

## Актуальность и необходимость космического мониторинга природных пожаров в России

В. Г. Бондур<sup>1</sup>

Получено 28 октября 2010; опубликовано 1 ноября 2010.

Лето 2010 г. на территории нашей страны отличалось необычайной жарой и засухой, которые вызвали природные пожары (лесные, степные, торфяные), приведшие к значительным экономическим убыткам и гибели людей. Приведенный в статье анализ этих катастрофических событий опирается, в основном, на результаты космического мониторинга пожаров, который регулярно проводится ГУ "Научный центр аэрокосмического мониторинга 'Аэрокосмос'" Минобрнауки России и РАН. **КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** космический мониторинг, "Аэрокосмос", природные пожары, прибор AIRS, спутник AQUA.

**Ссылка:** Бондур, В. Г. (2010), Актуальность и необходимость космического мониторинга природных пожаров в России, *Вестник ОНЗ РАН*, 2, NZ11001, doi:10.2205/2010NZ000062.

### Введение

Лето 2010 г. запомнилось жителям нашей страны необычайной жарой, засухой и большими бедами, которые принесли природные пожары (лесные, степные, торфяные), прежде всего, в Центральной России (см. Рис. 1). Только за летние месяцы в ряде регионов Европейской части страны от таких пожаров погибло 60 человек. Сгорело 2,5 тыс. домов в почти 150 населенных пунктах. Свыше 3,5 тыс. человек осталось без крова. В течение нескольких дней были задымлены многие города и населенные пункты, в том числе столица России г. Москва. Пожары парализовали работу аэропортов, автомобильных дорог, приводили к отключениям линий электропередач и электрических подстанций, угрожали стратегически важным объектам, в том числе Российскому Федеральному ядерному центру в г. Сарове. Они нанесли серьезный ущерб лесному фонду и сельскому хозяйству. Огромное количество вредных газовых компонент и аэрозолей, выделившихся в процессе горения лесов, травы и торфяников попали в воздушную среду, нанося ущерб здоровью людей и загрязняя атмосферу планеты.

Пожарный сезон 2010 г. заканчивается, и можно подводить некоторые итоги.

По официальным данным Федерального агентства лесного хозяйства на территории России ежегодно возни-

кает от 10 до 40 тыс. природных пожаров, которые охватывают площади от 0,5 до 2,5 млн. га. Однако эта официальная статистика не относится к охраняемым территориям. С учетом того, что природные пожары происходят также на неохраняемых и эпизодически охраняемых территориях (в основном, в Сибири и на Дальнем Востоке), общая площадь, пройденная огнем, для всей Российской Федерации по оценкам ведущих ученых в этой области (академик А. С. Исаев, член-корреспондент РАН Г. Н. Коровин) составляет от 2 до 6,0 млн. га ежегодно.

Следует отметить, что в последние годы статистические данные о природных пожарах предоставляет также МЧС России. Данные МЧС и лесного ведомства отличаются. Например, по данным Рослесхоза в 2009 г. общая площадь, пройденная огнем, составила 2,4 млн. га при количестве лесных пожаров 22,54 тыс. В то время как по официальным данным МЧС России в 2009 г. площадь, пройденная огнем, составила 1,14 млн. га (т.е. более чем в 2 раза меньше, чем по данным Рослесхоза), при числе очагов пожаров 21,9 тыс.

Не вдаваясь в детальный анализ различия в статистических данных, которые могут быть связаны как с особенностями ведомственных подходов, так и с методологическими различиями в проведении оценок, отметим необходимость предоставления объективной информации о количестве пожаров и площадях, пройденных огнем, с использованием современных технических средств. В настоящее время такими средствами являются, прежде всего, космические. Поэтому дальнейший анализ проведем, опираясь, в основном, на результаты космического мониторинга пожаров, который регулярно проводится ГУ "Аэрокосмос" [<http://www.aerocosmos.info>]. На Рис. 2 приведен пример обнаружения пожаров из космоса системой "Аэрокосмос" (центр Европейской части России, 29 июля 2010 г., 12 ч. 09 мин).

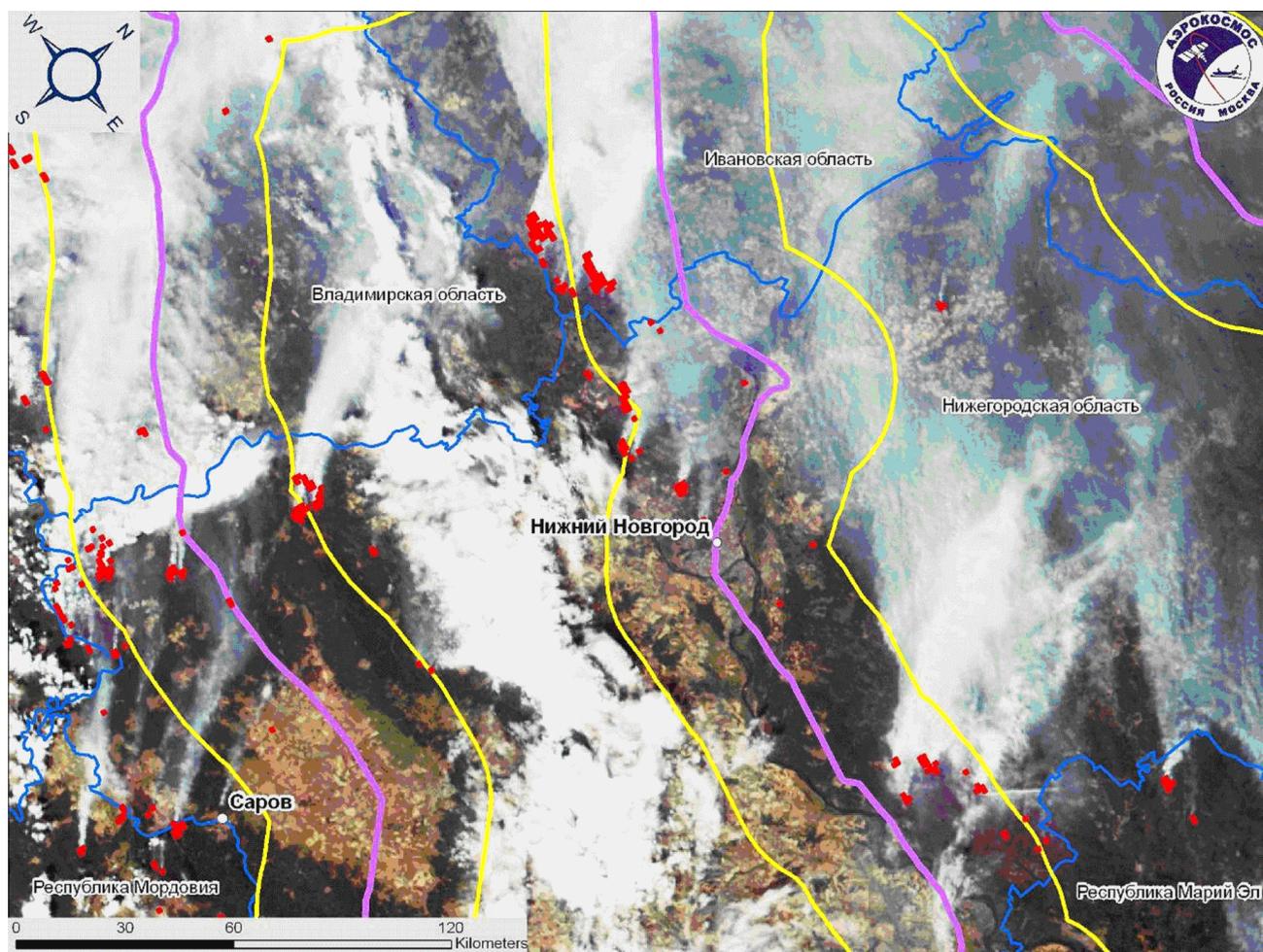
<sup>1</sup> Научный центр аэрокосмического мониторинга "Аэрокосмос" Минобрнауки России и РАН, Москва, Россия



Рис. 1. Природные пожары летом 2010 года в Европейской части России.

В чем же основные особенности 2010 года? Они заключались в экстремальных погодных условиях, сложившихся в Европейской части России. Сильнейшая жара и засуха 2010 г. напомнили 1972 и отчасти 2002 годы. На Рис. 3 приведена карта с пространственным распределением поля изменения температуры в июле 2010 г. по сравнению со средними температурами в этом месяце в 2002–2009 г., построенная специалистами “Аэрокос-

мос” по данным прибора AIRS спутника AQUA [<http://mirador.gsfc.nasa.gov>]. Красным цветом на этом рисунке показано превышение, а синим цветом – понижение июльской температуры в 2010 г. по сравнению со средним значением для этого месяца в 2002–2009 г. Из Рис. 3 видно, что в июле 2010 г. в Европейской части России сформировалась тепловая аномалия с превышением средней июльской температуры за 2002–2009 г. на 7–10°C. Ана-



**Рис. 2.** Обнаружение из космоса пожаров в центре Европейской части России 29 июля 2010 г. (12 ч. 09 мин.) — ЛЭП; — буферные зоны ЛЭП.

логичная тепловая аномалия была и в августе 2010 г.

На карте показаны изменения июльских температур 2010 г. по сравнению со сходными температурами этого месяца в 2002–2009 гг.

По данным космического мониторинга, проводимого ГУ “Аэрокосмос” [<http://www.aerocosmos.info>], общее количество пожаров с марта по октябрь 2010 г. на всей территории России составило ~ 33 тыс., а в Европейской части России ~ 13,6 тыс. В то время как, например, в 2009 г. эти числа составили ~ 25 тыс. и ~ 8,5 тыс. соответственно. На Рис. 4 приведена гистограмма с распределением относительного количества пожаров по месяцам в Европейской части России за период с начала марта по конец октября 2010 г., построенного по космическим данным ГУ “Аэрокосмос”. Анализ этой гистограммы показывает, что максимальное количество пожаров в Европейской части России было зафиксировано в наиболее жаркие месяцы – июль, август 2010 г.

На Рис. 5 приведены площади, пройденные огнем в летние месяцы 2010 г. на территории Европейской части России (а) и в Московской области (б), полученные ГУ “Аэрокосмос” с использованием данных обзор-

ной аппаратуры MODIS (спутники TERRA, AQUA) и их валидации по данным тематического картографа спутника Landsat (разрешение 30 м) и аппаратуры спутников Rapid Eye (разрешение 6,5 м). Для Европейской части России общая площадь, пройденная огнем, с марта по ноябрь 2010 г. составила 2,2 млн. га, а для всей территории России – ~ 10,9 млн. га., что практически совпадает с данными Глобального центра мониторинга пожаров г. Фрайбург, Германия, и Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (~ 10,8 млн. га) [<http://www.fire.uni-freiburg.de/current/globalfire.htm>].

Самое большое количество очагов пожаров было зафиксировано из космоса 29 июля 2010 г. (см., например, Рис. 2 и Рис. 9). Наибольшие площади, пройденные огнем в Европейской части России, были зафиксированы 1–2 августа 2010 г., а в Московской области – 2 августа 2010 г. (см. Рис. 5).

Анализ приведенных космических данных показывает, что в 2010 г. в Европейской части России общее число пожаров и общая площадь, пройденная огнем, были намного больше, чем в 2009 г. В 2010 г. в этом регионе страны значительно возросла (по сравнению с 2009 г.) доля

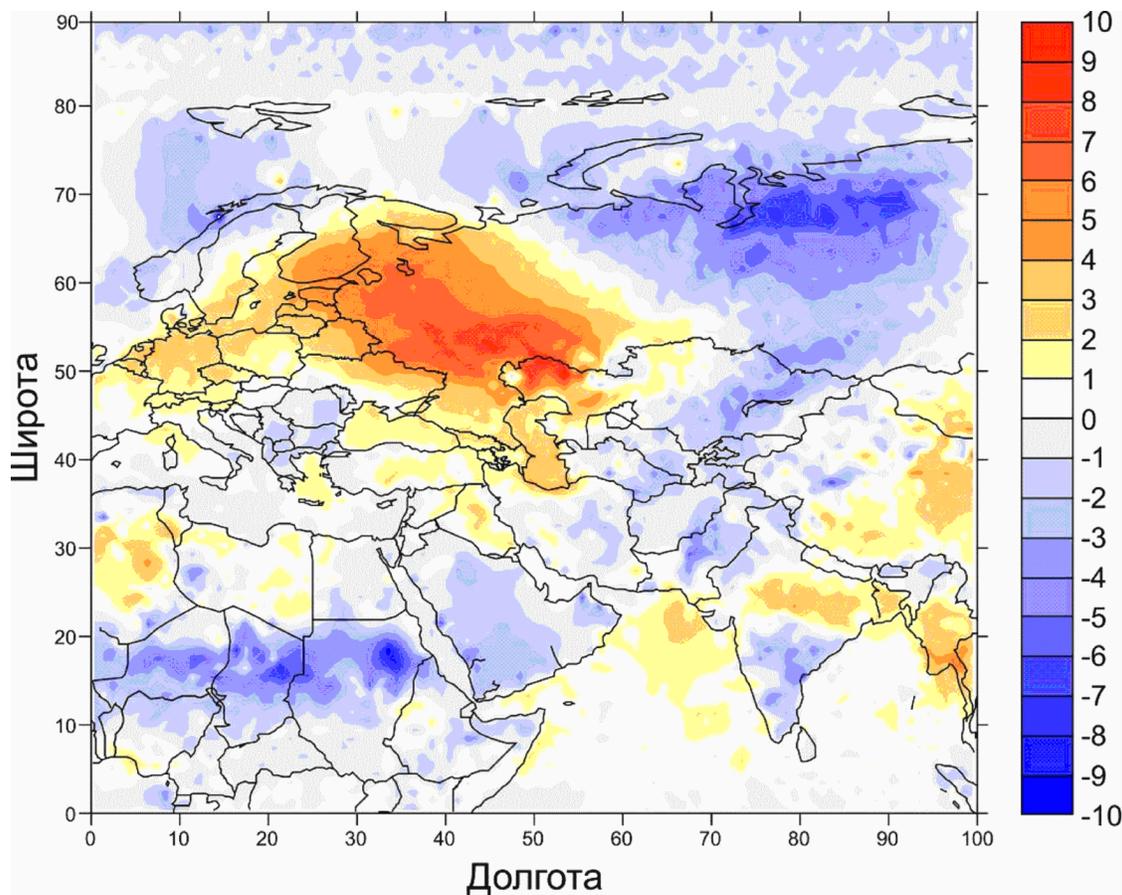


Рис. 3. Тепловая аномалия, сформировавшаяся в июле 2010 г. в Европейской части России по данным аппаратуры AIRS, спутник AQUA [<http://mirador.gsfc.nasa.gov>].

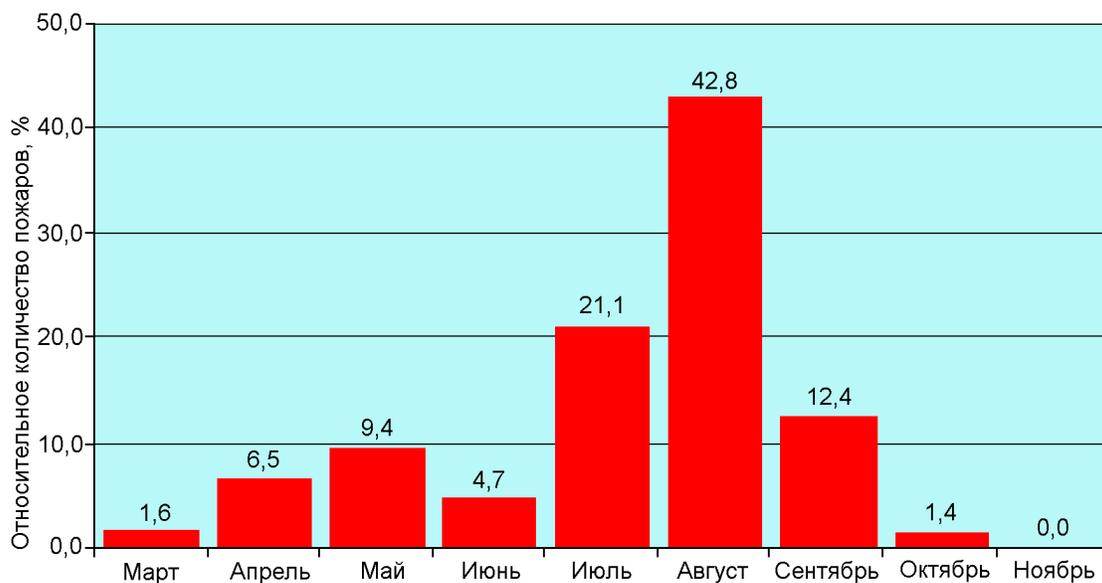


Рис. 4. Относительное количество пожаров за месяц (в процентах) с марта по октябрь 2010 г. в Европейской части РФ (данные ГУ “Аэрокосмос”).

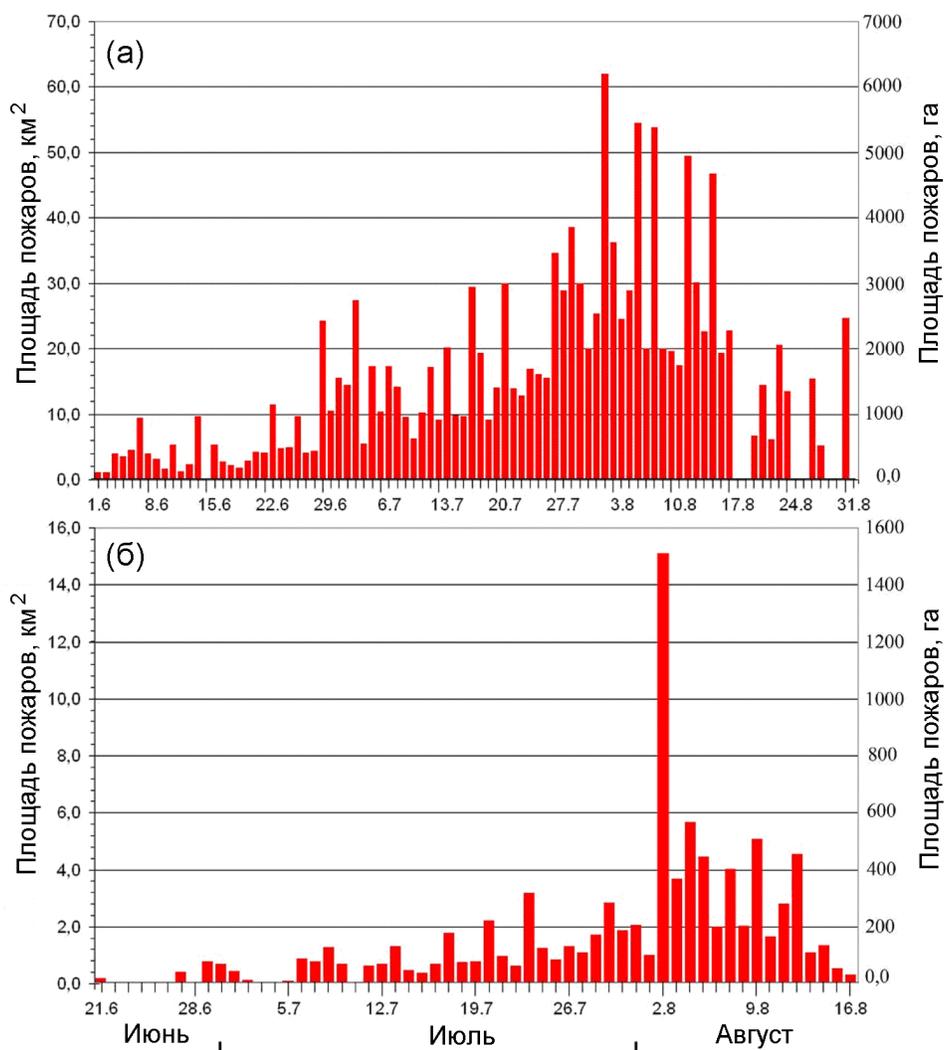


Рис. 5. Площади, ежедневно пройденные огнем с июня по август 2010 г. на территории Европейской части РФ (а) и на территории Московской области (б) (данные “Аэрокосмос”).

крупных пожаров (с площадью  $> 500$  га), причем наиболее сильно (в десятки раз) их доля выросла в Рязанской и Владимирской областях. Отличительной особенностью лета 2010 г. явилось также большее число наиболее опасных верховых пожаров.

### Причины возникновения природных пожаров

Основной причиной возникновения природных пожаров является деятельность человека ( $\sim 79\%$ ), причем главным виновником ( $\sim 70\%$ ) является население. От сельхоззапалов, по вине лесозаготовителей, от сжигания порубочных остатков, по вине экспедиций и транспорт-

ных систем возникает  $\sim 9,1\%$  природных пожаров. От природных факторов (молнии) возникает чуть более  $13\%$  пожара. Остальная часть пожаров возникает по невыясненным причинам.

Главными факторами, определяющими эффективность борьбы с природными пожарами, являются оперативность обнаружения и своевременность подавления их очагов, особенно на ранних стадиях. Это делалось ранее в нашей стране. По организационным причинам именно этого не было в 2010 г.

Пожарная опасность территорий определяется влажностью напочвенного и растительного покрова. При влагосодержании отмершей растительности, мхов, лишайников и других проводников горения менее  $25\%$  создаются благоприятные условия для возникновения и распространения низовых пожаров. Одновременно при влажности крон деревьев менее  $80\%$  возникает серьезная угроза пе-

рехода низовых пожаров в верховые, которые являются наиболее опасными как с точки зрения скорости распространения пожара (от 3-х до 100 м/мин и более), так и с точки зрения уничтожения лесной флоры и фауны.

В связи с этим в жаркие, засушливые периоды частота возникновения пожаров значительно возрастает. Это подтверждают и исторические факты, и современные данные. Как следует из сохранившихся летописных сведений, вспышки интенсивностей пожаров в прошлом приходились на периоды засух. Например, Суздальская летопись сообщает, что в 1223 и 1298 гг. на территории России были засухи и бушевали сильные лесные и торфяные пожары. Никоновская и Новгородская летописи упоминают о засухах и лесных пожарах в XIV–XVII веках, сопровождавшихся голодом среди населения и большими потерями среди диких животных. Сведения о засухах и сильных лесных пожарах в XVIII и XIX веках можно найти во многих исторических документах, в сохранившихся переписках известных людей и периодических журналах того времени. Количество упомянутых в русских летописях засух и лесных пожаров не превышает 50 случаев. В прошлом и начале этого века статистика природных пожаров приобрела регулярный характер, а сама проблема получила научное развитие. Связь аномальной жары и засух с большим количеством природных пожаров подтверждают и известные современным поколениям события, произошедшие в 1972, 2002 и 2010 гг.

## Последствия природных пожаров

Природные пожары представляют собой опасные стихийные бедствия, так как они уничтожают материальные ценности (лесной фонд), в них гибнут животные и птицы, огонь может распространяться на населенные пункты, промышленные предприятия, угрожать людям, жилым домам, объектам энергетики, транспорта, стратегически важным объектам и др.

Лесные пожары задымляют большие пространства, изменяют химический состав атмосферного воздуха за счет эмиссии различных малых газовых компонентов (МГК), что приводит также к изменению концентрации озона. Увеличение эмиссии CO, CO<sub>2</sub> и других парниковых газов влияет на климат планеты. Крупные лесные пожары снижают стоки атмосферного углерода. За сезон вегетации растений поток депонированного из атмосферы углерода за счет фотосинтеза может достигать величин 80 – 310 гС/м<sup>2</sup>. Снижение биомассы вследствие пожаров приводит к снижению аккумуляции углерода атмосферой. При этом из-за пожаров происходит трансформация лесов в источники углерода за счет прямых выбросов при сгорании биомассы и косвенных воздействий пожаров на тепловой и водный режимы, а также на структуру и функционирование экосистем.

Пожары приводят к частичной ликвидации растительного покрова и к понижению альбедо поверхности почвы (последнее обуславливает повышение температуры поверхности и усиление скорости разложения остатков растительности). Они прерывают процессы накопления ор-

ганического вещества почвы и изменяют баланс между поступлением детрита и гетеротрофным дыханием. Пожары порождают изменения сукцессии растительности и состава ее видов, а также качества подстилки.

В то же время лесные пожары играют значимую роль в формировании лесных экосистем. Они являются неотъемлемым элементом их развития. Известно, что возобновление сосновых лесов после пожаров осуществляется легко и быстро по сравнению с местами вырубок. Более того, обнаружено возрастание продуктивности лесных экосистем после пожаров. Восстановление лесных сообществ зависит от частоты и интенсивности пожаров. В таежных лесах Сибири относительно частые пожары невысокой интенсивности вызывают изменения возраста и качества древостоев. Установлено, что пожары являются необходимым элементом для поддержания биоразнообразия. Регенерация лесных экосистем после пожара зависит от многих факторов (климатических, почвенных, состава горных пород, рельефа и т.д.). В лиственных лесах Сибири, там, где развита вечная мерзлота, кустарниковый и травяно-кустарничковый ярусы восстанавливаются после пожара через 4–5 лет, а мхи и лишайники значительно медленнее.

Таким образом, проблема природных пожаров имеет две стороны – отрицательную и положительную. Отрицательная сторона связана с экономическими потерями для человека, угрозами для его жизни, угрозами для объектов техносферы, явным ущербом лесному фонду, снижением способности к депонированию углерода и возрастанием эмиссий газовых и аэрозольных продуктов горения, и др. Положительный аспект связан с эволюционной ролью лесных пожаров. Следует отметить, что потери лесного хозяйства от пожаров значительно превышают расходы на охрану и восстановление лесных ресурсов.

В связи с этим необходимо проводить детальный анализ последствий природных пожаров и осуществлять поиск стратегии их контроля. Одним из наиболее перспективных подходов к решению этой проблемы является использование спутниковых систем мониторинга, оснащенных широким спектром современной аппаратуры дистанционного зондирования.

## Система космического мониторинга пожаров ГУ “Аэрокосмос”

Спутниковые системы успешно применяются для контроля и предупреждения природных пожаров. Обнаружение очагов пожаров обычно осуществляется с помощью ИК-радиометров, входящих в состав бортовых комплексов ряда спутниковых систем. Алгоритмы обнаружения основаны на регистрации радиационной температуры в спектральном диапазоне 3,5...3,7 мкм и разности радиационных температур в этом канале и в спектральном канале ~ 11,0 мкм.

Спутниковую информацию для слежения за пожарами используют высокоразвитые страны, прежде всего,

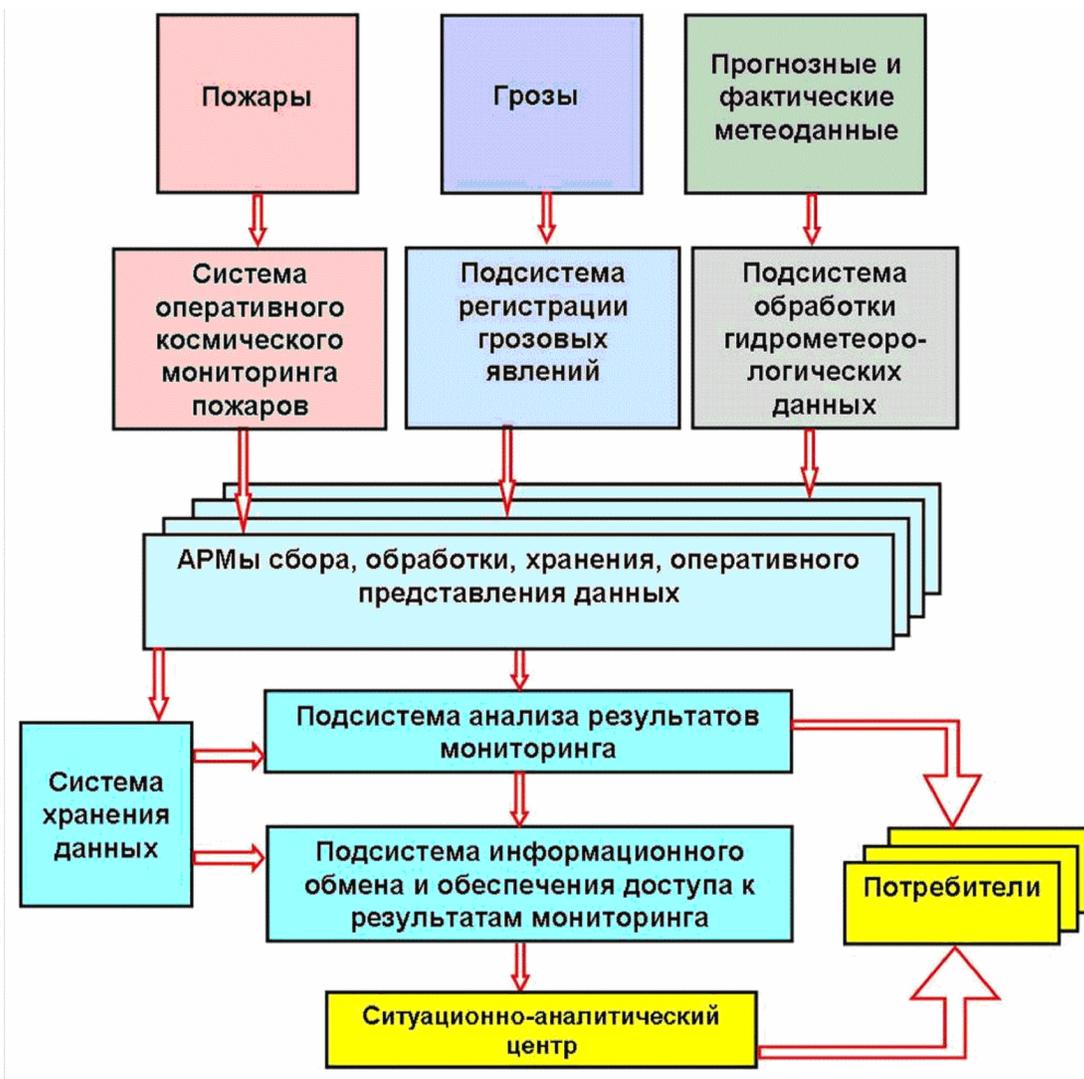


Рис. 6. Структура мониторинга природных пожаров.

США и некоторые страны ЕС (например, Германия). Для Российской Федерации, имеющей огромную площадь (~ 17,1 млн. км<sup>2</sup>), множество труднодоступных территорий и большие площади лесных массивов, использование космической информации для раннего обнаружения и оценки последствий природных пожаров особенно актуально. В Федеральном агентстве лесного хозяйства России существует Информационная система дистанционного мониторинга (ИСДМ Рослесхоз), созданная с участием ФГУ «Авиалесоохрана», ИКИ РАН, НИЦ «Планета» и других организаций. Спутниковые данные для контроля пожаров используются и в МЧС России. Космическим мониторингом пожаров занимается Инженерно-технологический центр СКАНЭКС. Современная система оперативного космического мониторинга природных пожаров (СКМ) создана и успешно эксплу-

атируется в Научном центре аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос» [<http://www.aerocosmos.info>]. Оперативный космический мониторинг проводится для раннего обнаружения, прогноза динамики развития и оценки последствий природных пожаров, а также оперативного формирования и передачи заказчикам различной информации об этих природных катаклизмах. На Рис. 6 приведена структура мониторинга природных пожаров, на Рис. 7 – блок-схема функционирования системы космического мониторинга ГУ «Аэрокосмос», а на Рис. 8 – зоны устойчивого приема космической информации наземными станциями этой системы.

В отличие от существующих средств дистанционного обнаружения пожаров, система оперативного космического мониторинга (СКМ) ГУ «Аэрокосмос» имеет ряд особенностей:

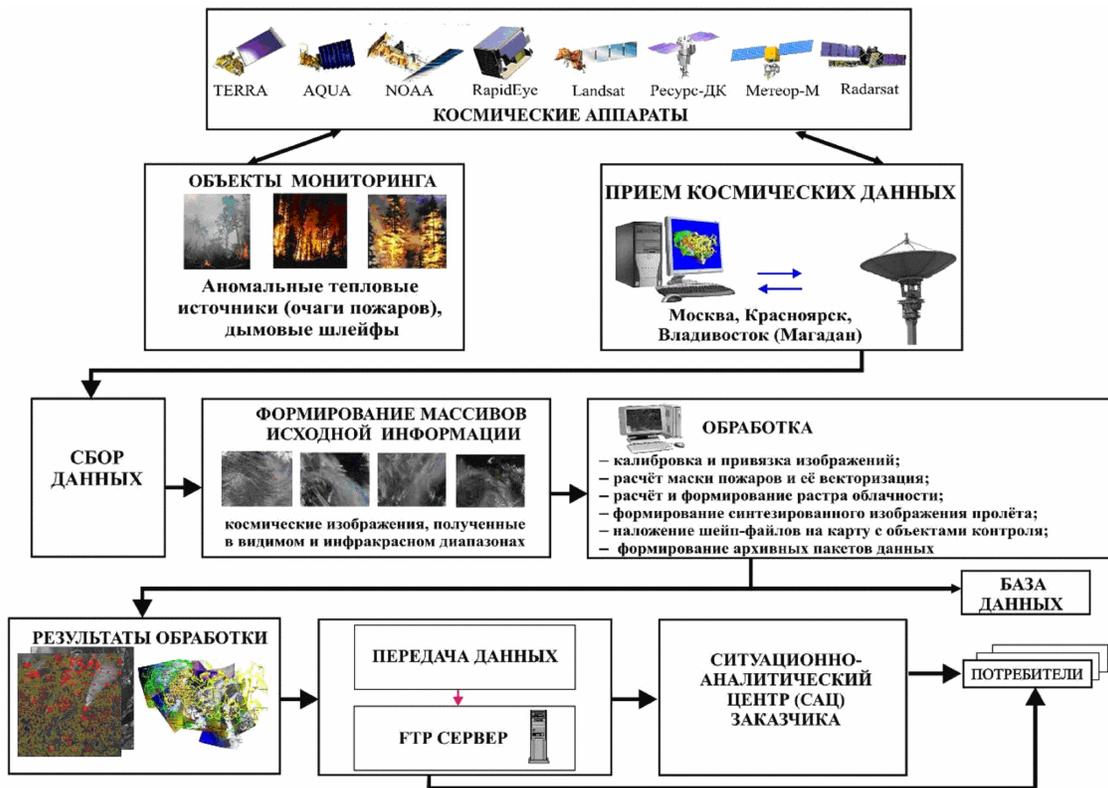


Рис. 7. Блок-схема функционирования системы космического мониторинга природных пожаров ГУ “Аэрокосмос”.

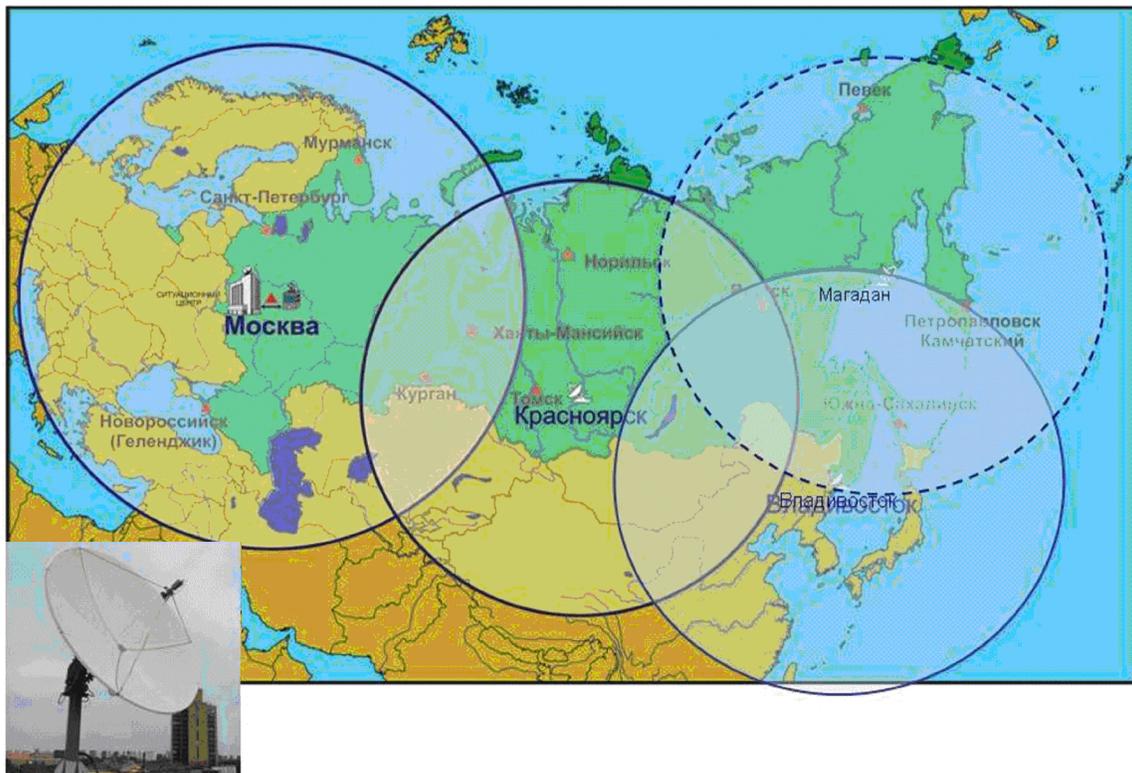


Рис. 8. Зоны приема космической информации наземными станциями ГУ “Аэрокосмос”.

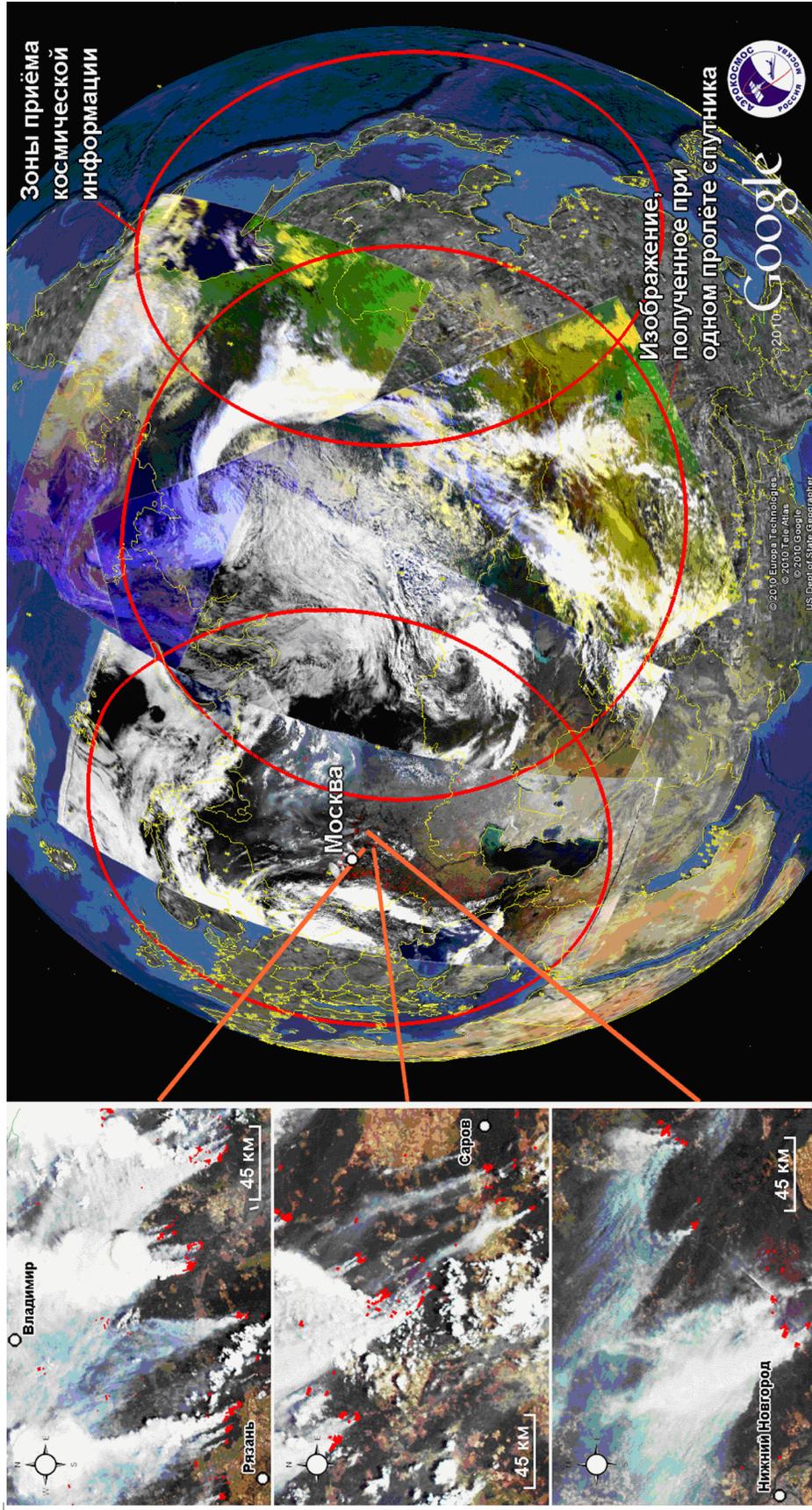


Рис. 9. "Мозаика" обзорных космических изображений, сформированная для 29 июля 2010 г., и увеличенные фрагменты с дымовыми шлейфами и выделенными очагами природных пожаров в Центральном Федеральном округе России.

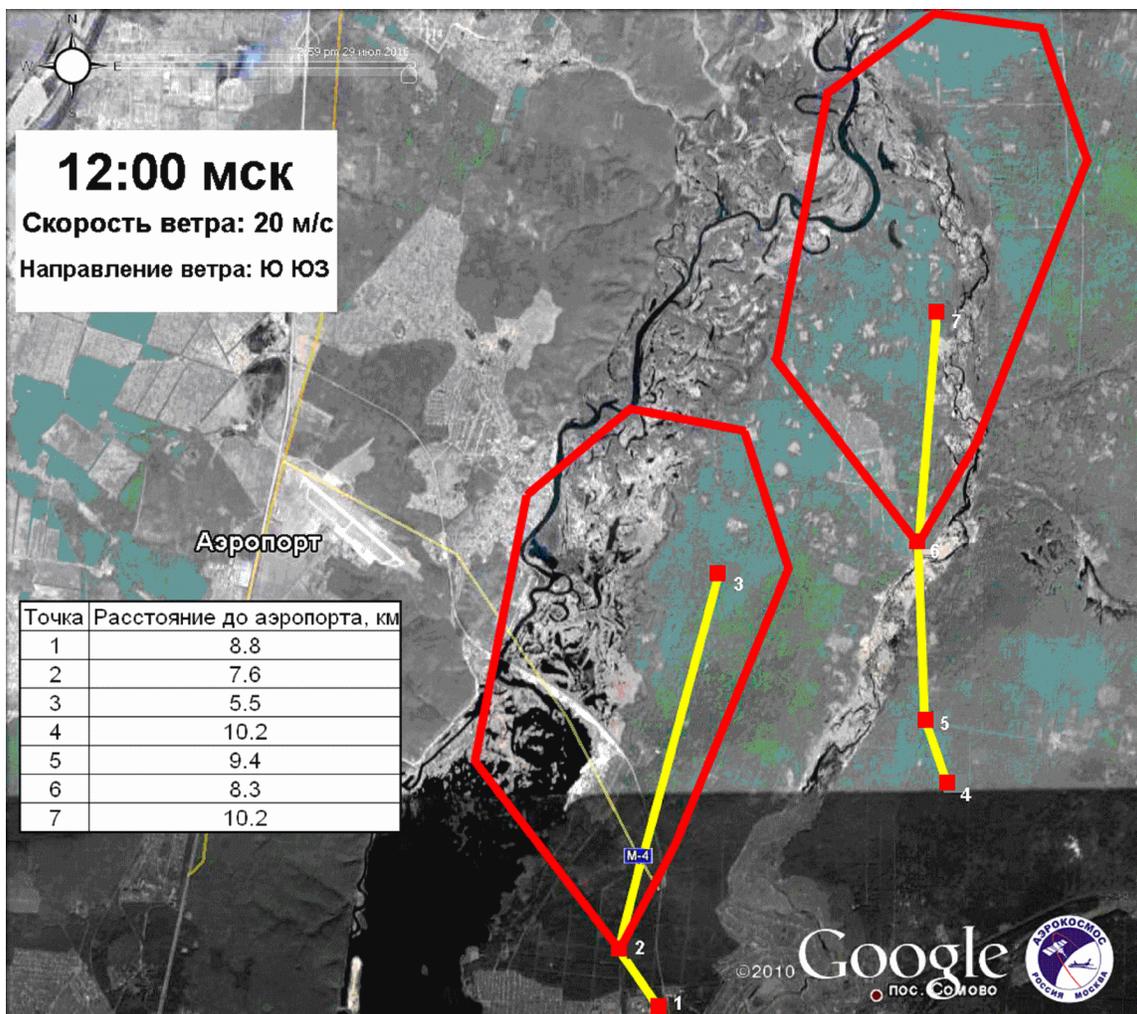
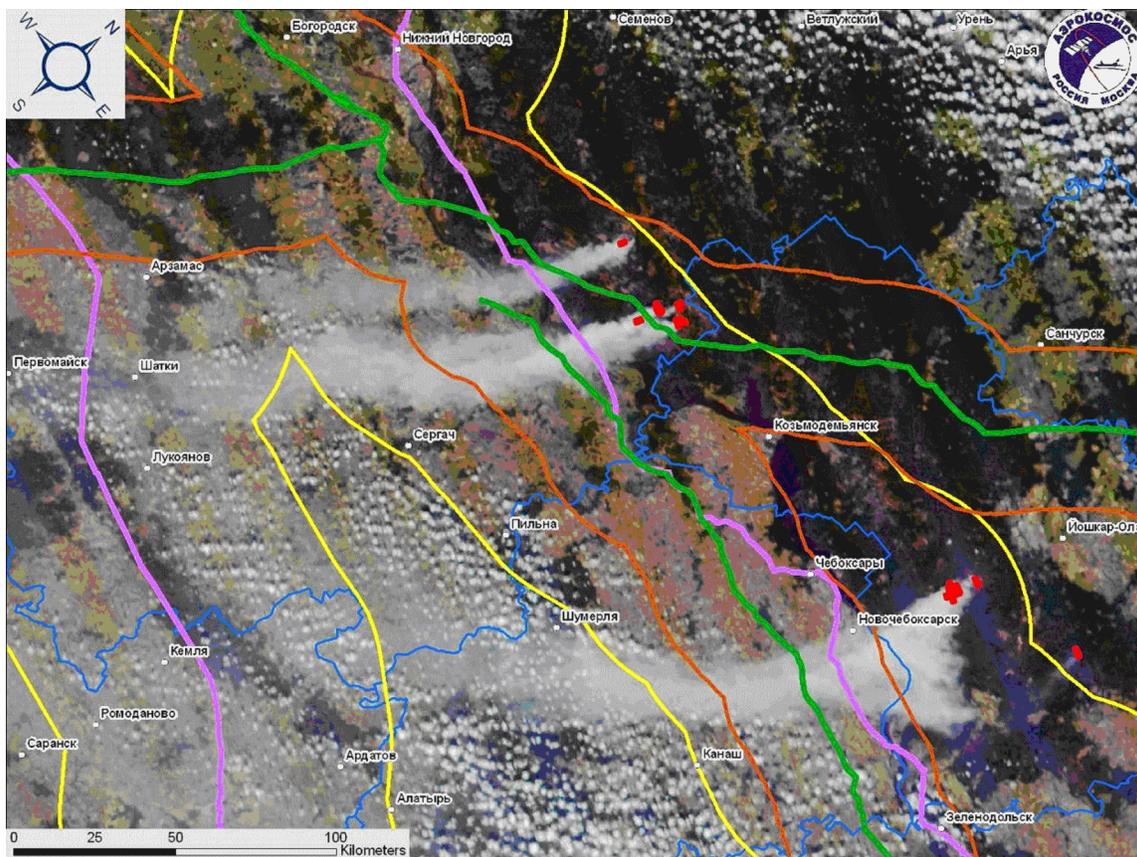


Рис. 10. Прогнозирование распространения пожаров в зависимости от метеоусловий с определением расстояний до аэропорта.

- возможность оперативного контроля всей территории Российской Федерации и приграничных стран;
  - высокая частота обзора одного и того же района – 25 раз в сутки;
  - высокая скорость обработки данных и передачи информационных продуктов потребителями (10 мин с момента приема данных);
  - полностью автоматическая работа системы в режиме оперативного обнаружения пожаров;
  - высокая точность и достоверность получаемых данных;
  - сочетание обзорной и детальной космической информации при обнаружении и оценке последствий пожаров;
  - прогнозирование развития пожаров;
  - формирование широкого спектра информационных продуктов в формате ГИС;
  - возможность оперативного предоставления информации о пожарах и их последствиях в зонах ответственности сложных технических систем (объекты энергетики, ЛЭП, нефте-, газо- и продуктопроводы, стратегически важные объекты и др.);
  - разработка рекомендаций для принятия управленческих решений.
- Главные преимущества этой системы связаны с использованием специальных методов и технологий автоматического оперативного сбора и обработки космической и другой информации, а также определения масшта-



**Рис. 11.** Пожары, обнаруженные из космоса в Нижегородской области и Республике Марий Эл 30 июня 2010 г.: в 12 ч. 39 мин. в районе магистральных ЛЭП и магистральных нефтепроводов:  
 — магистральные ЛЭП; — буферные зоны ЛЭП; — магистральные нефтепроводы;  
 — буферные зоны нефтепроводов.

бов и последствий природных пожаров, которые разработаны в процессе выполнения ряда НИР и ОКР в рамках Федеральных целевых программ Минобрнауки России.

В состав СКМ ГУ «Аэрокосмос» входят:

1. Главный (в Москве) и два региональных (в Сибири и на Дальнем Востоке) Центра приема космической информации, поступающей с группировок спутников, оборудованных инфракрасной и многоспектральной оптической аппаратурой дистанционного зондирования.
2. Специальное программное обеспечение для оперативного автоматического сбора, обработки и хранения информации, а также формирования информационных пакетов и передачи данных.
3. Геоинформационное обеспечение.
4. Средства связи, обеспечивающие оперативную передачу данных с региональных станций приема в ИАЦ СКМ, а также предоставление результатов мониторинга в Ситуационно-аналитические центры Заказчиков и локальным потребителям.

Система удовлетворяет фундаментальным принципам открытых систем: функциональная расширяемость, модернизируемость, интегрируемость информационных ресурсов. Она построена по территориально-распределенному принципу с размещением идентичных аппаратно-программных средств в трех наземных Центрах для обеспечения обзора всей территории страны.

На каждой наземной станции «сырые» космические данные поступают на вычислительные средства предварительной обработки, где происходит радиометрическая коррекция, калибровка, пространственная привязка, полученных изображений и другие операции. После предварительной обработки информация передается на сервер хранения оперативных данных. В процессе работы СКМ с использованием алгоритмов и программного обеспечения, реализуемых специальные технологии, разработанные в ГУ «Аэрокосмос», производится тематическая обработка космических изображений, сформированных в ИК-диапазоне спектра электромагнитных волн, выделяются тепловые аномалии, обусловленные очагами пожаров на контролируемых территориях. Получаемые маски пожаров векторизуются. При этом из данных поисковых расчетов очагов пожаров формируются атрибутивные таблицы шейп-файлов пожаров. С использованием

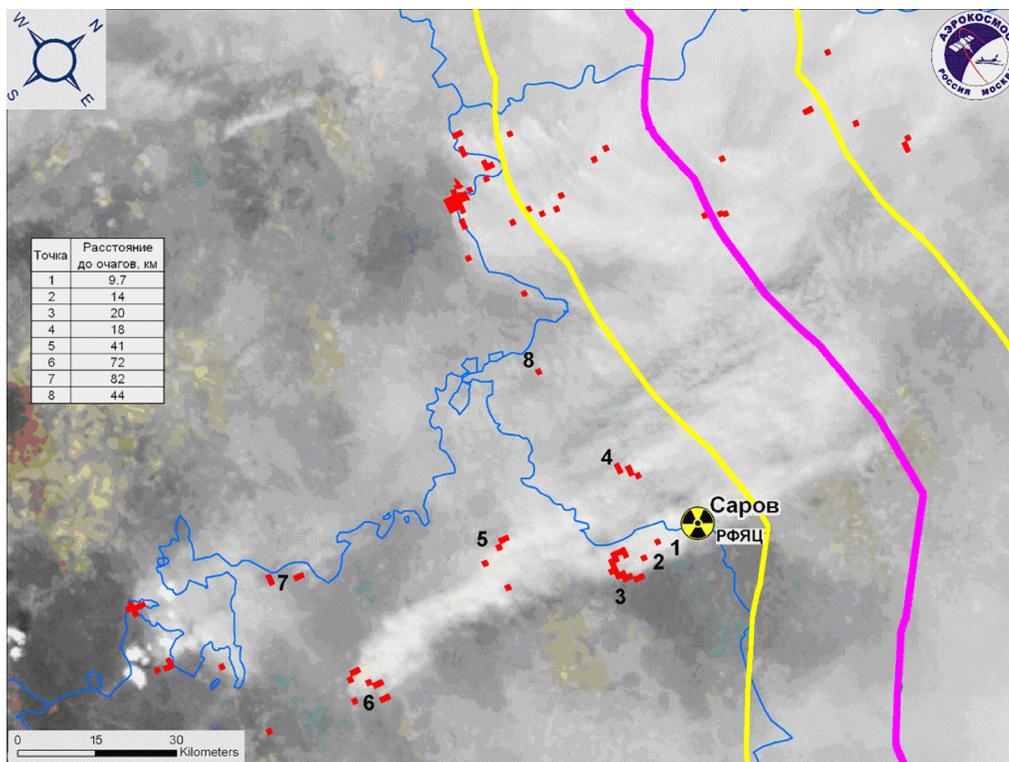


Рис. 12. Пожары, обнаруженные из космоса, в районе Российского Федерального ядерного центра (г. Саров) 3 августа 2010 г. (12 час. 27 мин.) — ЛЭП; — буферная зона ЛЭП.

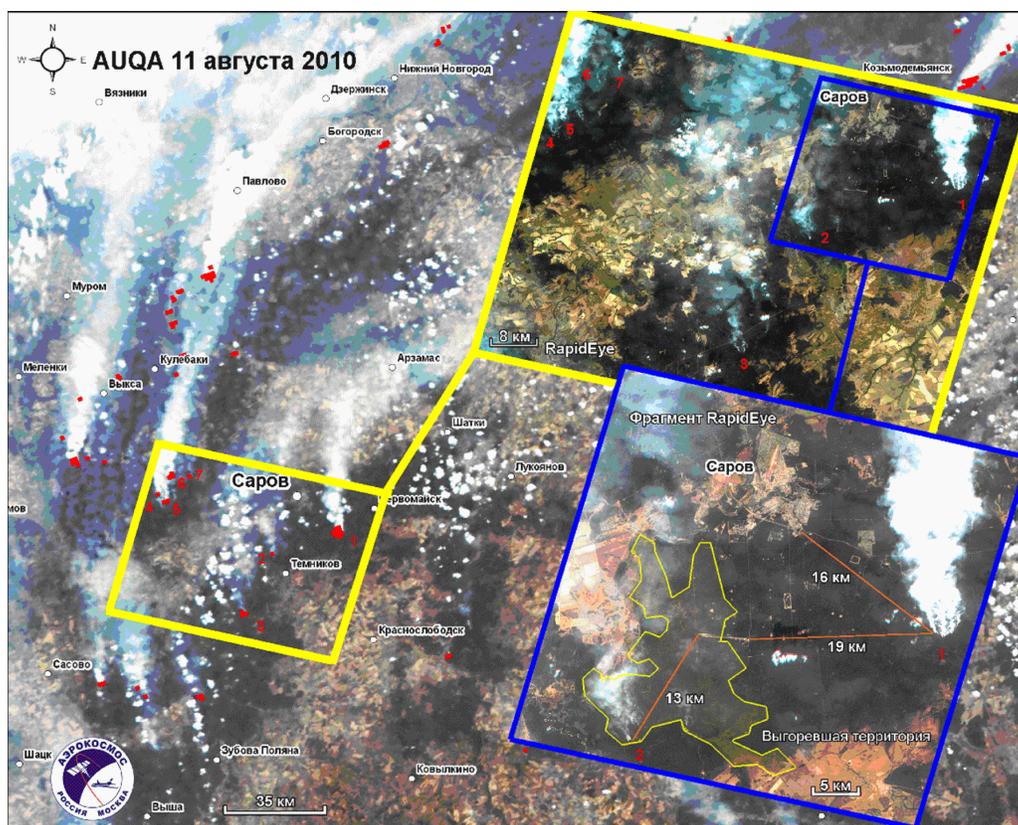


Рис. 13. Мониторинг очагов пожаров и выявление выгоревших территорий вблизи г. Саров (11 августа 2010 г.) по космическим изображениям, полученным со спутников AQUA (аппаратура MODIS) и RapidEye (пространственное разрешение 6,5 м).

специальных методов отсеиваются ложные тепловые аномалии (блики, детерминированные тепловые источники и др.). Путем обработки многоспектральных космических данных создаются синтезированные изображения, позволяющие проводить оценку состояния облачного покрова и выявлять наличие дымовых шлейфов пожаров.

В ИАЦ СКМ формируются мозаики космических данных, полученных со всех трех наземных центров приема, которые отображаются с использованием геобраузера Google Earth (Рис. 9). При этом учитывается, что распределения яркости с различных проходов группировки спутников имеют различия. Поэтому они подвергаются специальному “яркостному выравниванию” для того, чтобы отдельные фрагменты мозаики имели минимальные отличия. Это позволяет обеспечить совместное отображение информации как с одного, так и с разных витков различных спутников.

Система оперативного космического мониторинга функционирует в различных режимах, определяемых регламентом. В процессе работы СКМ формируется следующая оперативная информация об очагах пожаров и облачных полях в пределах контролируемых территорий:

- данные об обнаруженных тепловых аномалиях (координаты, вероятность правильного обнаружения, интенсивность, предварительная площадь выгорания и др.);
- синтезированные изображения земной поверхности в формате графических файлов JPEG с привязкой файлов (файл привязки JGW для JPG и в формате ESRI world file JGW) в проекции Albers Conical Equal Area;
- информация об облачности (маска облачности);
- информация о метеопараметрах;
- прогнозная информация о направлении распространения очагов пожаров в зависимости от метеословий (Рис. 10);
- карты с наложенными шейп-файлами об очагах возгорания;
- файлы для отображения результатов мониторинга в геобраузере (формат KML);
- рекомендации для принятия решений.

Кроме того, формируются тематические слои ГИС, содержащие информацию об очагах пожаров в районе контролируемых объектов, например, ЛЭП, электрических подстанций, нефтепроводов (см. Рис. 2 и Рис. 11), стратегических объектов (см. Рис. 12 и Рис. 13), АЭС (Рис. 14), площадях, пройденных огнем и др.

Формируются неоперативная информация с использованием космических изображений высокого разрешения и других спутниковых и наземных данных (уточненные площади, пройденные огнем (см. Рис. 4, Рис. 5 и Рис. 13), объемы эмиссий газов, статистические и другие данные).

## Некоторые примеры применения системы космического мониторинга пожаров ГУ “Аэрокосмос”

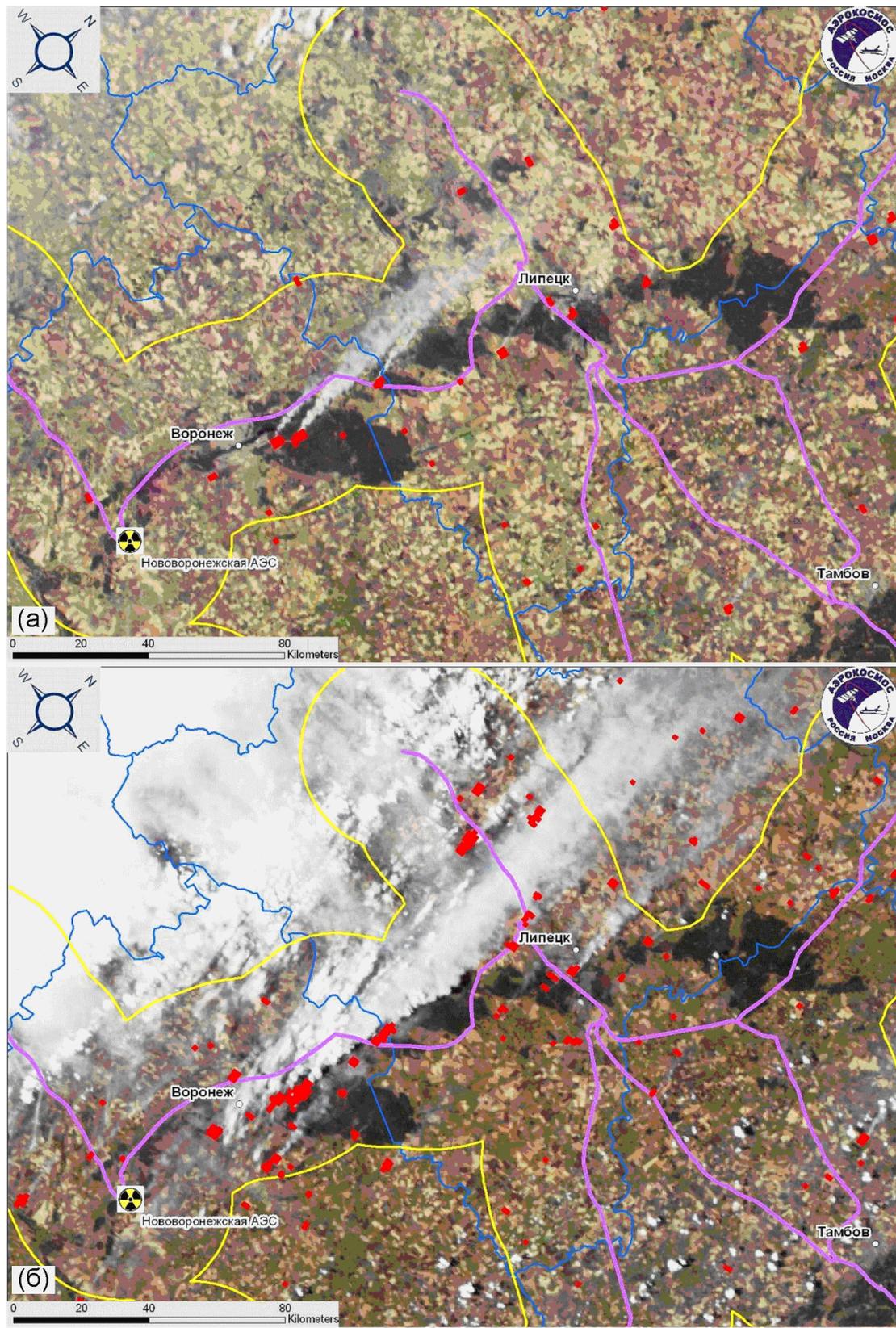
На Рис. 9 в качестве примера приведена мозаика космических изображений, сформированных 29 июля 2010 г., с использованием геобраузера Google Earth. Слева на этом рисунке приведены увеличенные фрагменты, иллюстрирующие интенсивные пожары в середине этого дня во Владимирской, Рязанской, Московской и Нижегородской областях. На Рис. 10 иллюстрируется пример прогноза развития пожаров вблизи аэропорта с учетом метеословий, в том числе скорости и направления ветра. Красными зонами выделены возможные направления развития пожаров. Указаны расстояния от действительных и прогнозируемых очагов пожаров до аэропорта.

На Рис. 11 приведены результаты обнаружения из космоса пожаров в Нижегородской области и Республике Марий Эл 30 июня 2010 г. (12 ч. 39 мин). На этом рисунке показаны трассы нефтепроводов и магистральных ЛЭП, а также их буферные зоны. Видно, что интенсивные пожары угрожают этим объектам. Аналогичная картина иллюстрируется и на Рис. 2, где показаны пожары, угрожающие магистральным ЛЭП 29 июля 2010 г. в центре Европейской части России.

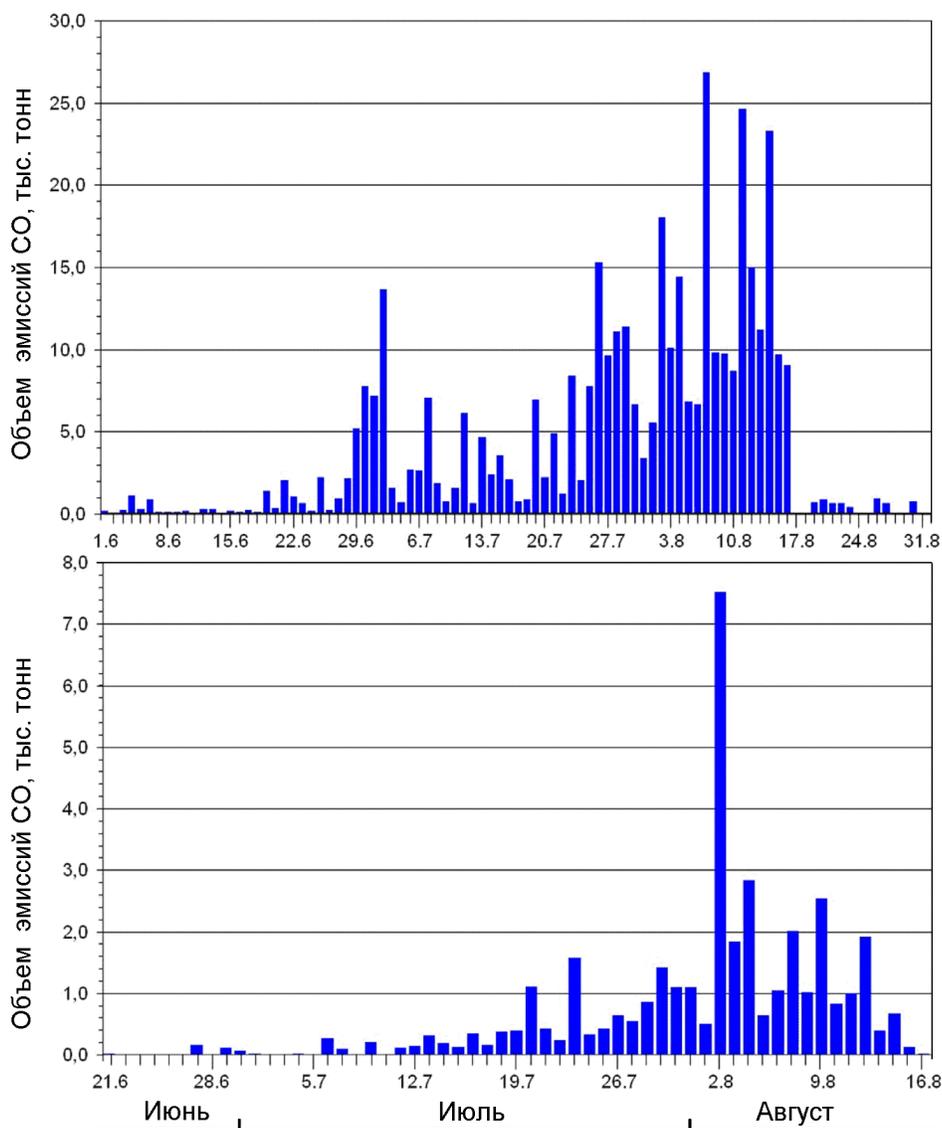
На Рис. 12 и Рис. 13 представлены результаты обнаружения из космоса пожаров в районе г. Саров. На Рис. 12 приведен фрагмент обзорного космического изображения, полученный 3 августа 2010 г. (2 ч. 27 мин.), с выделенными очагами пожаров во Владимирской, Нижегородской областях и Республике Мордовия. Номерами указаны очаги пожаров вблизи Российского Федерального ядерного центра (РФЯЦ), а в таблице приведены расстояния от него до этих очагов. На Рис. 13 иллюстрируется результат космического мониторинга пожаров 11 августа 2010 г. вблизи г. Саров на основе обзорных данных спутника AQUA (аппаратура MODIS) и детальных данных спутника RapidEye (разрешение 6,5 м). На изображении, полученном с борта спутника RapidEye в видимом диапазоне, видны дымовые шлейфы от пожаров, обнаруженных по ИК-изображениям MODIS. На увеличенных фрагментах RapidEye показана зона, пройденная огнем, при пожарах за предыдущие дни, а также расстояния от трех действующих пожаров до г. Саров и до экспериментального полигона РФЯЦ.

На Рис. 14 демонстрируется выявленное из космоса развитие природных пожаров 29 июля 2010 г. вблизи Нововоронежской АЭС. Из Рис. 14а видно, что в 12 ч. 09 мин. вблизи г. Воронежа в этот день было три интенсивных очага пожаров. Через 1 час 4,9 мин. (в 13 ч. 58 мин.) за счет ураганного южного ветра пожары усилились, и их количество значительно возросло. Эти природные пожары развивались в буферных зонах магистральных ЛЭП, вблизи Нововоронежской АЭС, а также вблизи городов Воронеж и Липецк и нанесли ущерб многим населенным пунктам этого района.

Как уже отмечалось выше, природные пожары приводят к интенсивным эмиссиям различных газовых компонент в атмосферу. На Рис. 15 в качестве примера при-



**Рис. 14.** Динамика развития природных пожаров 29 июля 2010 г. вблизи Нововоронежской АЭС, выявленных по космическим данным, полученным в 12 ч. 09 мин. (а) и в 13 ч. 58 мин. (б).



**Рис. 15.** Результаты оценки по космическим данным эмиссии угарного газа (CO) с 1 июня по 31 августа 2010 г. на территории Европейской части России (а) и Московской области (б).

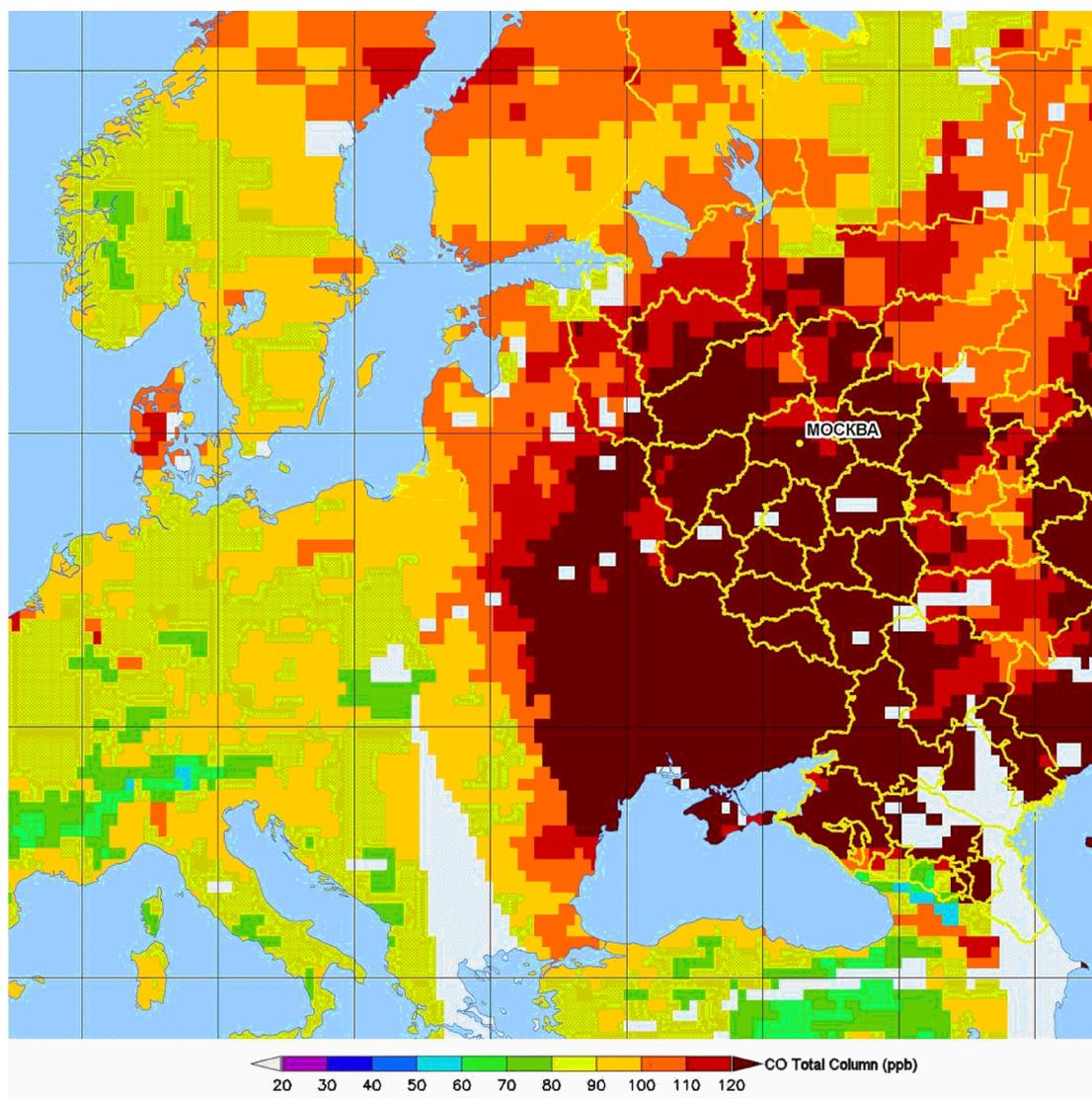
ведены результаты оценок эмиссий CO в летние месяцы 2010 г. на территории Европейской части России (а) и на территории Московской области (б), выполненных по специальным методикам на основе космических данных ГУ “Аэрокосмос”. Интенсивность этих эмиссий хорошо коррелирует с частотой пожаров и площадями, пройденными огнем, регистрируемыми из космоса.

На Рис. 16 приведено распределение концентрации CO для 15 августа 2010 г. на высотах от 2 до 10 км над территорией Восточной и Центральной Европы, построенное по данным спутника AQUA, полученным с помощью инфракрасной аппаратуры AIRS [[http://airs.jpl.nasa.gov/maps/satellite\\_feed/](http://airs.jpl.nasa.gov/maps/satellite_feed/)]. Из этого рисунка видно, что наиболее сильные эмиссии CO происходили над Европейской частью России, где в это время бушевали природные пожары, а с учетом переноса воздушных масс

на данных высотах облако распространилось на значительную часть Восточной Европы.

## Заключение

Проведенный предварительный анализ природных пожаров, происходивших в аномально засушливое и жаркое лето 2010 г. на территории Российской Федерации, а также приведенные примеры обнаружения из космоса очагов пожаров и результатов анализа их последствий показали актуальность космического мониторинга для борьбы с этими опасными природными явлениями. Оперативность обнаружения и предоставления информации об источниках возгорания, а также их последствиях, объек-



**Рис. 16.** Распределение концентрации CO для 15 августа 2010 г. над Восточной и Центральной Европой по данным спутника AQUA (аппаратура AIRS) [[http://airs.jpl.nasa.gov/maps/satellite\\_feed/](http://airs.jpl.nasa.gov/maps/satellite_feed/)].

тивность и высокая достоверность данных, получаемых с космических систем мониторинга, определяют их эффективность в борьбе с природными пожарами.

Перспективы развития этих систем для оперативного мониторинга природных пожаров связаны с более широким использованием космической информации с различных существующих и перспективных космических аппаратов, оборудованных различными приборами, в том числе радиолокаторами, СВЧ-радиометрами и др., развитием методов и технологий мониторинга и обработки космических и других данных, для получения большего количества информационных продуктов, повышения их достоверности, точности и оперативности с целью своевременного обнаружения, а также принятия своевременных мер по ликвидации и снижению ущерба от последствий

этих природных катастроф. Для повышения эффективности борьбы с природными пожарами различным Федеральным и региональным органам исполнительной власти, заинтересованным компаниям и организациям необходимо значительно более широко, чем в настоящее время, использовать результаты космического мониторинга, прежде всего, оперативного.

Крайне важно как можно скорее сформировать отечественную группировку спутников ДЗЗ, оборудованных самыми современными типами аппаратуры и обеспечить оперативный доступ к информации, получаемой ими.

---

Бондур В. Г., Научный центр аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос» Минобрнауки России и РАН, Москва, Россия.