрированных на основе данных дистанционных наблюдений

предусмотрено поле ввода дополнительного текстового комментария для пояснения выбранной реакции или занесения дополнительной информации.

Для контроля вносимых изменений в базе данных оперативной отчетности сохраняется также служебная информация о занесении стандартных реакций на пожары (логин пользователя; ірадрес, с которого произведено изменение информации, дата и время занесения информации пользователем). Это позволяет при необходимости (например, в случае конфликтных ситуаций) установить ответственного за внесение соответствующего классификатора в базу данных.

Внедрение в ИСДМ Рослесхоз стандартных реакций (классификаторов) позволяет уменьшить влияние «ложных» пожаров (очагов, не являющихся лесными пожарами) на результаты мониторинга. В настоящее время при формировании отчетных форм для сопоставления данных дистанционного мониторинга пожаров с данными региональных служб и органов власти субъектов Российской Федерации (формы 8-ИСДМ, 9-ИСДМ, 10-ИСДМ) учитываются следующие классификаторы:

- о «не лесфонд»
- о «сельхозвыжигания»
- о «профвыжигание»
- о «техногенный объект»

Итоговые агрегированные данные в этих формах по количеству пожаров и площадям, пройденных огнем, не включают очаги горения, наблюдавшиеся методами космического мониторинга, но отмеченные перечисленными классификаторами.

## Сопоставление интегральной региональной статистики и данных, полученных на основе информации дистанционного зондирования

В ИСДМ Рослесхоз реализованы методики сопоставления данных дистанционного зондирования и данных региональных наблюдений лесных пожаров. Реализованная в настоящее время методика включает в себя сопоставление интегральных данных на уровне субъектов и Федеральных округов Российской Федерации.

Для сопоставления данных в составе ИСДМ-Рослесхоз разработаны специальные динамические формы отчетности:

- Форма 8-ИСДМ «Сравнительная оценка информации о лесных пожарах по данным ИСДМ-Рослесхоз и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» на любую заданную дату в течение пожароопасного сезона
- Форма 9-ИСДМ «Сравнительная оценка информации о лесных пожарах по данным ИСДМ-Рослесхоз и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации» на начало любого заданного месяца в течение пожароопасного сезона с нарастающим итогом с начала сезона (см. рис. 6).

| _     | внительная оценка информации о леснью<br>dt. View History Bookmarks Tools Help | гпожарах (фор                    | ома 9-ИСДМ) - Mozilia Fir  | efox   |  |   |                  | -          |
|-------|--|----------------------------------|--|--|--|---|------------------|------------|
| _     |  |                                  |  |  |  |   |                  |            |
|       | 🧼 - 🧭 🕢 🏠 🐷 http://www.nffc.aviak  |                                  |  |  | V.   | ▶ G • kayaking                                | andorra          |            |
| Глав  | зная страница Fire 🔝 Заголовки последних                                       | Сервер Инф                       | ормацион 📥 Прогноз у   | рожайност 🎖  | Fire products last data 📋 s                            | ависимость между м                            |                  |            |
|       |  | органов испо<br>В                | гельная оценка инфо<br>по данным НСД<br>линтельной власти с<br>по состоянно и<br>(с нарастающим ит<br>торията I урови, зона неземя | М-Рослескоз<br>убъектов Рос<br>та 1.07.2008<br>эгом с 1.04.2008        | сийской Федерации                                      |   | ого мониторията. | 2-го ура   |
|       |  | Данилае коспического можиторинга |  | Данные органов исполнительной власти<br>субъектов Российской Федерации |  | Отклюнение от данных косинческого можитеринга |                  |            |
| h m/m | Наименование субъекта Российской Федерации                                     | кел-ве пожаров                   | похрытая лесон плицадь,<br>пробленныя отнем, тыс. га   | хол-во пикиров   | нокрантан лесон площада,<br>пройденная огнем, таке. га | но количеству,<br>раз                         | TMC. F4          | pas<br>pas |
| 1     | 2  | 3                                | 4  | 5  | 6  | 7   | 8                | 9          |
|       |  |                                  | Центральный феде   |  |  |   |                  |            |
| 1     | Бептородская область   | 2                                | 02   | 11   | 0  | +5.5  | -0.2             | -          |
| 2     | Брянсках область   | 37                               | 0.9  | 151  | 0.2  | +4.1  | -0.7             | -45        |
| 3     | Владовирская область   | 13                               | 0.4  | 102  | 0.1  | +7.8  | -0.3             | -4.0       |
| 4     | Воронежская область  | 15                               | 0.4  | 113  | 0.1  | +7.5  | -0.3             | -4.0       |
| 5     | Намиса скла область  | 9                                | 0.3  | 10   | 0  | +1.1  | -0.3             |            |
|       | Кыпунктин область  | 46                               | 13   | 42   | 0  | -11   | -1.3             |            |
| 7     | Костромская область  | 4                                | 02   | 43   | 0  | +10.8   | -0.2             | -          |
| \$    | Курская область  | 6                                | 0.1  | 0  | 0  |   | -0.1             | -          |
| 9     | Липециал область   | 4                                | 0.1  | 70   | 0  | +17.5   | -0.1             |            |
| 10    | Московская общесть   | 59                               | 19   | 58   | 0  | -10   | -1.9             | *          |
| 11    | Орновская область  | 11                               | 0.2  | 0  | 0  |   | -0.2             |            |
| 12    | Римиская область   | 8                                | 0.1  | 26   | 0.2  | +3.2  | 0.1              | +2.0       |
| 13    | Смоненская область   | 120                              | 4.1  | 7  | 0  | -17.1   | -41              |            |
| 14    | Тамбовская область   | 9 35                             | 02   | 30   | 0  | +3.3  | -0.2             | -35        |
| 15    | Тверская область   | 35                               | 1.4<br>0.5   | 111  | 0.4  | +3.2  | -0.5             | -3.5       |
| 16    | Тукъская область   | 7                                | 0.5  | 28   | 0  | -21.0<br>+4.0                                 | -0.3             |            |
|       | Яроливсках область<br>Итого по Федеральному охругу                             | 406                              | 12.5   | 803  | 1  | +4.0  | -0.2             | .12.5      |
|       | more an westernoon's explict   | +00                              | Сеперо-Западнагії фе   |  | - 1  | -28   | -113             | -125       |
| 18    | Архименьская общесть   | 27                               | 0.7  | 21   | 1.0  | -13   | -0.6             | .70        |
| 19    | Bosorogoxas ofmera   | 49                               | 2.1  | 78   | 0.1  | +1.6  | -2               | -21.0      |
|       | Капинатуадская обраста   | 22                               | 08   | 20   | 0.1  | -11   | .07              | -21.0      |
| 21    | Легентрадская область  | 172                              | 8.7  | 358  | 1.1  | +21   | -76              | -7.9       |
|       | Муразнеская область  | 174                              |  | 11   | 0  | 14.1  | 0                | 11.5       |
| 22    |  |                                  |  |  |  |   |                  |            |

Рис. 6. Пример автоматического заполнения формы 9-ИСДМ

Формы 8-ИСДМ и 9-ИСДМ формируются динамически по запросу пользователя на основе информации, накопленной в базах данных ИСДМ-Рослесхоз, включая как данные спутникового мониторинга пожаров, так и информацию из ведомственных баз данных ФГУ «Авиалесоохрана» по локальным наблюдениям лесных пожаров местными службами.

При подсчете статистики по данным дистанционного мониторинга пожаров используется информация по классификаторам пожаров, введенная оперативным персоналом в ИСДМ-Рослесхоз с использованием блока стандартных реакций. В частности, очаги горения, детектированные по данным спутниковых наблюдений, но при этом отмеченные соответствующими классификаторами («не лесфонд», «сельхозвыжигания», «профвыжигание», «техногенный объект»), не включаются в общую статистику лесных пожаров по данным космического мониторинга. Информация космического мониторинга, показанная в форме 8-ИСДМ (ежедневные данные), отражает наблюдения пожаров из космоса в течение выбранных суток. В форме 9-ИСДМ (накопленный итог с начала сезона) показана вся информация по наблюдениям пожаров из космоса на протяжении сезона вплоть до выбранной даты.

Подсчет статистики по данным местных органов исполнительной власти ведется с учетом всех корректировок (суточных, месячных), имеющихся в ведомственных базах данных.

Форма 8-ИСДМ (ежедневная информация) формируется на любое число пожароопасного сезона и включает данные наблюдений пожаров в течение выбранных суток. Форма 9-ИСДМ (накопленный итог с начала сезона) по умолчанию формируется на 1-ое число каждого месяца на основании месячных корректировок за предшествующие месяцы. Однако в случае их отсутствия используются суммированные суточные корректировки за соответствующий месяц. Кроме того, авторизованный персонал для оперативной работы может использовать форму 9-ИСДМ в режиме «ежедневного накопления» по состоянию на любое число месяца (для подсчета данных за неполный месяц используются суточные корректировки за этот месяц).

Обсуждаемые формы используются в настоящее время при оценках эффективности работы региональных служб мониторинга и тушения лесных пожаров.

# Некоторые результаты сопоставления информации полученной на основе данных спутниковых наблюдений и данных наземных и авиационных обследований

На основе описанных методик анализа было проведено сопоставление информации о пожарах, наблюдавшихся в пожароопасных сезонах 2005-2007 годов. Как уже отмечалось выше, данное сопоставление показало, что информация, полученная на основе данных спутниковых наблюдений, является достаточно достоверной и во многих случаях даже более точной, чем информация, предоставляемая региональными службами. Так, например, детальный анализ спорных пожаров, по которым региональными службами были высказаны замечания к информации спутникового мониторинга, показал, что в большинстве случае данные, предоставленные региональными службами не точны, включая как сами факты, время и координаты действия пожаров, так и оценки площадей, пройденных огнем.

В то же время следует отметить, что существенное число расхождений в статистике региональных служб и данных, полученных на основе спутникового мониторинга, вызвано тем, что при учете и расчете статистики наблюдаемых пожаров и их последствий используются разные, и порой неточные карты границ лесного фонда и границ площадей, покрытых лесом. Несмотря на то, что в рамках ИСДМ Рослесхоз постоянно ведутся работы по уточнению этой информации, они еще далеки от завершения. На наш взгляд для расчета базовой статистики следует в настоящее время опираться на информацию о границах площадей, покрытых лесом, полученных на основе спутниковых данных. Сегодня на наш взгляд имеется достаточно актуальная информация об этих границах по состоянию на 2005 год [10], а также близки к завершению работы, которые позволят ежегодно актуализировать данную информацию.

Отметим также, что, несмотря на сложности сопоставления интегральной региональной статистки, связанной в первую очередь со сложностью учета таких достаточно быстро развиваю-

щихся явлений, как природные пожары, а также невозможности получения для удаленных районов данных наземных и авиационных наблюдений, общий анализ информации позволяет в целом оценить ситуацию в различных регионах. Это делает возможным использование данных, получаемых на основе сопоставления, при оценках качества работ, проводимых в различных регионах по мониторингу и тушению природных пожаров.

В то же время нам кажется, что наиболее интересными результатами, полученными при сопоставлении различных видов информации, безусловно, являются результаты сопоставления информации о крупных пожарах. Поэтому на них мы остановимся более подробно.

Для начала рассмотрим статистику дат обнаружения (регистрации) крупных пожаров, приведенную в таблице 1. При расчете данной статистики учитывались сопоставленные пожары, у которых расхождение дат регистрации не превышало 5 дней. Всего таких пожаров было в 2005 – 313, в 2006 – 486, в 2007 – 670. Из таблицы видно, что менее 25% крупных пожаров регистрируются впервые по данным наземных и авиационных наблюдений. В то же время более 40% таких пожаров раньше регистрируются по спутниковым данным. В то же время следует помнить, что данная статистика не может быть механически распространена на все зарегистрированные пожары, поскольку лишь часть из них в дальнейшем становится крупными, и вероятность того, что поздно зарегистрированный наземными и авиационными службами пожар перейдет в разряд крупных, безусловно, достаточно высока, поскольку по нему естественно не предпринимается никаких мер тушения на ранних стадиях его развития. Обратим также внимание на некоторый провал в процентах одновременной регистрации пожаров и ранней регистрации пожаров наземными и авиационными службами, который наблюдался в 2006 году. Этот провал, отчасти, на наш взгляд, может быть связан с перестройкой организации системы мониторинга и тушения лесных пожаров и начала передачи в 2006 году функций по тушению пожаров в регионы.

Таблица 1. Сравнение времени регистрации крупных пожаров по спутниковым данным и данным авиационных и наземных наблюдений

| По каким данным произведена первая регистрация пожара (в процентах к общему числу сопоставленных | 2005 | 2006 | 2007 |
|--|------|------|------|
| пожаров)   |      |      |      |
| По спутниковым данным  | 40%  | 52%  | 44%  |
| Одновременно (в один день) по спутниковым данным и по данным наземных и авиационных наблюдений   | 36%  | 29%  | 34%  |
| По данным наземных и авиационных наблюдений  | 24%  | 19%  | 22%  |

Рассмотрим теперь более детальную статистику, связанную с расхождением дат регистрации пожаров по спутниковым данным и данным региональной статистики. На рис. 7 и 8 соответственно приведены зависимости для различных лет общей площади пожаров с одинаковым временем расхождения дат регистрации и средней площади таких пожаров. По оси X на представленных графиках отложены дни разницы во времени регистрации. Отрицательные значения «дней» означают, что ранее пожары были зарегистрированы по спутниковым данным, (абсолютное значение соответствует разнице во времени регистрации в днях), положительные значения соответствуют тем пожарам, которые были зарегистрированы ранее по данным наземных и авиационных наблюдений. Обратим внимание на тот факт, что во все годы для пожаров, которые были ранее зарегистрированы по спутниковым данным (отрицательные значения «дней»), как общая площадь, так и средняя площадь пожаров ведет себя достаточно случайным образом. В то же время для по-

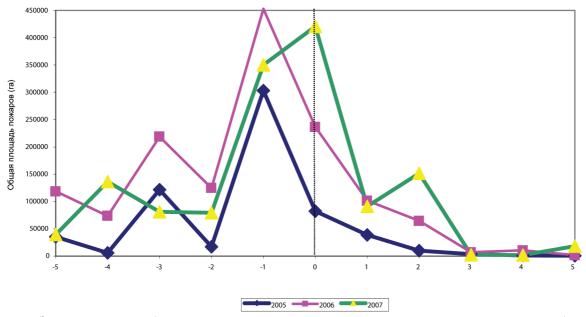


Рис. 7. Зависимость площади сопоставленных пожаров по зарегистрированным по спутниковым данным и по данным наземных и авиационных наблюдений от расхождений в днях регистрации

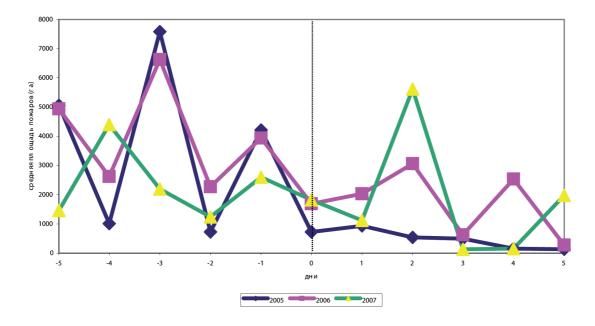


Рис. 8. Зависимость средней площади сопоставленных пожаров по зарегистрированным по спутниковым данным и по данным наземных и авиационных наблюдений от расхождений в днях регистрации

жаров, которые были ранее зарегистрированы по данным наземных и авиационных наблюдений (положительные значения «дней»), общая площадь в 2005 и 2006 году и средняя площадь в 2005 году ведут себя монотонным образом и спадают в зависимости от того, насколько раньше был зарегистрирован пожар. На наш взгляд такой монотонный спад свидетельствует о том, что в эти годы в среднем принимались достаточно эффективные меры по организации тушения пожаров и, несмотря на то, что пожар все-таки становился крупным, чем раньше он регистрировался и, по видимому, на меньшей площади начиналось тушение пожара, тем, естественно меньше была его конечная площадь и, соответственно суммарная площадь таких пожаров. Отметим также, что в 2006 – 2007 годах средняя площадь и для положительных значений дней стала вести себя как некая случайная величина, а в 2007 году это стало наблюдаться и для общей площади сопоставленных пожаров. На наш взгляд такое поведение может быть связано с тем, что меры по организации тушения пожаров в эти

годы «в среднем» стали менее эффективными. Как мы уже отмечали выше, именно в эти годы началась перестройка схем организации работ по мониторингу и тушению лесных пожаров.

Таким образом, по видимому, на основе анализа спутниковой информации можно не только исследовать поведение отдельных пожаров и получать оценки последствия действия пожаров, но и оценивать качество организации работ по тушению пожаров, в том числе эффективность схем организации данных работ.

В заключение отметим, что методики сопоставления результатов обработки данных спутниковых, наземных и авиационных наблюдений, использующиеся в ИСДМ Рослесхоз, постоянно совершенствуются. В настоящее время особое внимание уделяется, в частности, вопросам оценки последствий действия лесных пожаров, в том числе оценки степени повреждений лесного покрова. С 2008 года в рамках ИСДМ Рослесхоз начала внедряться система выборочных обследований лесных пожаров и гарей, направленная на уточнение информации по отдельным пожарам и получение необходимой детальной информации для верификации данных спутниковых наблюдений.

### Литература

- 1 Абушенко Н.А., Барталев С.А., Беляев А.И., Ершов В.В., Коровин Г.Н., Кошелев В.В., Лупян Е.А., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Минько Н.П., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В. Система сбора, обработки и доставки спутниковых данных для решения оперативных задач службы пожароохраны лесов России // Наукоемкие технологии, 2000. Т. 1. №2. С.4-18.
- 2 Беляев А.И., Ершов В.В., Лупян Е.А., Романюк Б.В., Сухинин А.И., Тащилин С.А. Национальная система сбора, обработки и анализа информации о природных пожарах и ее сопряжение с международными и региональными информационными сетями // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне Материалы международного научно-практического семинара (Хабаровск, Россия, 9-12 сентября 2003 г.). М.: Издательство «Алекс», 2004. С. 156-166.
- 3 Беляев А.И., Коровин Г.Н., Лупян Е.А. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т. 1. С. 20-29.
- 4 Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Тащилин С.А. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: ООО "Полиграф сервис", 2004. С. 47-57.
- 5 Барталев С.А., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е. Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (состояние и перспективы развития) // Настоящий сборник
- 6 Justice, C. O, Giglio, L., Korontzi, S., Owens, J., Morisette, J. T., Roy, D., Descloitres, J., Alleaume, S., Petitcolin, F., and Kaufman, Y., 2002, The MODIS fire products. Remote Sensing of Environment, 83: 244-262.
- 7 Yoram Kaufman, Chris Justice. Algorithm Technical Background Document MODIS FIRE PRODUCTS(Version 2 .2 Nov. 10 1998) (EOS ID# 2741).
- 8 *Егоров В.А.*, *Барталев С.А.*, *Лупян Е.А.*, *Уваров И.А.* Мониторинг повреждений растительного покрова пожарами по данным спутниковых наблюдений // Известия вузов: геодезия и аэрофотосъемка, 2006. Вып. 2. С. 98-109.
- 9 Bartalev S.A., V.A. Egorov, E.A. Loupian, I.A. Uvarov, Multi-year circumpolar assessment of the area burnt in boreal ecosystems using SPOT-VEGETATION // International Journal of Remote Sensing, Volume 28, Issue 6, January 2007, pages 1397-1404.
- 10 Барталев С.А., Беляев А.И., Егоров В.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Коршунов Н.А., Котельников Р.В., Лупян Е.А. Валидация результатов выявления и оценки площадей, поврежденных пожарами лесов по данным спутникового мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей. М.: GRANP polygraph, 2005. Т. 2. С. 343-353.