

*Д.В. Ершов**, *Г.Н. Коровин**, *Е.А. Лупян***, *А.А. Мазуров***, *С.А. Тацилин****

* *Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН. E-mail: korovin@cepl.rssi.ru*

** *Институт космических исследований РАН. E-mail: info@d902.iki.rssi.ru*

*** *Институт солнечно-земной физики СО РАН. E-mail: sergey@iszf.irk.ru*

Представлена система, созданная в интересах службы Авиационной охраны лесов России. В работе представлено описание основных задач и требований к системе, описана ее структура, обсуждены основные элементы системы и технологии их построения. Описаны текущие возможности системы и ближайшие планы ее развития.

Начиная с середины 1990-х гг., в России активно развивались методы и технологии использования спутниковых данных для решения задач, связанных с мониторингом лесных пожаров. В последние годы это позволило создать ряд таких систем, которые активно используются сегодня для обеспечения работ по организации обнаружения и тушения лесных пожаров на федеральном и региональном уровне. Возможности этих систем описаны, в частности, в работах [1–7]. На основе этих разработок была создана система спутникового мониторинга пожаров в интересах службы авиационной охраны лесов России («Авиалесоохрана», в дальнейшем АЛО) МПР РФ [8]. Она сегодня является одним из блоков Информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ (ИСДМ МПР РФ). Это позволяет использовать спутниковые данные наряду с другими видами информации (наземные и авиационные наблюдения, данные гронопеленгации, метеоданные) при принятии оптимальных решений при организации работ по обнаружению и тушению лесных пожаров. Настоящая работа посвящена описанию основных задач и возможностей блока спутникового мониторинга лесных пожаров ИСДМ МПР РФ.

Основные задачи и требования к системе

Основными задачами, для решения которых используются спутниковые данные при организации мониторинга, являются:

- получение информации для оценки метеобстановки;
- регистрация зон с подозрениями на лесные пожары на охраняемых территориях;
- обнаружение пожаров и контроль динамики пожаров на неохраняемых территориях;
- оценка последствий действия лесных пожаров.

Большинство этих задач требует высокой оперативности. При этом персоналу АЛО необходимо получать информацию высокого уровня обработки в виде, удобном для анализа и принятия решения. Поэтому для практической реализации мониторинга лесных пожаров потребовалось создать специальную систему, позволившую обеспечить достаточно эффективную работу со спутниковыми данными. Данная система решает следующие основные задачи:

- сбор и хранение спутниковых данных;
- обработка данных;
- интеграция результатов обработки спутниковых данных с информацией, полученной из других источников;
- представление результатов обработки данных пользователю в виде, удобном для анализа и принятия решений.

При этом системе должна обеспечивать:

- получение информации несколько раз в день по всей территории России (поэтому система должна быть рассчитана на работу с различными центрами приема спутниковых данных) для решения оперативных задач;
- возможность работы с информацией, поступающей от различных спутниковых систем;
- достаточно высокий уровень оперативности и автоматизации сбора, обработки данных и представления информационных продуктов пользователям;
- интеграцию информации, полученной в результате обработки спутниковых данных, с другими видами информации, используемой в ИСДМ МПР РФ;
- наличие удобного инструментария работы и схем доступа к оперативной информации для пользователей (в том числе и удаленных);
- высокий уровень автоматизации работы системы, простоту ее управления и контроль работоспособности;
- устойчивость и, по возможности, независимость реализованных в системе процедур обработки и анализа данных от условий и районов наблюдений;
- достаточную гибкость и удобные возможности модификации и расширения системы;
- низкую стоимость эксплуатации системы.

Исходя из этих основных задач и требований, была построена архитектура системы, выбраны основные типы спутниковых данных, организованы схемы сбора, обработки и распространения информации.

Выбор спутниковых данных

Основные требования к системе (в первую очередь оперативность, охват всей территории России и низкая эксплуатационная стоимость) накладывают достаточно жесткие ограничения на спутниковые данные, которые могут в ней использоваться. В первые годы развития системы (1996–2001) такими данными фактически были только данные, поступающие с прибора AVHRR, установленного на спутниках серии NOAA [9]. Этот прибор имеет спектральный канал, необходимый для детектирования пожаров (3,7 мкм), поддерживаемая на орбите группировка спутников NOAA позволяет получать данные по всей территории России не реже четырех раз в сутки, информация с этих спутников распространяется оперативно и бесплатно (она может свободно приниматься всеми желающими).

В последние годы в системе также стало возможно использовать данные прибора MODIS (спутники TERRA и AQUA) [10]. Этот прибор также имеет спектральный канал, необходимый для детектирования пожаров. Эти данные также распространяются оперативно, свободно и бесплатно, хотя для их приема требуются более мощные и дорогостоящие станции. Следует также отметить, что данный прибор имеет видимые каналы более высокого пространственного разрешения (250 м), чем у прибора AVHRR, что может существенно расширить возможности проведения анализа последствий действия пожаров.

Прибор SPOT/VEGETATION [11] имеет спектральные каналы с точной радиометрической калибровкой, оптимизированные для наблюдения растительности. Для него также реализована система точной географической привязки, что, в частности, позволяет эффективно формировать свободные от облачности композитные изображения для достаточно больших территорий [12]. Такие данные поступают в свободный доступ с трехмесячной задержкой, поэтому они не могут быть использованы для решения оперативных задач. В системе эти данные планируется использовать для проведения оценок последствий действия лесных пожаров. Задержки с получением доступа к данным в этом случае не являются существенными. Доступ к ним можно получить по адресу (<http://www.vgt.vito.be/catalogue/catalogue.html>).

Архитектура системы

Архитектура системы, рассчитанная на работу с данными, поступающими со спутников серии NOAA (прибор AVHRR), достаточно подробно была представлена в работах [2, 3]. В 2003 г. была проведена ее доработка, в основном связанная с тем, что в системе были начаты оперативное использование информации, полученной на основе данных прибора MODIS (спутники TERRA, AQUA), и подготовка к внедрению методик оценки последствий действия лесных пожаров с использованием данных приборов VEGATATION и MODIS. Это потребовало:

- доработать систему обработки данных;
- организовать систему сбора и хранения данных MODIS;
- разработать систему сбора и хранения данных VEGATATION;
- доработать систему распространения данных;
- создать интерфейсы для работы с новыми информационными продуктами;

Естественно, что для реализации этих задач была доработана архитектура системы. Ее текущее состояние представлено на рис. 1. Следует также отметить, что все выделенные на схеме элементы специально создавались для описываемой системы. К ним относятся: центры приема АЛО, система обработки, хранения и доступа к данным «СМИС-П», а также все элементы системы обработки, хранения и представления данных и система обеспечения работы региональных и локальных пользователей.

Все элементы системы можно условно разбить на следующие три основные группы:

- центры сбора и обработки данных;
- система обработки, хранения и представления данных;
- система обеспечения работы региональных и локальных пользователей.

Рассмотрим основные особенности перечисленных элементов.

Центры сбора и обработки данных

В настоящий момент система рассчитана на работу с различными источниками данных. В первую очередь таким источником данных являются **центры приема АЛО**. Эти центры расположены в Центральной и Иркутской базе АЛО (города Пушкино и Иркутск). Центры были созданы в 2000 г. и рассчитаны на работу с данными, поступающими со спутников серии NOAA. В центрах реализована полностью автоматическая система обработки спутниковых данных «СМИС-П». Для автоматического детектирования пожаров в ней используются алгоритмы, описанные в частности, в [1]. Базовые возможности этой системы обработки данных описаны в [1, 3]. В зону видимости этих центров попадает практически вся территория России (в нее не входят районы Камчатки и Чукотки). Одновременно с данными, получаемыми и обрабатываемыми в центрах АЛО, в систему организован поток данных NOAA из следующих **специализированных центров приема**:

- Института космических исследований РАН (г. Москва);
- Института солнечно-земной физики СО РАН (г. Иркутск);
- Дальневосточного регионального центра приема и обработки спутниковых данных (г. Хабаровск);
- Института леса СО РАН (г. Красноярск).

Это позволяет сделать работу системы устойчивой и расширить ее зону видимости. Отметим, что в первых трех центрах реализована система обработки данных, полностью аналогичная системам, работающим в центрах АЛО. В центре ИЛ СО РАН такую систему планируется установить в 2004 г.

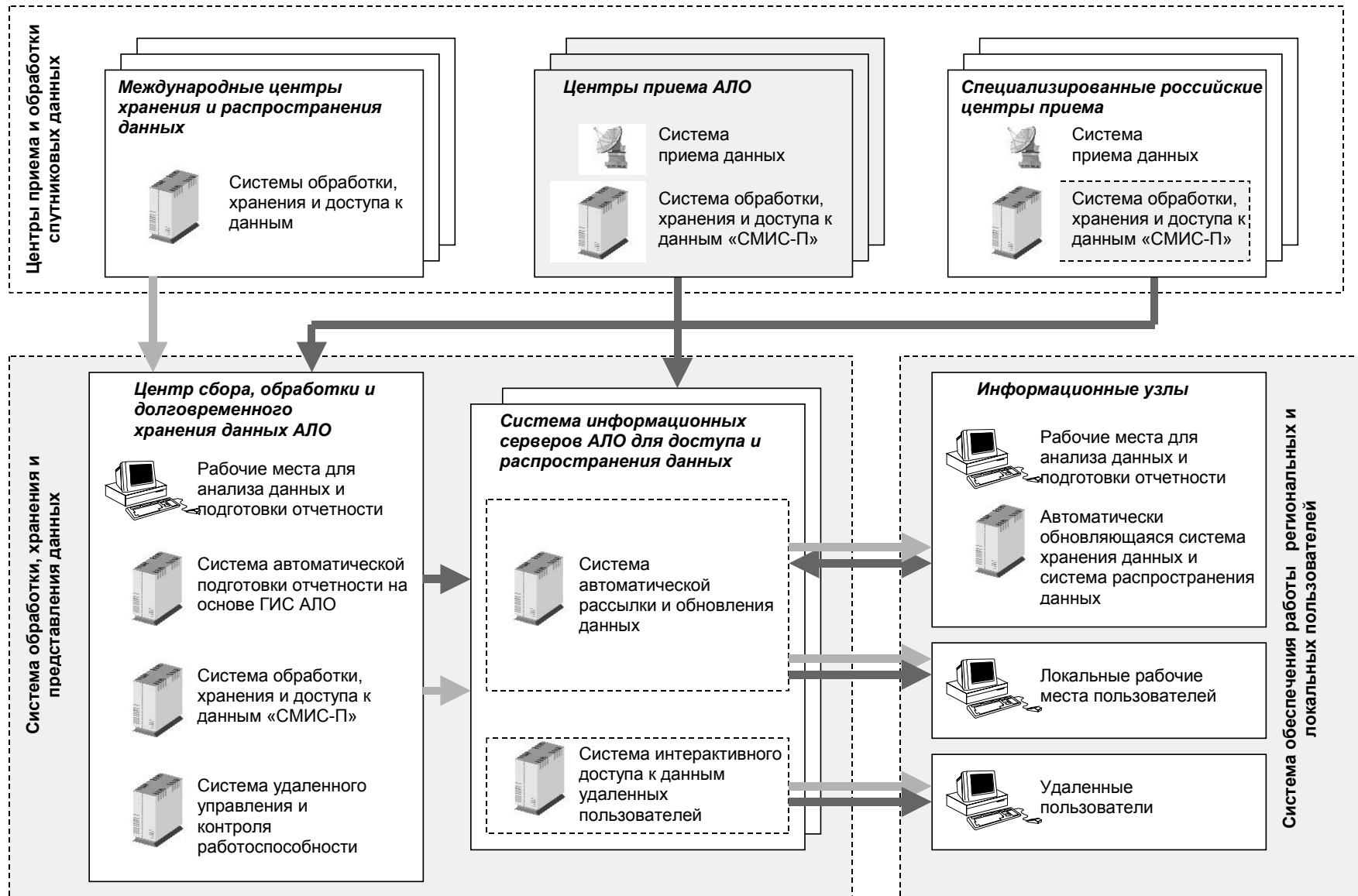


Рис. 1. Архитектура построения российской системы спутникового мониторинга лесных пожаров

В 2003 г. были начаты работы по интеграции в систему данных, поступающих со спутников TERRA и AQUA. Для непосредственного получения данных с этих аппаратов необходимо использовать приемные станции, рассчитанные на работу в диапазоне 8 ГГц. Данные станции достаточно дорогостоящие и центры АЛО ими не оснащены. Поэтому для обеспечения работы с этими данными были реализованы схемы получения данных из **международных и российских специализированных центров**. Достаточно подробно эти схемы описаны в работе «Организация системы хранения и представления результатов обработки данных прибора MODIS для системы мониторинга лесных пожаров» в настоящем сборнике. Поэтому здесь мы лишь кратко остановимся на основных ее возможностях. В настоящий момент в систему поступают результаты детектирования пожаров по данным TERRA и AQUA из центра университета штата Мэриленд (г. Вашингтон) [13]. Детектирование пожаров в этом центре осуществляется на основе алгоритма MOD14 [14]. Данные поступают по всей территории России, однако задержка в поступлении этих данных может достигать 12–20 ч. Для более оперативного получения информации в системе также используются российские специализированные центры приема и обработки спутниковых данных. Для этого система обработки данных «СМИС-П» была модифицирована для работы с данными прибора MODIS. Для детектирования пожаров в ней также используется MOD14. Такие системы в настоящий момент установлены в следующих специализированных центрах:

- НИЦ «Планета» (г. Москва);
- Дальневосточном региональном центре приема и обработки спутниковых данных (г. Хабаровск).

В настоящий момент из этих центров в систему поступают данные детектирования пожаров, маски облачности и продукты обработки (цветосинтезированные изображения регионов наблюдений) для проведения визуальных оценок состояния облачности, дымов и гарей. Данные центры позволяют получать информацию по Европейской части России, Западной и Восточной Сибири. Для организации поступления в систему оперативной информации о Центральной Сибири в 2004 г. планируется установка системы обработки данных в центре приема ИЛ СО РАН (г. Красноярск).

Таким образом, использующиеся в системе центры приема данных позволяют получать информацию практически по всей территории России. Зоны видимости работающих в настоящий момент в интересах системы центров приведены на рис. 2.

Отметим, что сегодня в системе обрабатывается схема сбора и хранения данных обработки SPOT-Vegetation и MODIS. Поступление этих данных организуется из соответствующих международных центров хранения спутниковых данных [11, 15]. На основе этих данных для системы в настоящий момент обрабатывается методика оценки последствий действия лесных пожаров.

Система обработки, хранения и представления данных

Основными элементами данной системы являются центр сбора, обработки и долгосрочного хранения данных АЛО и система информационных серверов АЛО для доступа к данным удаленных пользователей.

Центр сбора АЛО создан в Центральной базе АЛО (г. Пушкино). В него организовано поступление информации из российских и зарубежных центров приема. Одной из основных задач центра является организации оперативного и долгосрочного хранения спутниковых данных и результатов их обработки. В центре создана система на основе технологии, описанной в [16, 13]. Для хранения и работы с результатами обработки спутниковых данных ведется два типа баз данных (БД) — БД результатов детектирования пожаров и БД информационных продуктов. Состав продуктов, входящих в эти БД, достаточно под-

робно описан в работе «Организация системы хранения и представления результатов обработки данных прибора MODIS для системы мониторинга лесных пожаров» в настоящем сборнике. Эти БД ведутся на основе информации, полученной при обработке данных MODIS и AVHRR.



а)



б)

Рис. 2 Зоны видимости станций приема, обеспечивающих обработку данных в интересах ИСДМ МПР РФ (состояние на 1.12.2003 г.): а — AVHRR; б — MODIS. Зеленым цветом выделена зона видимости станций приема в городах Красноярске и Новосибирске, возможность использования которых в интересах ИСДМ МПР РФ также обсуждается в настоящее время

В центре проводится также подготовка различной отчетности (в основном федерального уровня). Для этого в центре созданы как система автоматической подготовки отчетности, так и рабочие места на основе ГИС АЛО федерального уровня [18]. Они позволяют пользователям автоматически получать доступ к различной оперативной информации, используемой в ИСДМ МПР РФ. Для совместного анализа различной информации (в том числе спутниковой) в ГИС АЛО реализованы специализированные интерфейсы для работы с данными. Это позволяет интегрировать и эффективно использовать различные типы информации. В центре, в частности, проводится подготовка отчетности о последствиях действия лесных пожаров в течение пожароопасного сезона. Для расширения возможностей и объективности таких оценок в настоящий момент проводится отработка методики оценки площадей гарей на основе спутниковых данных. Опытное использование данной методики планируется начать в 2004 г.

Обрабатываемая в центре информация помещается в систему информационных серверов АЛО, с помощью которой организуется распространение данных пользователям системы. Следует отметить, что через центр проходит далеко не вся оперативная информация. Для минимизации объемов передаваемых данных часть информации может попадать в систему информационных серверов непосредственно из центров приема. Для работы же с информацией большого объема (например, полноцветные спутниковые изображения), которая в системе используется эпизодически, блоки информационных серверов, обеспечивающие доступ к этой информации, могут располагаться непосредственно в центрах приема. Кроме функций, связанных с организацией обработки и хранения данных, в центре осуществляется также удаленный контроль работоспособности различных элементов системы. Для этого в центре используется специальная система, созданная на основе технологии, описанной в [3] (достаточно подробное ее описание приведено в работе В.Ю. Ефремов и др. «Управление и контроль работоспособности систем автоматизированной обработки спутниковых данных» в настоящем сборнике).

Система информационных серверов АЛО предназначена для обеспечения оперативного представления информации пользователям. В ней реализовано два механизма организации распространения данных — автоматическая рассылка и обновление данных и интерактивный доступ к данным с использованием Web-интерфейсов.

Автоматическая система рассылки данных рассчитана на пользователей, которые на своих рабочих местах имеют средства для работы с получаемой информацией. В первую очередь такими средствами являются ГИС АЛО федерального и регионального уровня [18]. Новые версии ГИС АЛО, установка которых планируется в 2004 г., имеют возможность работать непосредственно с БД результатов обработки спутниковых данных. Поэтому модифицируемая в настоящий момент система автоматического распространения данных ориентирована в основном на автоматическое обновление версий этих БД, расположенных у пользователей. Кроме этого система может производить рассылку пользователям различных информационных продуктов (например, карт с результатами детектирования лесных пожаров, цветных спутниковых изображений, информацию о точках с подозрениями на лесные пожары, представленной в различных форматах и т. д.).

Интерактивная система доступа к информации удаленных пользователей построена на основе Web-интерфейсов. Пользователи могут получить доступ к информации на следующих серверах АЛО:

- Сервер в Центральной базе «Авиалесоохраны» (г. Пушкино) — <http://www.pushkino.aviales.ru>
- Сервер в Иркутской базе «Авиалесоохраны» (г. Иркутск) — <http://www.irkutsk.aviales.ru>
- Сервер в ИКИ РАН (г. Москва) — <http://www.nffc.aviales.ru>.

В 2003 г. была запущена обновленная версия Web-интерфейсов, позволяющая производить анализ результатов обработки данных приборов AVHRR и MODIS. Созданные интерфейсы являются динамическими и позволяют пользователю самому выбирать состав информационных слоев, необходимых ему для анализа. Пример одного из таких интерфейсов приведен на рис. 3. Пользователь может производить анализ информации на фоне различных картографических слоев, в частности, на фоне карты лесов. В настоящий момент пользователи имеют возможность доступа к информации за любой период текущего пожароопасного сезона. В системе имеется также информационный слой с накопленной информацией обо всех пожарах, детектированных по спутниковым данным с начала пожароопасного сезона.

Система обеспечения работы региональных и локальных пользователей

Система рассчитана на работу с тремя основными группами пользователей:

1. Организации, в которых с информацией должны одновременно работать несколько пользователей (в том числе удаленных). При этом имеется возможность установки и эксплуатации специализированного программного обеспечения для работы с данными мониторинга лесных пожаров (в первую очередь ГИС АЛО). Такими организациями являются, в частности, окружные лесопожарные центры и крупные авиабазы АЛО.

2. Организации и отдельные пользователи (в том числе, мобильные), в которых для работы с данными АЛО используется одно рабочее место, оснащенное специализированным ПО. Такими пользователями могут быть, например, авиазвенья АЛО.

3. Пользователи, не имеющие возможности или желания на своих рабочих местах использовать специализированное программное обеспечение, к таким пользователям можно, например, отнести пользователей различных служб, которым необходимы полностью сформированные продукты и отчеты.

Для обеспечения работы этих групп пользователей в системе разработаны различные технические решения.

Для пользователей первой группы предполагается установка **«Информационного узла»**, в его состав входит выделенный сервер, на котором организуется хранение и автоматическое обновление всех БД АЛО системы. На сервере может быть также установлено программное обеспечение распространения данных удаленным локальным потребителям. На рабочих местах локальных пользователей узла устанавливается ГИС АЛО необходимого уровня (регионального, окружного или федерального). ГИС на локальных местах рассчитана на работу с БД, установленными на сервере. Это позволяет пользователям постоянно иметь доступ к актуализированной информации. Естественно, что такое решение рассчитано на использование выделенного подключения к сети Интернет. Прототип таких информационных узлов фактически эксплуатируется в центрах приема АЛО. Внедрение узлов в АЛО планируется начать в 2004 г.

Для пользователей второй группы предполагается использование **«Локального рабочего места»**, которое рассчитано на установку на одном компьютере как ГИС АЛО, так и БД АЛО. Обновляться данные БД могут как в автоматическом режиме (в случае, если используемый компьютер работает в локальной сети, имеющей выделенное подключение к сети Интернет), или по запросу (в случае если компьютер периодически подключается к сети Интернет). Такое рабочее место может использоваться как в стационарном варианте, так и в мобильном. Это может быть, в частности, ноутбук, который может использовать летчик-наблюдатель. Информация на нем может актуализироваться на авиабазе, например, перед выполнением задания. Следует отметить, что как на «Информационный узел», так и на «Локальное рабочее место» может быть организовано поступление только информации по зоне интересов конкретного пользователя. В 2004 г. планируется начало проведения опытной эксплуатации таких локальных рабочих мест.

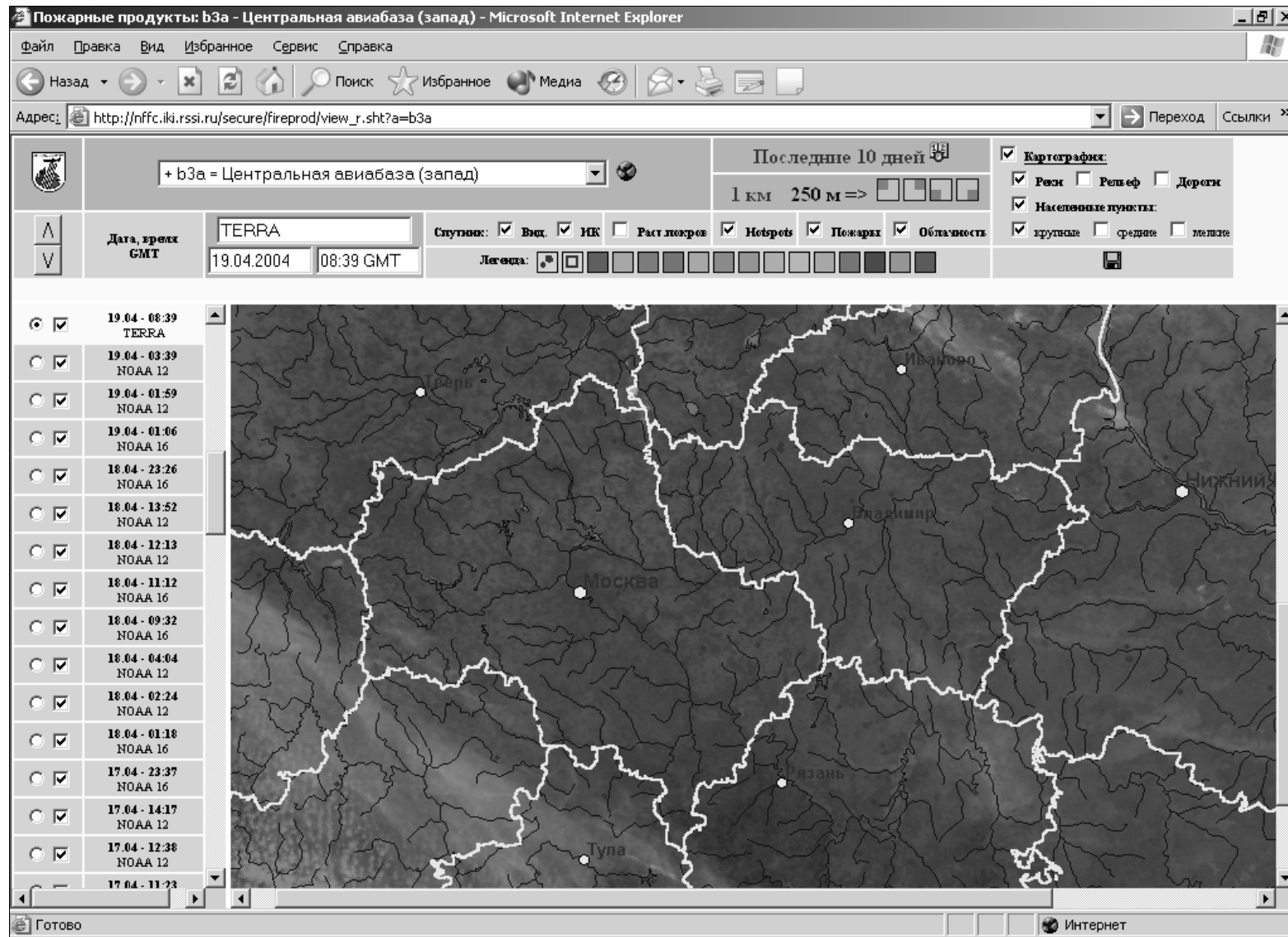


Рис 3. Пример одного из динамических Web-интерфейсов для работы с данными ИСДМ МПР РФ

На пользователей третьей группы фактически ориентирована описанная выше функционирующая **система удаленного доступа к данным**.

Оперативный обмен данными

Все схемы обмена данными в системе рассчитаны на использование публичных каналов российских Интернет-сетей. Естественно, это накладывает некоторые ограничения на объемы передаваемой информации, что приходилось учитывать при планировании потоков данных в системе. Однако более чем пятилетний опыт эксплуатации системы показал, что уже сегодня, используя эти сети, можно обеспечить доступ к информации пользователей практически во всех регионах России. При этом наблюдается быстрое развитие возможностей Интернет-сетей, что в ближайшие годы позволит снять многие ограничения на объемы обмена данными. При этом использование стандартных Интернет-технологий позволило:

- избежать необходимости аренды выделенных специализированных каналов для передачи данных между центрами приема, сбора данных, информационными серверами и пользователями системы;
- обеспечить хорошую масштабируемость сети передачи данных в используемой в системе;
- избежать необходимости использования у ряда конечных пользователей специализированного программного обеспечения для получения доступа к данным.

В заключение отметим, что, как показал опыт использования спутникового мониторинга лесных пожаров (1997–2004), система работает достаточно устойчиво и практически не требует специального персонала контроля и обслуживания. Проведенные в 2003 г. доработки системы позволили начать использовать новые виды информации, что, безусловно, расширило ее возможности и повысило ее эффективность. При этом следует отметить, что сегодня она является одним из блоков всей системы мониторинга лесных пожаров, что позволяет эффективно использовать спутниковую информацию совместно с данными других наблюдений.

Литература

1. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Флитман Е.В., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Новик В.П., Абушенко Н.А., Алтынцев Д.А., Кошелев В.В., Тацилин С.А., Татарников А.В., Сухинин А.И., Пономарев Е.И., Гришин А.М., Афонин С.В., Белов В.В., Гриднев Ю.В., Матвиенко Г.Г., Соловьев В.С., Антонов В.Н., Ткаченко В.А. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: Аналит. обзор // ИОА; ГПНТБ СО РАН. Сер. Экология. Новосибирск, 2003. Вып. 68.
2. Абушенко Н.А., Барталев С.А., Беляев А.И., Ершов Д.В., Захаров М.Ю., Лупян Е.А., Коровин Г.Н., Кошелев В.В., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Минько Н.П., Назиров Р.Р., Семенов С.М., Тацилин С.А., Флитман Е.В., Щетинский В.Е. Опыт и перспективы организации оперативного спутникового мониторинга территории России в целях службы пожароохраны лесов // Исслед. Земли из космоса. 1998. № 3. С. 89–95.
3. 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 // Научные технологии. 2000. Т. 1. № 2. С. 4–18.
4. Жеребцов Г.А., Лупян Е.А., Минько Н.П. и др. Возможности и опыт работы региональных центров приема и обработки спутниковых данных // Проблемы экологич. мониторинга. Ч. 2. Уфа, 1995.

5. *Афонин С.В., Белов В.В., Гриднев Ю.В.* Система космомониторинга лесных пожаров на территории Томской области // *Оптика атмосферы и океана* 2000. Т. 13. № 11. С. 996–1004.
6. *Сухинин А.И.* Система космического мониторинга лесных пожаров в Красноярском крае // *Сибир. экологич. журн.* 1996. Т. 3. № 1. С. 85–91.
7. *Беляев А.И., Ершов В.В., Коровин Г.Н., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Современные возможности Российской системы оперативного спутникового мониторинга лесных пожаров // Докл. III Всерос. конф. Аэрокосмич. методы и геоинформац. технологии в лесоведении и лесном хоз-ве. Москва 18–19 апреля 2002. С. 34–36.
8. *Коровин Г.Н., Андреев Н.А.* Авиационная охрана лесов. М.: Агропромиздат. 1988, 220 с.
9. *Kidwell K.B.* NOAA polar data user's guide: NOAA NESDIS, NCDC. 1988. 148 p.
10. *Barnes W.L., Pagano T.S., Salomonson V.V.* Prelaunch characteristics of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on EOS-AM1 // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 1998. V. 36. N 4. P. 1088–1100.
11. *The Vegetation User Guide. Vegetation, 2002.* <http://www.spotimage.fr/data/images/vege/vegetat/home.htm>.
12. *Bartalev S.A., Belward A.S., Erchov D.V., Isaev A.S.* A new SPOT4-VEGETATION derived land cover map of Northern Eurasia // *Intern. J. of Remote Sensing*. 2003. V. 24. N 9. P. 1977–1982.
13. *Bobbe T., Descloitres J., Finco M., Giglio L., Justice C., Sohlberg R., Townshend J.* MODIS Land Rapid Response System: implementation with USDA Forest Service and implications for active fire detection and land cover change products from future moderate resolution sensors. NPOESS MAXI Review 2002. Silver Spring, MD.
14. *Justice C.O., Giglio L., Korontzi S., Owens J., Morisette J.T., Roy D., Descloitres J., Alleaume S., Petitcolin F., Kaufman Y.* The MODIS Fire Products // *Remote Sensing of Environment*. 2002. V. 83. N 1-2. P. 244–262.
15. Earth Observing System Data Gateway, <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/plain.html>.
16. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Универсальная технология построения систем хранения спутниковых данных. М.: ИКИ РАН. Препринт Пр-2024. 2000. 22 с.
17. *Loupian E., Mazurov A., Nazirov R., Proshin A., Flitman E.* A Universal Technology for Development of Satellite Data Storage Systems // 4th Intern. Symp. on Reducing the Cost of Spacecraft Ground Systems and Operations. 2001.
18. *Барталев С.А., Беляев А.И., Ершов В.В., Зукерт Н.В., Коровин Г.Н., Кошелев В.В., Лупян Е.А., Рыбникова Л.А., Сурикова Е.П., Шуляк П.П.* Разработка ГИС-мониторинга лесных пожаров в России на основе ARCVIEW GIS 3.0 и глобальной сети Internet ARCREVIEW // *Соврем. геоинформац. технологии*. 1998. Т. 1. № 4. С. 6–7.