

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ МПР РФ

Беляев А.И.³, Коровин Г.Н.², Лупян Е.А.¹

¹*Институт Космических Исследований РАН*

117997, Москва, Профсоюзная ул. 84/32,

тел: +7 (095) 3335313 e-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru

²*Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН*

117997, Москва, Профсоюзная ул. 84/32,

тел: +7 (095) 3326877 e-mail: korovin@cepl.rssi.ru

³*ФГУ «Авиалесоохрана»*

141200, г. Пушкино, Московской области, ул. Горького 20

тел. +7 (095) 993-31-25 e-mail: aviales@space.ru

Доклад посвящен вопросам использования спутниковых данных в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ. В нем рассмотрены основные задачи, для решения которых в настоящий момент в системе используются спутниковые данные. Описана общая архитектура и возможности входящего в систему блока работы со спутниковыми данными. Проанализированы некоторые проблемы обработки спутниковых данных для обеспечения оперативного мониторинга лесных пожаров и оценки их последствий. Сформулированы основные задачи развития систем обработки спутниковых данных для расширения возможностей систем дистанционного мониторинга лесных пожаров.

Хорошо известно, что эффективность практически любой деятельности во многом зависит от наличия и своевременности получения объективной информации, необходимой для ее планирования и выполнения. Не случайно, что в последнее десятилетие отмечается активный рост разработок и внедрения различных информационных систем. Особенно важны такие системы в областях, где требуется оперативно получать разнородную объективную информацию о быстро меняющихся процессах, происходящих на достаточно больших территориях. Именно такая ситуация возникает при организации мониторинга и тушения лесных пожаров. Поэтому для информационного обеспечения этих работ была создана и введена в 2003 году в опытную эксплуатацию систему дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ (с 2004 года система называется ИСДМ Рослесхоз). Подробную информацию о структуре системы и разработках, которые легли в ее основу, можно получить, в частности, в работах [1-6]. В данной работе мы лишь кратко остановимся на основных задачах системы и используемой для их решения информации, а достаточно подробно рассмотрим вопросы, связанные с использованием в системе спутниковых данных.

Основной задачей ИСДМ Рослесхоз является информационное обеспечение работ по организации мониторинга и тушения пожаров, а также оценки их последствий. Для этого система обеспечивает:

- Сбор данных о регистрации пожаров на охраняемой и не охраняемой территории;
- Сбор данных о состоянии окружающей среды, необходимых для организации работ по обнаружению и тушению лесных пожаров;
- Сбор информации, необходимой для проведения оценок последствий действия лесных пожаров;
- Автоматизированную, оперативную обработку данных с целью построения информационных продуктов, необходимых для принятия управлеченческих решений при организации и проведении работ по обнаружению и тушению лесных пожаров;
- Оперативное предоставление информации, необходимой для принятия управлеченческих решений;
- Оценку последствий действия лесных пожаров по данным дистанционных наблюдений;
- Оценку предотвращенного ущерба от лесных пожаров;
- Организацию оперативного и долговременного хранения данных о регистрации пожаров, состоянии окружающей среды и последствиях действия лесных пожаров.

ИСДМ Рослесхоз рассчитана на обеспечение информацией следующих основных пользователей:

- ◆ Федеральное агентство лесного хозяйства;
- ◆ Агентства лесного хозяйства в субъектах РФ и федеральных округах;
- ◆ Базы авиационной охраны лесов России (авиабазы);
- ◆ Федеральные и региональные службы и организации, участвующие в мониторинге, охране и защите лесов от пожаров;
- ◆ Заинтересованные службы и ведомства, ответственные за мониторинг и охрану окружающей среды;
- ◆ Отраслевые институты и научные организации;

- ◆ Аппарат и региональные представительства Министерства по ГО и чрезвычайным ситуациям РФ.
- Основными источниками информации для ИСДМ Рослесхоз в настоящее время являются:
- данные о лесных пожарах, полученные подразделениями авиационной и наземной охраны лесов;
 - информация, полученная на основе данных, поступающих со спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (далее спутниковые данные);
 - метеоинформация, поступающая из организаций Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
 - данные регистрации молниевых разрядов, поступающие из Центра сбора и обработки данных о молниевых разрядах системы регистрации молниевых разрядов (ЦСОД СРМР) ООО НТЦ "ИНФОКОМПЛЕКС";
 - различная картографическая информация.

Поскольку ИСДМ Рослесхоз должна оперативно получать информацию по территории всего лесного фонда России, которая превышает 1100 млн. га, а также территориям, покрытым лесом на землях, не входящих в лесной фонд, то фактически в зону ее интересов попадает вся территория России. Естественно, что одним из наиболее оперативных и объективных источников информации на таких больших территориях, являются спутниковые данные (далее СД).

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

- получение информации для оценки метеообстановки (в первую очередь о состоянии облачности);
- оперативная регистрация зон с подозрениями на лесные пожары на охраняемых территориях;
- оперативная оценка характеристик действующих пожаров (площадь, направление развития, задымленность и т.д.), оценка площадей, пройденных огнем, и последствий действия пожаров.

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 первую очередь это относится к данным, на основе которых получается оперативная информация, необходимая для принятия решений по организации мониторинга и тушения лесных пожаров. В настоящее время в ИСДМ Рослесхоз используются в основном следующие спутниковые данные:

- данные, получаемые приборами AVHRR, установленными на спутниках серии NOAA [7]. Эти данные используются в системе для детектирования подозрений на действующие пожары и построения различных изображений облачности;
- данные, получаемые приборами MODIS [8], установленными на спутниках TERRA и AQUA. Эти данные также используются в системе для детектирования подозрений на действующие пожары и построения различных изображений облачности. Они также используются при оперативной оценке площадей, пройденных огнем;
- данные, получаемые прибором SPOT-VGT [9], который установлен на спутнике SPOT. Эти данные используются для оценки площадей, пройденных огнем, и последствий действия лесных пожаров;
- данные приборов МСУ-Э [10] и LANSAT ETM+ [11], установленных соответственно на спутниках МЕТЕОР и LANDAST. Эти данные, в основном, используются для выборочного контроля площадей, пройденных огнем, и верификации оценок, полученных на основе данных SPOT-Vegetation. В ряде случаев они также используются для уточнения картографических основ.

Для работы с этой информацией в ИСДМ Рослесхоз создана распределенная автоматизированная система сбора и обработки спутниковых данных, которая позволяет в настоящее время оперативно получать информацию практически по всей территории России. Эта система и ее элементы подробно описаны в работах [1,2,12,13]. В систему входят:

- комплексы обработки данных, поступающих со спутников серии NOAA, установленные в центрах приема ФГУ "Авиалесоохрана", расположенных в:
 - Центральной базе ФГУ "Авиалесоохрана" (г. Пушкино).
 - Иркутской авиа базе ФГУ "Авиалесоохрана" (г. Иркутск);
- комплексы обработки данных, поступающих со спутников серий NOAA, Terra и Aqua, установленные в следующих российских специализированных центрах приема и обработки спутниковых данных:
 - НИЦ "Планета", г. Москва (обработка данных Terra, Aqua);
 - Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) г. Москва (обработка данных NOAA);
 - Западносибирский региональный центр приема и обработки данных (ЗапсиБРЦПОД) г. Новосибирск (обработка данных Terra, Aqua, NOAA);
 - Институт леса СО РАН (ИЛ СО РАН) г. Красноярск (обработка данных Terra, Aqua, NOAA);

- Дальневосточный региональный центр приема и обработки данных (ДВРЦПОД) г. Хабаровск (обработка данных Terra, Aqua, NOAA);
- блоки автоматического получения спутниковых данных и результатов их обработки из зарубежных центров обработки и архивации данных. Они позволяют в настоящее время получать данные из:
 - архивов компании VITO [9] (длительные безоблачные композиты SPOT VGT)
 - центра обработки Университета штата Мериленд США [14] (результаты детектирования точек с подозрениями на пожары по данным прибора MODIS)
- система оперативного наполнения и ведения распределенных оперативных и долговременных архивов данных.

Поскольку ИСДМ Рослесхоз предоставляет информацию по очень большой территории, одним из основных требований к предоставляемой системой информации, является ее однотипность и сопоставимость для разных территорий. Поэтому в системе автоматически формируются однотипные информационные продукты по всей территории России. К основным продуктам, формирующемуся в системе на основе спутниковых данных, относятся:

- ◆ Крупномасштабные и региональные изображения облачности, полученные по данным AVHRR и MODIS, предназначенные для оценки состояния и динамики облачных структур. Примеры таких изображений приведены на рис. 1. Отметим, что на региональных изображениях, также хорошо видны дымы от действующих лесных пожаров и площади, пройденные огнем (особенно на изображениях, полученных на основе данных прибора MODIS с разрешением 250 м). Для того чтобы можно было легко сравнивать и анализировать динамику развития ситуации, при формировании таких изображений используются устойчивые цветосинтезы или, в случае использования черно-белых изображений, однотипное контрастирование.
- ◆ Автоматически выделенные точки с подозрениями на действующие пожары. Данные точки получаются на основе обработки данных приборов AVHRR и MODIS. Для обработки данных AVHRR используется алгоритм, разработанный в ИСЗФ СО РАН [15], для обработки данных MODIS используется стандартный алгоритм MOD14 [16]. После выполнения автоматической обработки в центрах приема и обработки спутниковых данных может быть также проведена их ручная коррекция с помощью программного обеспечения и методик, разработанных для ИСДМ Рослесхоз в ИСЗФ СО РАН. Выделенные точки с подозрениями на действующие пожары заносятся в специализированные базы данных, использующиеся в системе [12]. В дальнейшем эти базы данных используются для построения различных динамических картографических продуктов на информационных серверах или в ГИС ИСДМ Рослесхоз. Примеры таких продуктов приведены на рис. 2.
- ◆ Информация о площадях, пройденных огнем, получается на основе автоматической обработки данных прибора SPOT-VGT. Обработка производится с помощью алгоритма, описанного в [17]. В интересах ИСДМ Рослесхоз была проведена его специальная валидация [18]. На основе данной методики в системе формируются различные карты и отчеты. Один из примеров таких карт приведен на рис. 3
- ◆ На основе информации о выделенных подозрениях на действующие пожары и оценок площадей, пройденных огнем, в системе оперативно формируются различные отчетные формы, как по отдельным действующим пожарам, так и по административным субъектам. Пример одной из таких форм приведен на рис 4.

Для обеспечения работы пользователей с результатами обработки спутниковых данных в ИСДМ Рослесхоз создана система информационных серверов, которые обеспечивают пользователям доступ и анализ информации с помощью динамических WEB-интерфейсов. Они также обеспечивают работу системы автоматической рассылки данных, которая позволяет пользователям получать как готовые продукты, так и автоматическое оперативное обновление баз данных на их локальных рабочих местах [1]. Схема расположения и основные характеристики этих информационных серверов приведены на рис. 5. Отметим, что в интересах решения различных научных задач пользователи также смогут получить доступ к долговременным архивам результатов обработки спутниковых данных через информационную систему спутникового мониторинга наземных экосистем Северной Евразии (<http://tem.iki.rssi.ru/>), создаваемую при поддержке РФФИ (проект 04-07-90263-в).

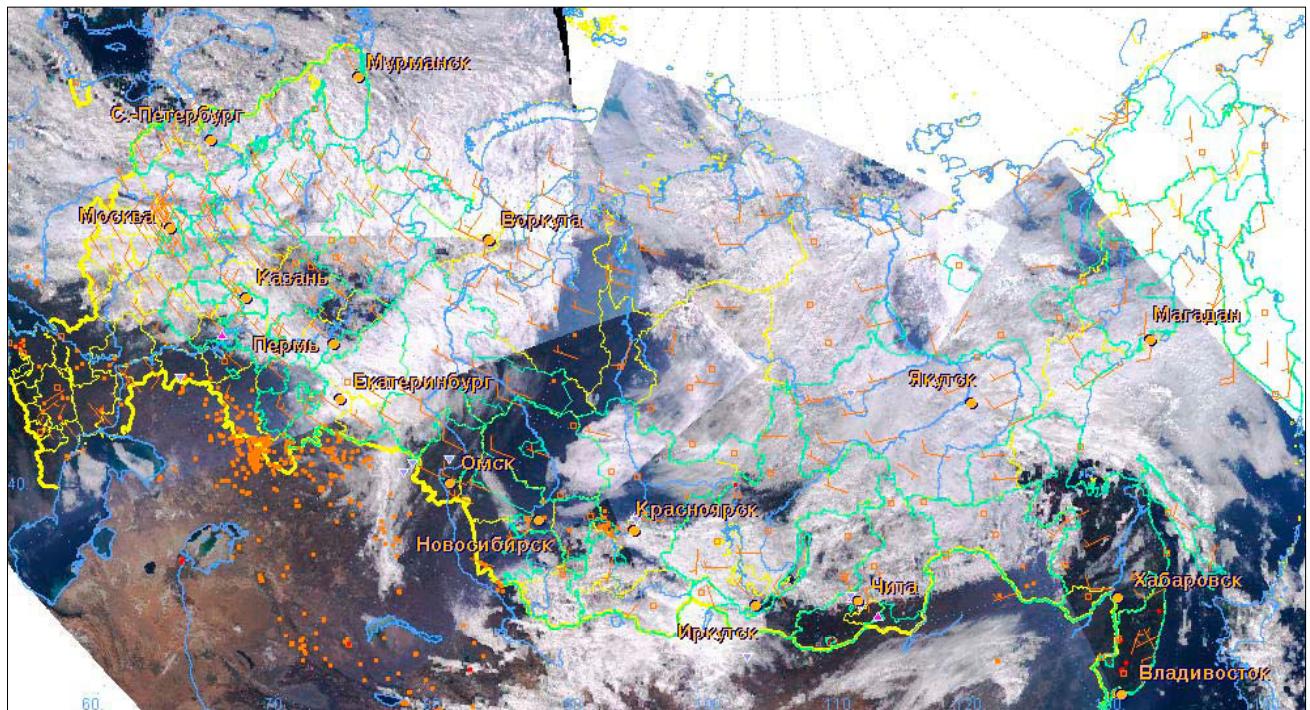
В заключение хотелось бы отметить, что опыт эксплуатации ИСДМ Рослесхоз в пожароопасных сезонах 2003-2004 годов позволил сформулировать следующие основные направления развития систем обработки спутниковых данных для расширения возможностей системы мониторинга лесных пожаров:

- ◆ **Расширение состава и качества оперативной информации.** В этом направлении на наш взгляд в первую очередь следует проводить работы по улучшению качества детектирования подозрений на действующие пожары. Следует отметить, что это в первую очередь относится к алгоритмам детектирования MOD14. Хотя этот алгоритм дает достаточно мало ложных тревог, в ряде случаев он допускает достаточно большое число пропусков пожаров. Пример таких пропусков приведен на рис. 6. Требуется также разработка алгоритмов детектирования пожаров, в которых бы пользователям наряду с фактом обнаружения пожара, давалась бы вероятность ошибки. Это позволило бы в ряде случаев выделить на ранней стадии участки, на которых возможно возникли пожары. Безусловно, одной из наиболее важных оперативных задач, остается задача построения комплексных оценок пожарной опасности с использованием спутниковых данных.

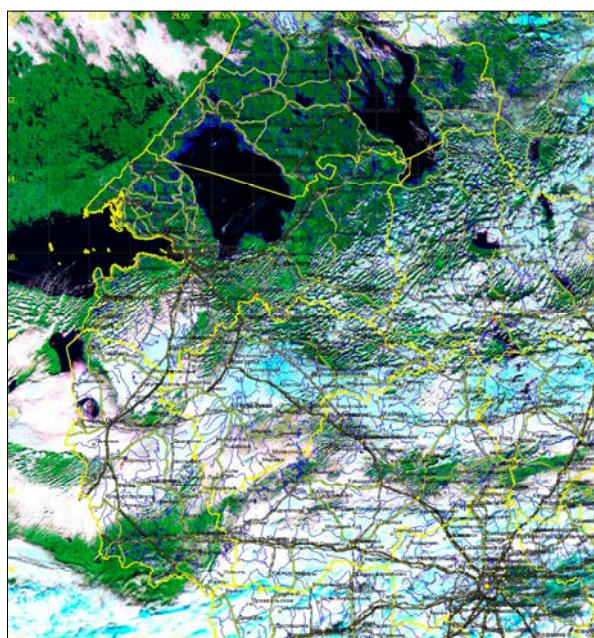
- ❖ **Построение комплексных продуктов** на основе совместной обработки как спутниковой, так и другой информации. К таким продуктам следует, например, отнести аналитические формы по оценке угрозы населенным пунктам и важным объектам, оперативной оценке возможных ущербов, а также различные оценки, связанные с предсказанием развития и динамики наблюдаемых пожаров.
- ❖ **Развитие системы оценка последствий действия лесных пожаров.** В этом направлении ближайшими задачами, для решения которых в настоящее время активно ведутся работы, являются: разработка автоматических алгоритмов для оперативной оценки площадей, пройденных огнем, по данным MODIS, разработка методов и алгоритмов оценки повреждений насаждений, разработка методов и алгоритмов оценок выбросов, связанных с лесными пожарами.

Литература

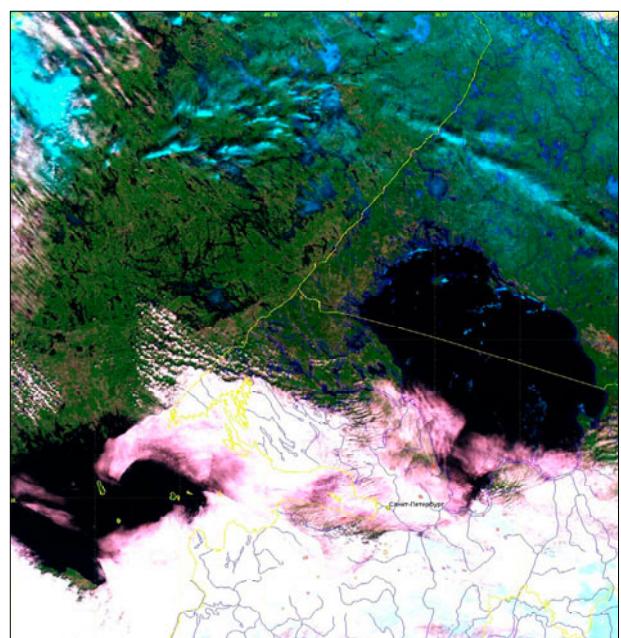
1. Д.В. Ериков, Г.Н. Коровин, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, С.А. Тацкилин. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей Москва Полиграф сервис, 2004 с 47-57.
2. Беляев А.И., Ериков В.В., Лупян Е.А., Романюк Б.В., Сухинин А.И., Тацкилин С.А. Национальная система сбора, обработки и анализа информации о природных пожарах и ее сопряжение с международными и региональными информационными сетями // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне Материалы международного научно-практического семинара (Хабаровск, Россия, 9-12 сентября 2003 г.). М.: Издательство «Алекс» 2004 с 156-166.
3. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Флитман Е.В., Ериков Д.В., Коровин Г.Н., Новик В.П., Абушенко Н.А., Алтынцев Д.А., Кошелев В.В., Тацкилин 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. - Новосибирск, 2003. - с. - (Сер. Экология. Вып. 68).
4. Беляев А.И., Ериков В.В., Коровин Г.Н., Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, Р.Р. Назиров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман Современные возможности Российской системы оперативного спутникового мониторинга лесных пожаров. // Доклады III Всероссийской конференции Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве. Москва 18-19 апреля 2002 г. с.34-36
5. Абушенко Н.А., Барталев С.А., Беляев А.И., Ериков В.В., Коровин Г.Н., Кошелев В.В., Е.А. Лупян, Ю.С. Крашенникова, А.А. Мазуров, Минько Н.П., Р.Р. Назиров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман Система сбора, обработки и доставки спутниковых данных для решения оперативных задач службы пожароохраны лесов России. // Наукоемкие технологии. 2000. т. 1. № 2. 4-18 с.
6. Абушенко Н.А., Барталев С.А., Беляев А.И., Ериков Д.В., Захаров М.Ю., Лупян Е.А., Коровин Г.Н., Кошелев В.В., Крашенникова Ю.С., Мазуров А.А., Минько Н.П., Назиров Р.Р., Семенов С.М., Тацкилин 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.
7. Kidwell, K.B., NOAA polar data user's guide: NOAA NESDIS, NCDC. 1988. 148 p
8. 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, 36(4), 1088-1100.
9. The VEGETATION User Guide, VEGETATION, 2002, <http://www.spotimage.fr/data/images/vege/VEGTAT/home.htm>
10. Космическая метеорологическая система МЕТЕОР- 3М // http://sputnik.infospace.ru/meteor-3m/rus_win/ meteor.htm
11. LANDSAT 7 // <http://landsat.gsfc.nasa.gov/>
12. Галеев А.А., Ериков Д.В., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Тацкилин С.А., Организация хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров // настоящий сборник
13. Галеев А.А., Ериков Д.В., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Тацкилин С.А., Флитман Е.В. Организация системы хранения и представления результатов обработки данных прибора MODIS для системы мониторинга лесных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных объектов и явлений. Сборник научных статей Москва Полиграф сервис, 2004 с 115-125.
14. Bobbe, T., Descloitres, J., Finco, M., Giglio, L., Justice, C., Sohlberg, R., and Townshend, J. (2002). 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
15. Абушенко Н.А., Минько Н.П., Семенов С.М., Тацкилин С.А., Татарников А.В. Автоматизированный алгоритм обнаружения лесных пожаров по многоспектральным данным прибора AVHRR/NOAA // Сборник докладов III Всероссийской научной конференции «Применение дистанционных радиофизических методов в исследованиях природной среды», Муромб 1999б с. 210-211
16. Justice C. O., Giglio L., Korontzi S., Owens J., Morisette J. T., Roy, D., Descloitres J., Alleaume S., Petitcolin F., and Kaufman Y (2002). The MODIS Fire Products. Remote Sensing of Environment, 83(1-2), 244-262.
17. С.А. Барталев, В.А. Егоров, Е.А. Лупян, И.А. Уваров Оценка площадей повреждений наземных экосистем Северной Евразии пожарами в 2000–2003 годах по спутниковым данным инструмента SPOT-Vegetation // настоящий сборник
18. Барталев С.А., Беляев А.И., Егоров В.А., Ериков Д.В., Коровин Г.Н., Коршунов Н.А., Котельников Р.В., Лупян Е.А. Валидация результатов выявления и оценки площадей поврежденных пожарами лесов по данным спутникового мониторинга // настоящий сборник



a)



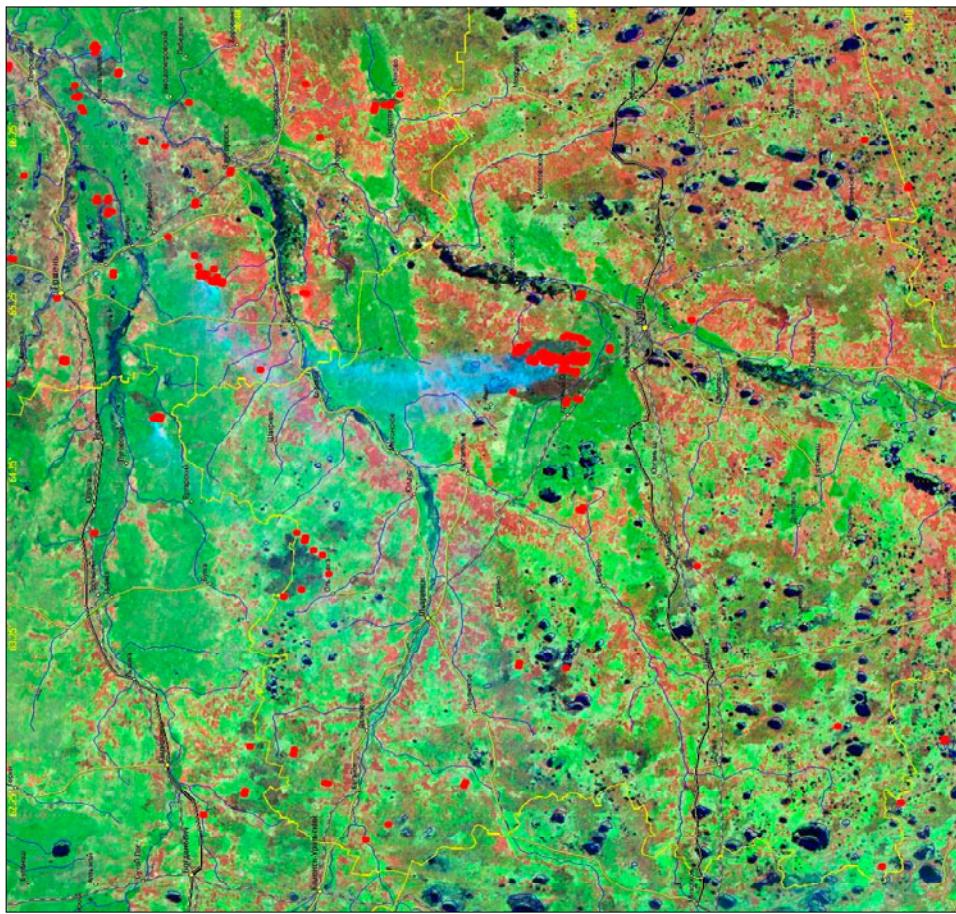
б)



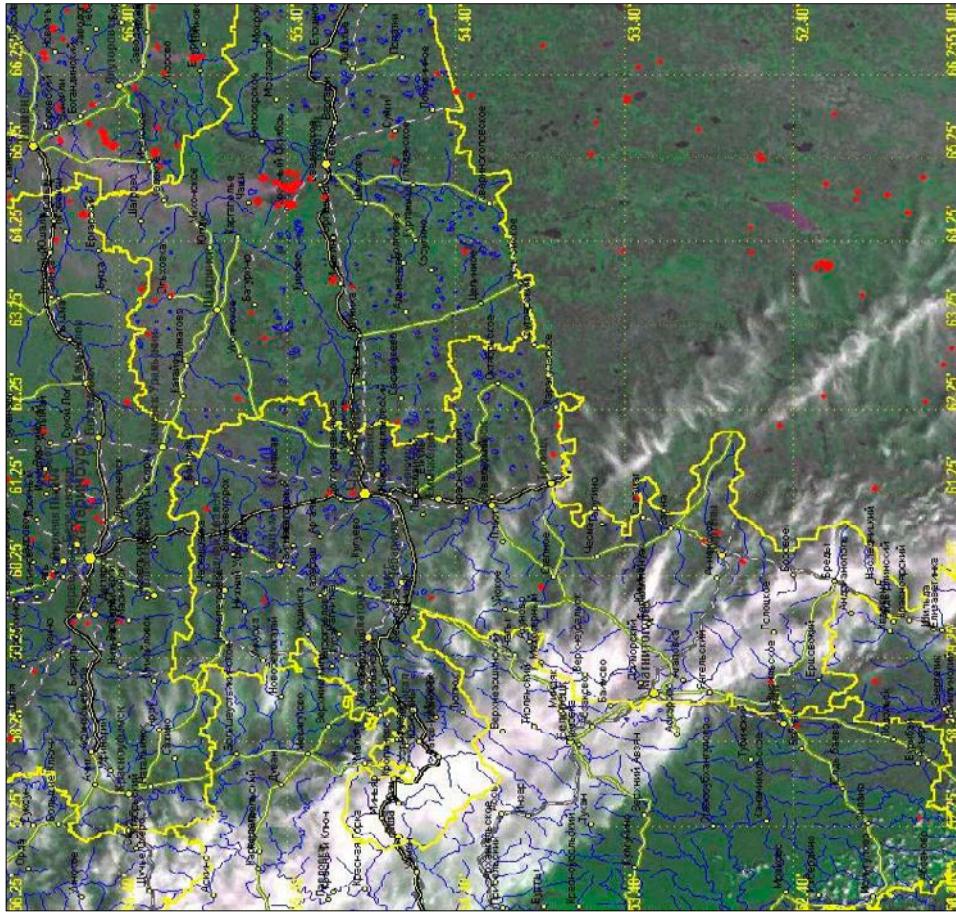
в)

Рис 1. Примеры изображений облачности, автоматически формирующихся в ИСДМ:

- а) - по всей территории России (разрешение 8 км в точке),
- б) - по Северо-Западному региону с разрешением – 1км,
- в) - по региону Ленинградской области с разрешением – 250 м



б) 16/05/2004 6:38 GMT



а) 16/05/2004 9:15 GMT

Рис 2. Примеры изображений действующих пожаров, автоматически формирующихся в ИСДМ
а) – по данным AVHRR (разрешение 1 км в точке), б) – по данным MODIS (разрешение 250 м в точке)

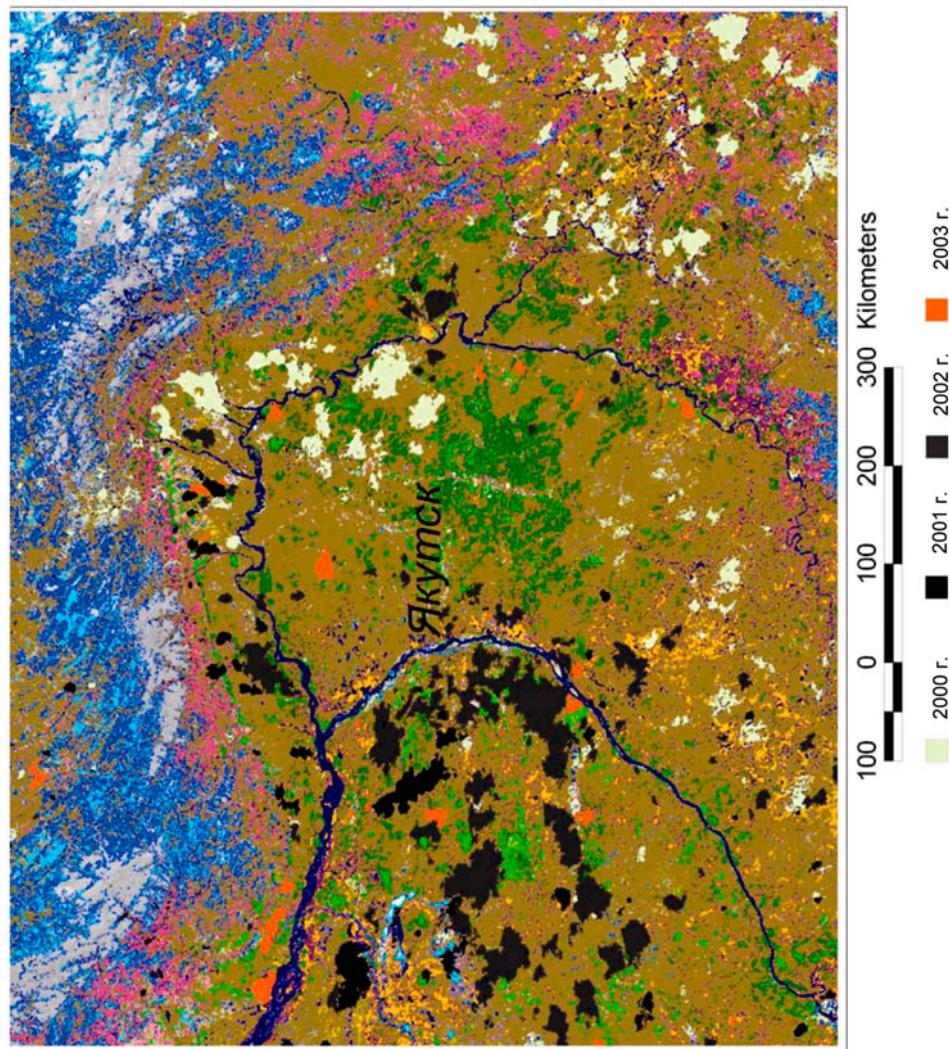
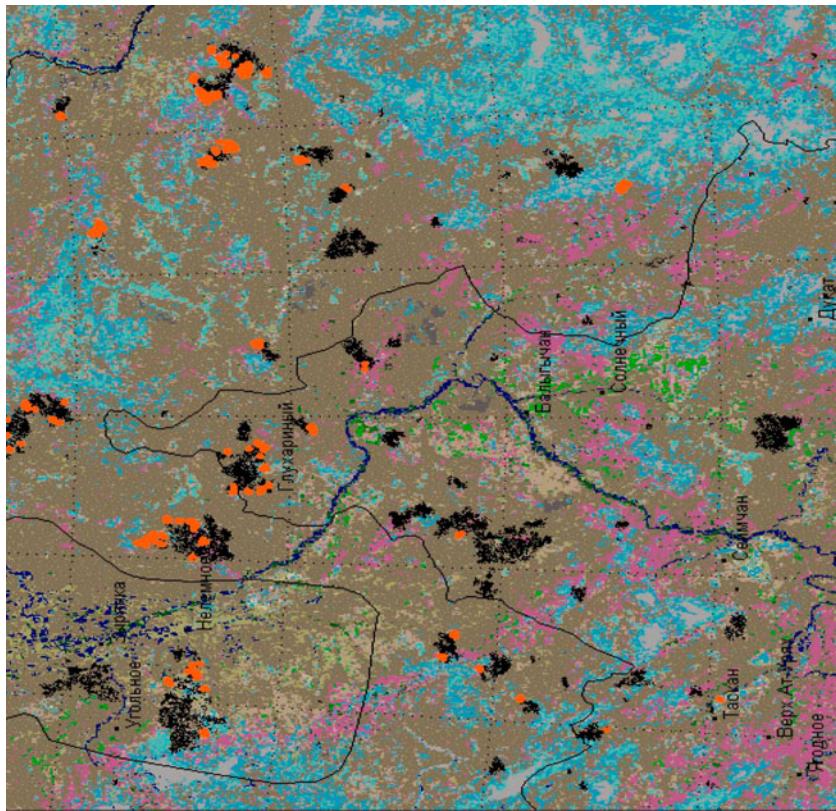


Рис 3. Примеры карт с изображениями площадей, пройденных отнем
а) – формируемые данные о зарегистрированных действующих пожарах (AVHRR, MODIS),
б) – по данным об изменении состояния растительности (SPOT VGT)

Сообщение о лесном пожаре № 30814
 (по данным космического мониторинга)

Характеристика детектирования

Координаты точки регистрации		Начало наблюдения		Последнее наблюдение		Примечание
Широта	49°32'45"	Дата	3.05.2005	Дата	4.05.2005	
Долгота	111°48'29"	Время	4:35 МСК	Время	9:50 МСК	
Привязка	п.п. Ченгүрүк, азимут 115°, удаление 9,9 км	Площадь регистрации, га	95	Состояние	действует	
Федеральный округ	Сибирский федеральный округ	Дата	3.05.2005	Всего:	...	
Область (край, респ.)	Читинская область	Время	4:35 МСК	В т.ч. покрытая лесом:	...	
Лесхоз	КЫРИНСКИЙ	Состояние	9:50 МСК	...		
Авиабаза	Читинская а/б					
Авиад部ение	Кыринское а/о					
Динамика развития пожара		Пройденная огнем площадь, га (зарегистрированные действующие очаги)				
Дата	с момента возникновения	за сутки		Ближайший населенный пункт в радиусе 100 км (наименование, azimuth, расстояние)		
		Всего	в т.ч. покрытая лесом	Всего	в т.ч. покрытая лесом	
03.05.2005	95	36		95	36	действует
04.05.2005	311	244		216	208	действует
05.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
06.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
07.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
08.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
09.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
10.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
11.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался
12.05.2005	...	...		...	...	не наблюдался

Рис 4. Примеры информационного сообщения о действующем пожаре

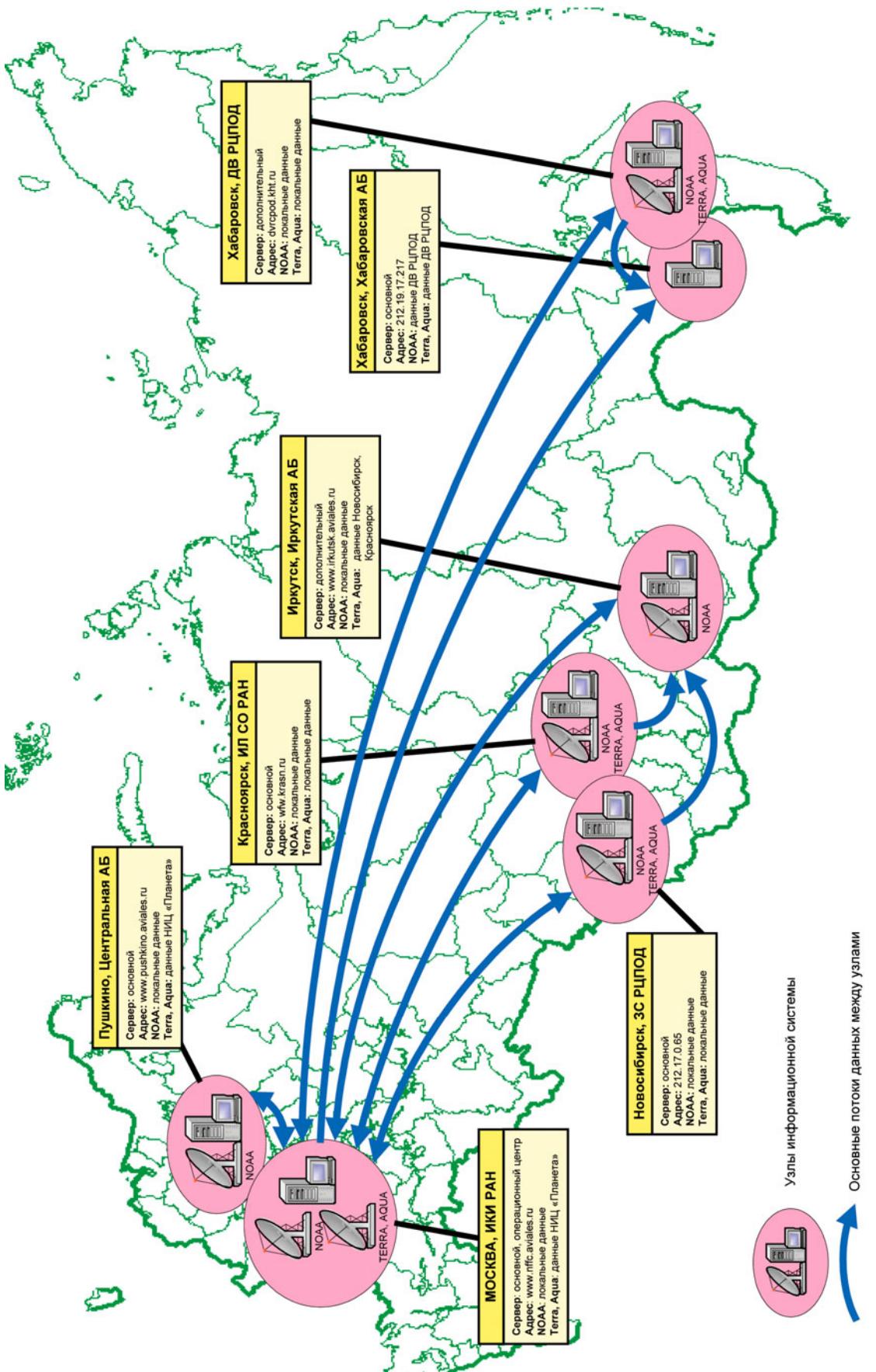


Рис 5. Схема расположения информационных серверов ИСДМ

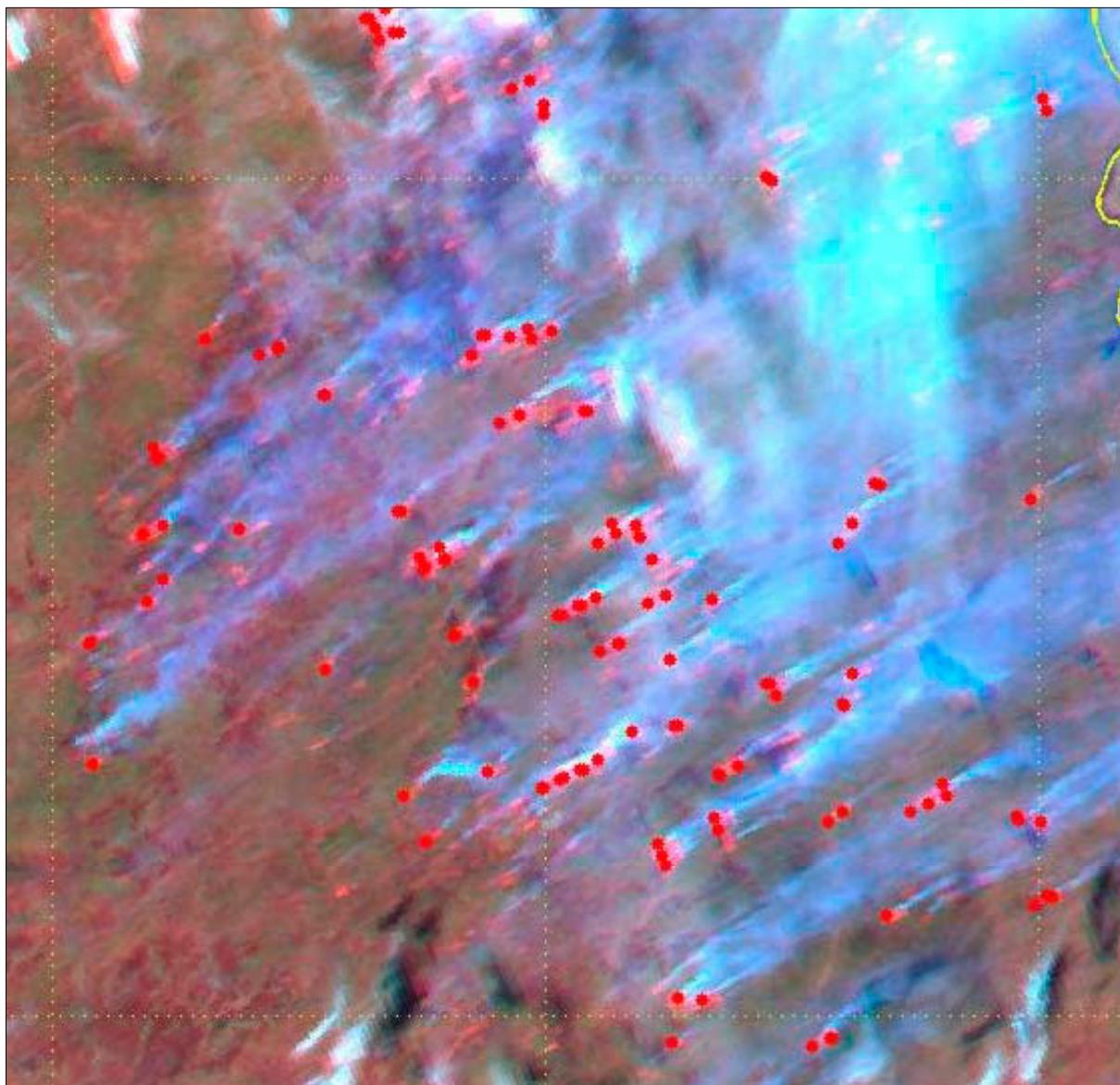


Рис 6. Пример ошибок, возникающих при детектировании пожаров по данным MODIS при помощи алгоритма MOD14. Ярко-красными кругами отмечены точки, которые были детектированы. На изображении также хорошо видны действующие пожары, которые были пропущены (розовый цвет)