

Российский космос

№ 12, 2010 г.

**СПУТНИКИ В БОРЬБЕ С ОГНЕМ.
О необходимости космического мониторинга природных
пожаров в России**

**В.Г.БОНДУР
академик РАН**

Лето уходящего года запомнилось жителям нашей страны необычайной жарой, засухой и большими бедами, которые принесли природные пожары (лесные, степные, торфяные) прежде всего в Центральной России. 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 остались без крова. В течение нескольких дней были задымлены многие города и населенные пункты, включая столицу нашего Отечества город Москву.

Пожары парализовали работу аэропортов, автомобильных дорог, приводили к отключениям линий электропередач и электрических подстанций, угрожали стратегически важным объектам, в том числе ядерному центру в городе Сарове. Они нанесли серьезный ущерб лесному фонду и сельскому

хозяйству. Огромное количество вредных газов и аэрозолей, выделившихся в процессе горения лесов, травы и торфяников, попали в воздушную среду, нанеся ущерб здоровью людей и загрязняя атмосферу планеты. Пожарный сезон закончился, и академик В. Г. Бондур подводит некоторые итоги.

По официальным данным Федерального агентства лесного хозяйства на территории России ежегодно возникает 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 неохранных и эпизодически охраняемых территориях (в основном в Сибири и на Дальнем Востоке), то общая площадь, пройденная огнем, для всей России, по оценкам ведущих ученых в этой области (академика А. С. Исаева и члена-корреспондента РАН Г. Н. Коровина) составляет от 2 до 6 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 году общая площадь, пройденная огнем, составила 2,4 млн га при количестве лесных пожаров 22,54 тыс. В то время как по официальным данным МЧС площадь, пройденная огнем, составила лишь 1,14 млн га при числе очагов пожаров 21,9 тыс.

Не вдаваясь в детальный анализ разночтений в статистических данных, которые могут быть связаны как с особенностями ведомственных подходов, так и с методологическими различиями в оценках, отметим необходимость предоставления объективной информации о количестве пожаров и площадях, пройденных огнем, с использованием современных технических средств, прежде всего космических. Поэтому дальнейшее рассмотрение проведем, опираясь в основном на результаты космического мониторинга пожаров, регулярно проводимого ГУ «Аэрокосмос»

(www.aerocosmos.info). В чем же основные особенности уходящего года?

Они заключались в экстремальных погодных условиях, сложившихся в Европейской части России. Сильнейшая жара и засуха напомнили 1972 и отчасти 2002 годы. На рис. 2 приведена карта с пространственным распределением поля изменения температуры в июле 2010 г. по сравнению со средними температурами в этом месяце в 2002-2009 годах. Из нее видно, что в июле 2010 г. в Европейской части России сформировалась тепловая аномалия с превышением на 7-10°C средней июльской температуры за 2002-2009 годы. Аналогичная тепловая аномалия была и в августе 2010 года.

По данным космического мониторинга, проводимого ГУ «Аэрокосмос», общее количество пожаров с марта по ноябрь 2010 года на всей территории России составило ~33 тыс., а в ее Европейской части ~13,6 тыс. В то время как, например, в прошлом году эти числа составили ~25 тыс. и ~8,5 тыс. соответственно.

Самое большое количество очагов пожаров было зафиксировано из космоса 29 июля 2010 года (рис. 1, 8). Наибольшие площади, пройденные огнем в европейской части России, были зафиксированы 1 и 2 августа, а в Московской области — 2 августа 2010 года (рис. 4).

Анализ приведенных космических данных показывает, что в 2010 году в Европейской части России общее число пожаров и общая площадь, пройденная огнем, были намного больше, чем в 2009 году. Значительно возросла по сравнению с прошлым годом доля крупных пожаров (с площадью более 500 га), причем наиболее сильно (в десятки раз) их доля выросла в Рязанской и Владимирской областях. Отличительной особенностью ушедшего лета

СПУТНИКИ В БОРЬБЕ С ОГНЕМ

О необходимости космического мониторинга природных пожаров в России



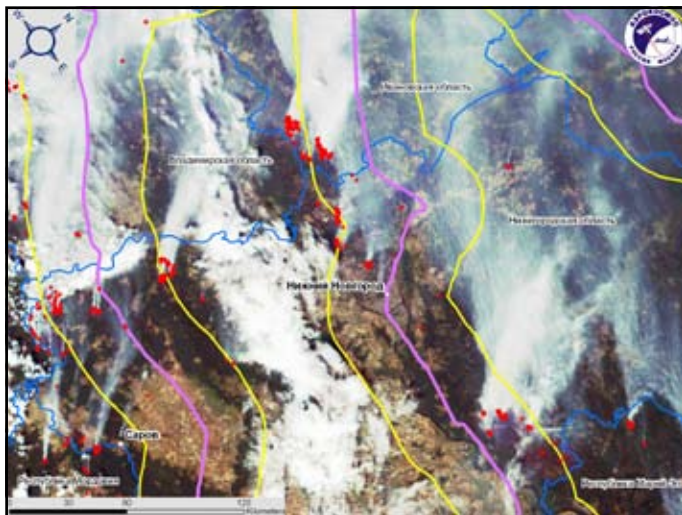


Рис. 1. Обнаружение пожаров из космоса системой «Аэрокосмос» (центр Европейской части России, 29 июля 2010 г., 12 ч. 09 мин). Показаны магистральные ЛЭП и их буферные зоны

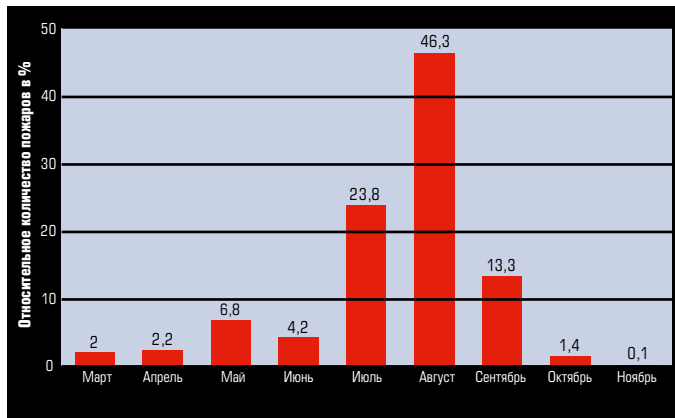


Рис. 3. Гистограмма с распределением относительного количества пожаров в Европейской части России за период с начала марта по ноябрь 2010 г. Анализ этой гистограммы показывает, что максимальное количество пожаров в Европейской части России было зафиксировано в наиболее жаркие месяцы — июль и август

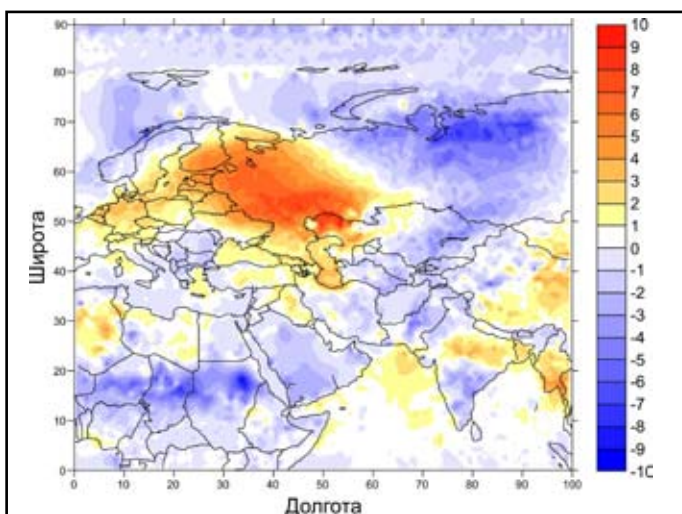


Рис. 2. Карта с пространственным распределением поля изменения температуры в июле 2010 г. по сравнению со средними температурами в этом месяце в 2002-2009 годах: красный цвет показывает превышение средних значений, а синий — понижение. Эта карта построена специалистами «Аэрокосмос» по данным прибора AIRS спутника AQUA (<http://mirador.gsfc.nasa.gov>)

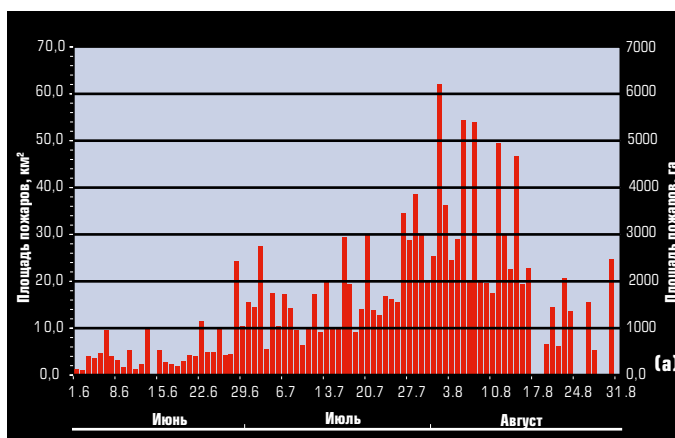
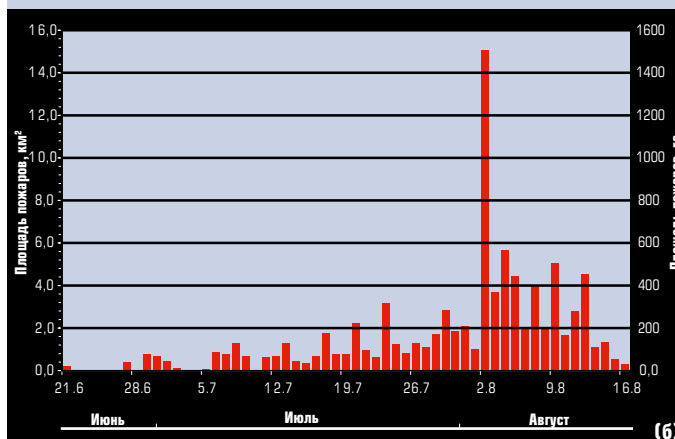


Рис. 4. Площади, пройденные огнем в летние месяцы на территории Европейской части России (а) и в Московской области (б), полученные с использованием данных обзорной аппаратуры MODIS (спутники TERRA, AQUA) и их валидации по данным тематического картографа спутника Landsat (разрешение 30 м) и аппаратуры высокого разрешения спутников Rapid Eye (разрешение 6,5 м). Для Европейской части общая площадь, пройденная огнем, с марта по ноябрь составила — 2,2 млн га, а для всей территории России — ~10,9 млн га, что практически совпадает с данными Глобального центра мониторинга пожаров во Фрайбурге (Германия) и Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН (~10,8 млн га) (<http://www.fire.uni-freiburg.de/current/globalfire.htm>) и данными СКАНЭКС (~10 млн га) (www.scanex.ru).



явилось также большее число самых опасных верховых пожаров.

Главными факторами, определяющими эффективность борьбы с природными пожарами, являются оперативность обнаружения и своевременность подавления их очагов, особенно на ранних стадиях. Такие меры принимались раньше в нашей стране. По организационным причинам именно это не делалось в нынешней ситуации.

Пожарная опасность территорий определяется влажностью почвенного и растительного покрова. 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 годах 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.

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 приводят к задымлению больших пространств, изменяют химический состав атмосферного воздуха за счет эмиссии различных малых газовых компонентов. Это приводит также к изменению концентрации озона. Увеличение эмиссии CO, CO² и других парниковых газов влияет на климат планеты.

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 пожаров 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 четыре-пять лет, а мхи и лишайники значительно медленнее.

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

ОСОБЕННОСТИ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПОЖАРОВ

Спутниковую информацию для слежения за пожарами используют высокоразвитые страны, прежде всего США и некоторые страны ЕС (например, Германия). Для России, имеющей огромную площадь (~17,1 млн км²), 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 эксплуатируется в «Научном центре аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос» (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.

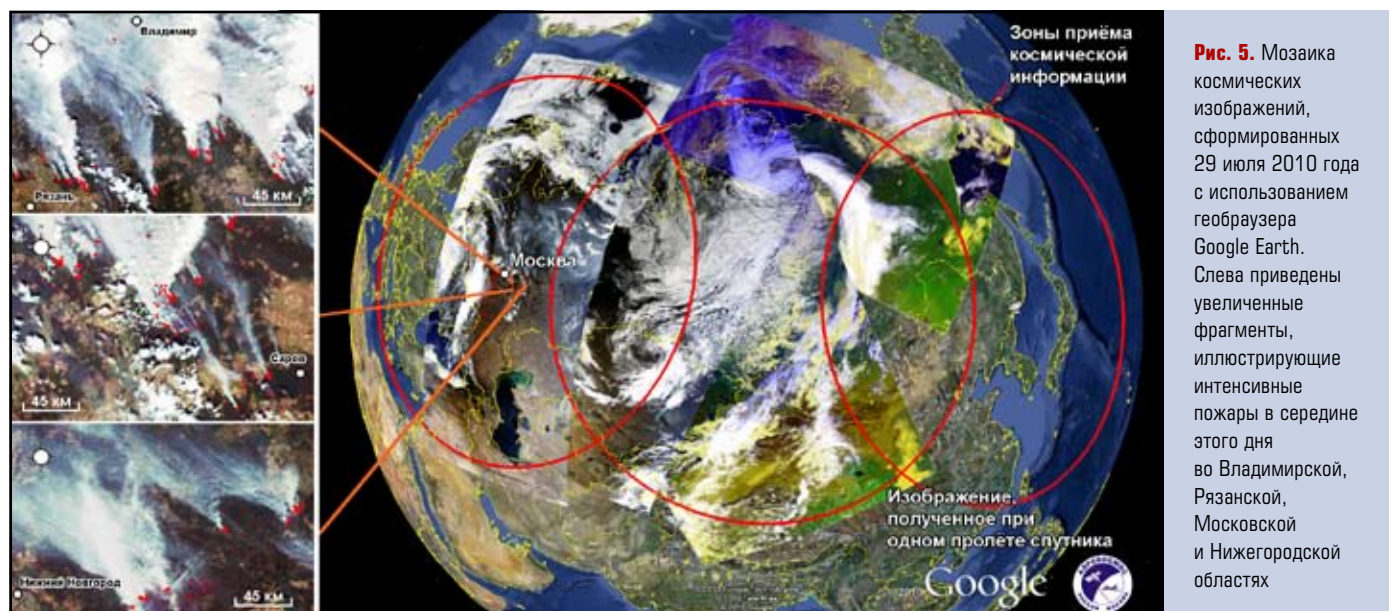


Рис. 5. Мозаика космических изображений, сформированных 29 июля 2010 года с использованием геобраузера Google Earth. Слева приведены увеличенные фрагменты, иллюстрирующие интенсивные пожары в середине этого дня во Владимирской, Рязанской, Московской и Нижегородской областях

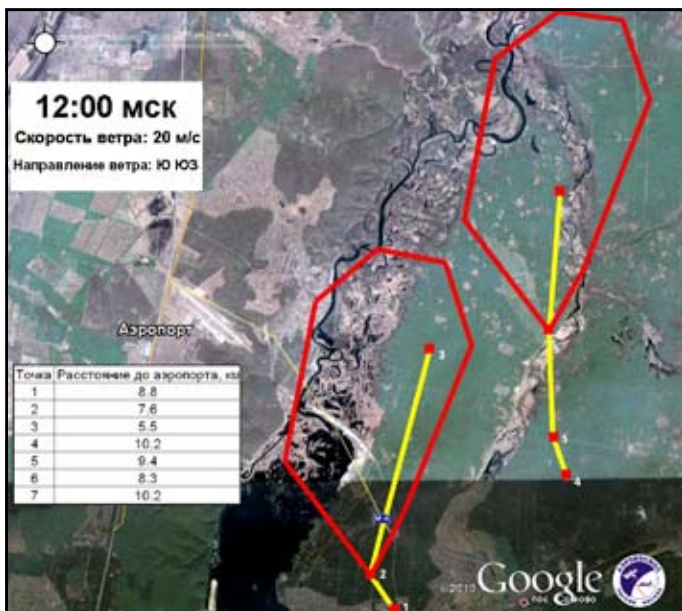


Рис. 6. Прогноз развития пожаров вблизи аэропорта с учетом метеословий. Красными зонами выделены возможные направления развития пожаров в зависимости от скорости и направления ветра. Указаны расстояния от действительных и прогнозируемых очагов пожаров до аэропорта

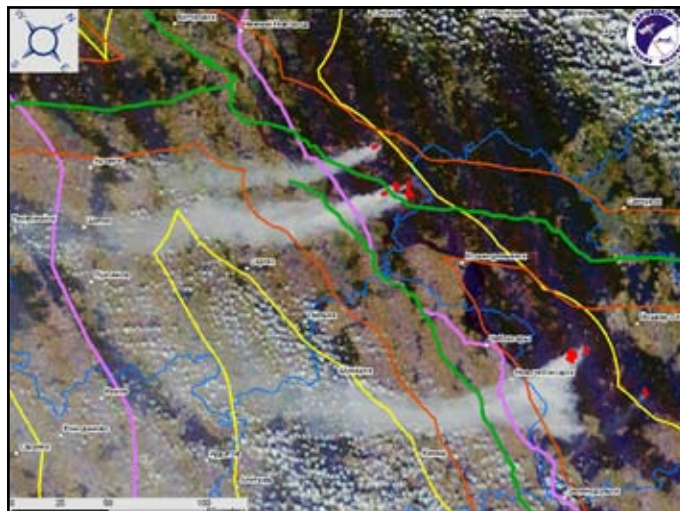


Рис. 7. Результаты обнаружения из космоса пожаров в Нижегородской области и Республике Марий Эл, происходивших 30 июня 2010 года (12 ч. 39 мин). На этом рисунке показаны трассы нефтепроводов и магистральных ЛЭП, а также их буферные зоны. Видно, что интенсивные пожары угрожают этим объектам. Аналогичная картина иллюстрируется и на рис. 2, где показаны пожары, угрожающие магистральным ЛЭП 29 июля 2010 г. в центре Европейской части России

В отличие от существующих космических средств система оперативного космического мониторинга пожаров ГУ «Аэрокосмос» имеет ряд особенностей, связанных с использованием специально разработанных методов и технологий. Они заключаются в следующем:

- оперативный контроль всей территории России 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;
- 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;
- оперативное предоставление 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.

В состав СКМ ГУ «Аэрокосмос» входят:

1. Главный (в Москве) и два региональных (в Сибири и на Дальнем Востоке) Центра приема космической информации, поступающей со спутников, оборудованных инфракрасной, многоспектральной оптической и радиолокационной и другой аппаратурой дистанционного зондирования;
2. Специальное программное обеспечение для автоматического оперативного сбора и обработки информации, а также формирования информационных пакетов и передачи данных;
3. Геоинформационное обеспечение;
4. Средства связи, обеспечивающие оперативную передачу данных с региональных станций приема в информационно-аналитический центр (ИАЦ) СКМ, а также

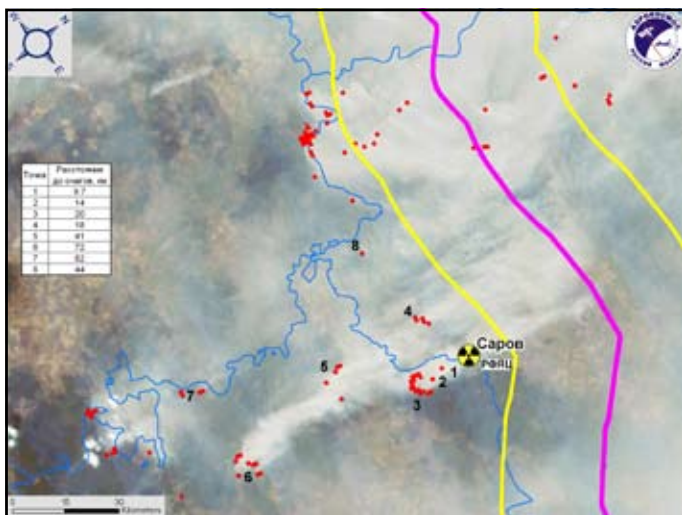


Рис. 8. Фрагмент обзорного космического изображения, полученный 3 августа 2010 года (2 ч. 27 мин.), с выделенными очагами пожаров во Владимирской, Нижегородской областях и Республике Мордовия. Номерами указаны очаги пожаров вблизи Российского Федерального ядерного центра, а в таблице приведены расстояния от него до этих очагов

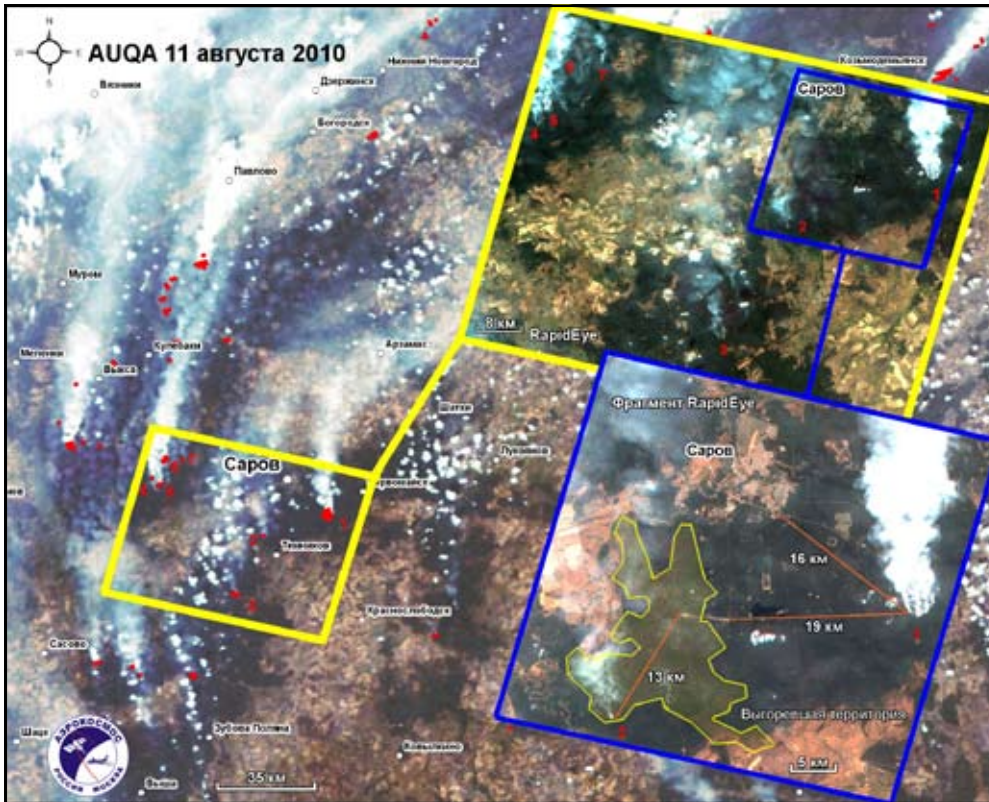


Рис. 9. Результат космического мониторинга пожаров 11 августа 2010 года вблизи города Сарова на основе обзорных данных спутника AQUA (аппаратура MODIS) и детальных данных спутника RapidEye (разрешение 6,5 м). На изображении, полученном с борта спутника RapidEye в видимом диапазоне, видны дымовые шлейфы 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 Сарова и экспериментального полигона ядерного центра

предоставление результатов мониторинга в Ситуационные центры заказчиков и локальным потребителям.

В наземных центрах «сырые» космические данные поступают на средства предварительной обработки, где происходит их радиометрическая коррекция, калибровка, пространственная привязка и другие операции. Затем производится тематическая обработка по специально разработанной технологии.

В ИАЦ СКМ формируются мозаики космических данных, полученных со всех наземных центров приема, которые отображаются с использованием геобраузера Google Earth (рис. 5). При этом учитывается, что распре-

деления яркости с различных спутников имеют различия. Поэтому они подвергаются «яркостному выравниванию». Это позволяет обеспечить совместное отображение информации как с одного, так и с разных витков различных спутников.

Система космического мониторинга функционирует в различных режимах, определяемых регламентом. В процессе работы СКМ оперативно формируется следующая информация:

- данные о тепловых аномалиях (координаты, вероятность правильного обнаружения, интенсивность, предварительная площадь выгорания и др.);

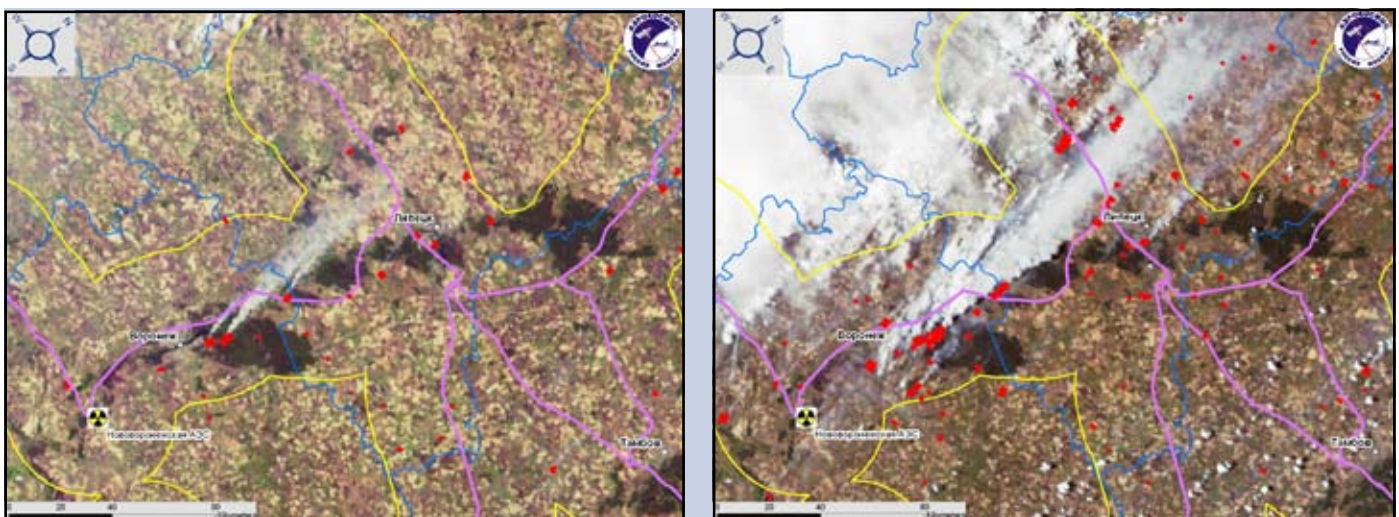


Рис. 10. Выявленное из космоса развитие природных пожаров 29 июля 2010 года вблизи Нововоронежской АЭС. Из рисунка видно, что в 12 ч. 09 мин. вблизи Воронежа в этот день было три интенсивных очага пожаров. Через 1 час 49 мин. (в 13 ч. 58 мин.) за счет ураганного южного ветра пожары усилились, и их количество значительно возросло

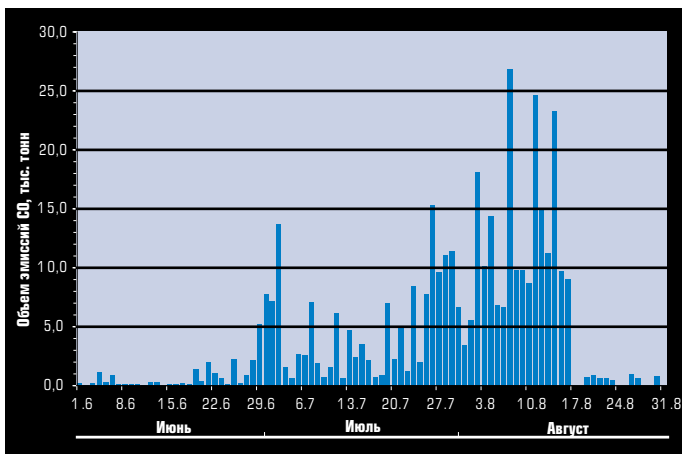
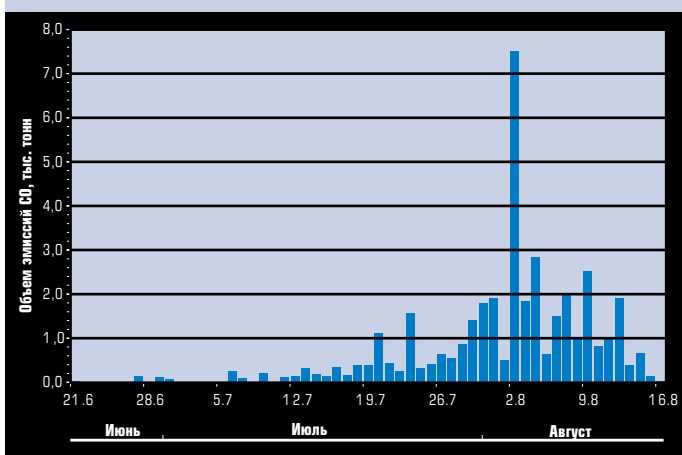


Рис. 11. Результаты оценок эмиссий угарного газа в летние месяцы на территории Европейской части России (а) и на территории Московской области (б), выполненных по специальным методикам на основе космических данных ГУ «Аэрокосмос». Интенсивность этих эмиссий хорошо коррелирует с частотой пожаров и площадями, пройденными огнем, регистрируемыми из космоса (рис. 4)



- 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);
- метеопараметры;
- результаты прогнозов направления распространения пожаров в зависимости от метеоусловий (рис. 6);
- карты с наложенными шейп-файлами об очагах возгорания;
- файлы для отображения результатов мониторинга в геобраузере (формат KML);
- рекомендации для принятия управленческих решений.

На основании результатов оперативного космического мониторинга формируются тематические слои ГИС, содержащие информацию об очагах пожаров в районе контролируемых объектов, например объектов электроэнергетики, нефтепроводов (рис. 1, 7), стратегических объектов (рис. 8, 9), АЭС (рис. 10) и др., а также о площадях, пройденных огнем и т.п.

На основе оптических и радиолокационных космических изображений высокого разрешения и других данных формируется неоперативная информация (уточненные площади, пройденные огнем (рис. 3, 4, 9), объемы эмиссий газов (рис. 11, 12), статистические и другие данные).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный предварительный анализ природных пожаров, происходивших в аномально засушливое и жаркое лето уходящего года на территории Российской Федерации, а также приведенные примеры обнаружения из космоса очагов пожаров и результатов анализа их последствий продемонстрировали возможности и актуальность космического мониторинга для борьбы с этими опасными природными явлениями.

Для повышения эффективности борьбы с природными пожарами различным федеральным и региональным органам исполнительной власти, заинтересованным компаниям и организациям необходимо регулярно и более широко 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.

Валерий Бондур,
генеральный директор ГУ «Научный центр
аэрокосмического мониторинга «Аэрокосмос»
Минобрнауки России и РАН, академик РАН

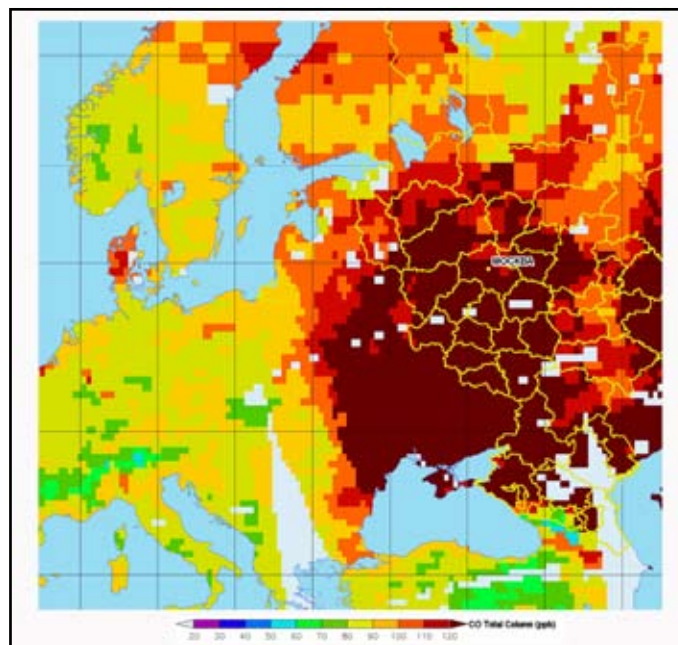


Рис. 12. Пространственное распределение концентрации CO₂ для 15 августа 2010 года на высотах от 2 до 10 км над территорией Восточной и Центральной Европы, построенное по данным спутника AQUA, полученным с помощью инфракрасной аппаратуры AIRS (http://airs.jpl.nasa.gov/maps/satellite_feed/). Из этого рисунка видно, что наиболее сильные эмиссии угарного газа 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