

## **Разработка методов и технологий космического мониторинга и прогнозирования эмиссий вредных примесей в атмосферу, связанных с природными пожарами**

*Бондур В.Г., академик РАН, д.т.н., профессор,  
федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»  
Минобрнауки России и РАН, Москва, Россия,  
e-mail: [vgbondur@aerocosmos.info](mailto:vgbondur@aerocosmos.info)*

В настоящее время особую актуальность приобрело решение ряда проблем, связанных с ранним обнаружением и оценкой последствий природных пожаров, прежде всего, лесных и торфяных. Это обусловлено тем, что такие пожары угрожают жизни людей, лесному фонду и сельскому хозяйству, объектам техносферы, а также приводят к эмиссиям вредных газов и аэрозолей, которые, попадая в воздушную среду, вызывают ее загрязнение и негативно воздействуют на здоровье людей [Исаев, 1995; Бондур 2010а, б; 2011а, б; Бондур и др. 2009].

За сезон вегетации растений поток депонированного из атмосферы углерода за счет фотосинтеза может достигать величин 80–310 гС/м<sup>2</sup> [Исаев и др., 1995]. Крупные лесные и торфяные пожары снижают стоки атмосферного углерода вследствие снижения биомассы. Из-за пожаров происходит трансформация лесов в источники углерода за счет прямых выбросов при сгорании биомассы (от 14,0 до 40,0 Мт в год) и косвенных воздействий пожаров на тепловой и водный режимы, а также на структуру и функционирование экосистем [Бондур и др., 2009, Воробьев и др., 2004].

Лесные и торфяные пожары задымляют большие пространства, изменяя химический состав атмосферного воздуха за счет выделения различных малых газовых компонентов (СО, СО<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> и др.), а также приводят к изменению концентрации озона. Увеличение эмиссии монооксида и двуоксида углерода, а также других парниковых газов влияет на климат планеты.

В настоящее время проблема мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы при лесных и торфяных пожарах достаточно остро стоит перед многими странами, в том числе перед Российской Федерацией. Это наглядно подтвердилось ситуацией, сложившейся летом 2010 г. в Европейской части территории России, где в это время стояла необычайная жара, длительные (около 2-х месяцев) блокирующие антициклоны, которые привели к сильным природным пожарам. Сгорело 2,5 тыс. домов в почти 150 населенных пунктах. Свыше 3,5 тыс. человек осталось без крова [Бондур 2010а, б, 2011а, б]. Суммарные площади, пройденные огнем в 2010 г. для всей территории России составили ~ 11,0 млн га, а для Европейской части страны ~ 2,2 млн га. Огромное количество вредных газовых компонент и аэрозолей, выделившихся в процессе горения лесов, травы и торфяников, попали в воздушную среду, загрязняя атмосферу и угрожая здоровью людей [Бондур 2011а, б].

Такая ситуация не является уникальной. Так, например, только в Европейской части России за последние 50 лет подобная обстановка складывалась в наиболее засушливые периоды, которые приходились на летние месяцы 1972, 1992 и 2002 гг.

Для своевременного выявления очагов лесных и торфяных пожаров, оценки объемов выбросов вредных веществ в атмосферу Земли, определения направления их распространения и прогнозирование развития этих опасных природных процессов требуется организация соответствующего информационного обеспечения. Для этого необходимо использование эффективных методов, технологий и средств оперативного мониторинга, методов и средств обработки, хранения и представления пользователям соответствующих информационных продуктов для обеспечения экологической безопасности городов и населенных пунктов. Наиболее перспективными из них являются инновационные аэрокосмические методы, обеспечивающие возможности анализа развития

ситуаций, связанных с природными пожарами, оценки их последствий, в том числе вызванных эмиссиями вредных веществ в воздушную среду. Основными преимуществами таких методов и систем являются [Бондур и др., 2009, Бондур, 2011a]: большая обзорность и детальность, позволяющая производить локальные, региональные и глобальные исследования процессов и явлений, происходящих в атмосфере; высокая оперативность получения информации с различным пространственным и временным разрешением; широкий набор регистрируемых параметров, характеризующих состояние атмосферы; высокая достоверность получаемых данных, особенно при сочетании с наземными измерениями.

Организация и проведение непрерывного космического мониторинга состояния атмосферы представляет собой сложную задачу, требующую использования эффективных методов и технологий дистанционного зондирования, алгоритмов и соответствующего программного обеспечения для обработки больших потоков поступающей информации.

В настоящее время для обнаружения очагов природных пожаров обычно используют ИК-радиометры, входящие в состав бортовых космических комплексов. Алгоритмы обнаружения очагов пожаров 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 [Бондур и др., 2009, Бондур, 2011a]. Одним из наиболее часто используемых приборов для обнаружения пожаров является радиометр MODIS, установленный на спутниках TERRA и AQUA системы наблюдения Земли EOS, а также прибор AVHRR спутниковой системы NOAA [Roy et al, 2008]. Для обнаружения дымовых шлейфов и оценки площадей, пройденных огнем, используется также аппаратура видимого и ближнего ИК-диапазонов.

Важным параметром, влияющим на состояние атмосферы при лесных и торфяных пожарах, является объем эмиссий продуктов горения биомассы. Для оценки таких эмиссий при лесных и торфяных пожарах применяются различные методы. При оценке выбросов углерода и аэрозолей, помимо площади пожара, должна так или иначе, учитываться плотность пространственного распределения биомассы, содержание углерода в биомассе и полнота ее сгорания в результате пожара, а также отношение величины эмиссий к количеству сгоревшей биомассы или углерода (эмиссионный коэффициент).

По данным космического мониторинга определяются площади, пройденные огнем и степень повреждений лесов от пожаров, рассчитываются запасы лесных горючих материалов, определяется интенсивность горения и типы пожаров. Это позволяет оценить количество загрязняющих веществ, эмитированных в атмосферу в результате горения.

На основании результатов космического мониторинга, выполненного НИИ «АЭРОКОСМОС», было установлено, что в отдельные дни начала августа 2010 г. эмиссии только угарного газа для Европейской части страны достигали 15–27 тыс. тонн, а для Московской области ~ 3–7.5 тыс. тонн [Бондур, 2010a, б; 2011a, б]. Наиболее сильное задымление городов, в том числе и столицы нашего государства г. Москвы, происходило 6–9 августа 2010 года. В Москве в эти дни максимальная концентрация угарного газа в воздухе превысила допустимую норму в 3,6 раз, содержание взвешенных частиц — в 2,8 раза, специфических углеводородов — в 1,5 раза. Повысилось так же содержание наиболее опасных для здоровья взвешенных частиц размером до 10 мкм, которые не выводятся из организма и оказывают негативное влияние на здоровье и продолжительность жизни людей [Бондур, 2011a, б].

В настоящее время подходы, используемые для оценки объемов эмиссий, обладают низкой точностью. В связи с этим необходимы разработка более совершенных методов получения данных о площадях, пройденных огнем, данных о наземной фитомассе, полноте сгорания и об объемах эмиссий в процессе природных пожаров. Для этого по заказу Минобрнауки России выполняется НИР по теме: «Проблемно-ориентированные поисковые исследования в области разработки космических методов и технологий

мониторинга и прогнозирования эмиссий вредных примесей в атмосферу при лесных и торфяных пожарах».

В этой НИР решаются следующие основные задачи:

- обосновываются перспективные направления развития космических методов, технологий и технических средств, используемых для мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы при лесных и торфяных пожарах;
- определяются технические требования к методам, технологиям, техническим средствам и программному обеспечению для дистанционного мониторинга и прогнозирования эмиссий вредных веществ в атмосферу при лесных и торфяных пожарах;
- создается аппаратно-программный комплекс для оценки и прогноза эмиссий загрязнений атмосферы от лесных и торфяных пожаров;
- проводится выбор и обоснование направлений опытно-конструкторских работ, обеспечивающих разработку космических методов, технологий и создание технических средств и программных продуктов для мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы при лесных и торфяных пожарах.

Результаты разработок планируется внедрять, в первую очередь, в управляющие и регулирующие органы власти на различных уровнях – от федеральных агентств до администраций отдельных населенных пунктов. Практические рекомендации, разработанные на основе предлагаемых решений, позволят при наличии административного и финансового ресурса значительно улучшать качество атмосферного воздуха на урбанизированных территориях и улучшить общую экологическую обстановку в населенных районах, и, как следствие, качество жизни населения Российской Федерации.

Выполнение работ позволит применять современные подходы для оценки качества воздуха при природных пожарах, гармонизировать данные и стандартизировать программные средства, что сэкономит значительные средства по интеграции информационных ресурсов по оценке состояния окружающей среды на глобальном, региональном и локальном уровнях. Эффект от внедрения разработанных технологий может оцениваться, в том числе, путем сравнения с возможными потерями, если бы практические рекомендации, сформированные при использовании результатов выполненных работ, не были внедрены (оценка возможного ущерба).

В качестве объектов коммерциализации будут являться: услуги по проведению оперативного космического мониторинга эмиссий вредных примесей в процессе лесных и торфяных пожаров; услуги по комплексной обработке космических данных; моделирование объемов и эволюции эмиссий; подготовка информационных продуктов (например, тематических карт, результатов моделирования и т.д.); выполнение ГИС-проектов, связанных с применением разработанных аппаратно-программных средств; непосредственно созданный аппаратно-программный комплекс.

Основным рынком, на который будут ориентированы научно-технические результаты, является рынок данных дистанционного зондирования Земли, рынок геоинформационных технологий и услуг. Потенциал этих рынков в России весьма высок. Это связано, прежде всего, с огромной территорией страны, некотором отставанием по уровню использования ГИС от экономически развитых стран (США, Германия, Франция и т.д.), и все более широким вовлечением в рыночные отношения земли, лесного фонда и объектов недвижимости. Дальнейшее развитие рынков вызовет волну массивной экспансии в Россию иностранных производителей программного обеспечения, оборудования и технологий, основанных на космических данных и модельных расчетах. Конкурентная борьба усилится. Поэтому в будущем наибольший успех будет способствовать тем организациям, которые смогут предложить потребителю максимально широкий набор современных технологий, геоинформационных услуг и продуктов, основанных на данных космического мониторинга и результатах моделирования.

Основными потребителями результатов оценки и прогнозов состояния окружающей среды и, в первую очередь, эмиссий вредных веществ от природных пожаров, по данным космического и наземного мониторинга, могут стать различные ведомства и регионы России, администрации крупных городов и населенных пунктов, а также другие страны, которые в последнее время ощущают на себе последствия загрязнения окружающей среды и, как следствие, негативное воздействие на здоровье населения, прежде всего, на урбанизированных территориях (страны СНГ, ЕС, Китая, Южной Америки, США и Канады, Японии и др.).

**Литературные источники:**

1. Бондур В.Г. Космический мониторинг природных пожаров в России в условиях аномальной жары 2010 г. // Исследование Земли из космоса, 2011, № 3, с. 3-13+6 с. цв. вклеек.
2. Бондур В.Г. Космический мониторинг природных пожаров. // Вестник РФФИ, 2011, № 2, с. 84-95
3. Бондур В.Г. Актуальность и необходимость космического мониторинга природных пожаров в России. // Вестник ОНЗ РАН, Том 2, NZ11001, 2010
4. Бондур В.Г. Спутники в борьбе с огнем. // Российский космос, 2010, № 12, с. 24-31
5. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. М: Научный мир, 2009. 692 с., 22 цв. ил.
6. Воробьев Ю.Л., Акимов А.В., Соколов Ю.Н., Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. М.: ДЭКС – ПРЕСС, 2004, 312 стр.
7. Исаев А.С., Коровин Г.Л. и др. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России: Аналитический обзор. М.: Центр экологической политики России, 1995. 155 с.
8. Roy D. P., Boschetti L., Justice C.O. et al. The collection 5 MODIS burned area product – Global evaluation by comparison with the MODIS active fire product // Rem. Sens. Envir. 2008. V. 112. N 9. P.3690-3707