

## **Возможности использования специализированного сервиса РЖД-SAT для решения задач мониторинга железнодорожной инфраструктуры**

**А.С. Василейский<sup>2</sup>, Е.А. Лупян<sup>1</sup>, А.И. Карелов<sup>2</sup>, Ю.С. Крашенинникова<sup>1</sup>,  
А.А. Прошин<sup>1</sup>, В.П. Саворский<sup>1,3</sup>, И.А. Уваров<sup>1</sup>, М.А. Щеглов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН  
Москва, 117997, Россия*

*E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru*

<sup>2</sup> *Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации,  
автоматизации и связи на железнодорожном транспорте  
Москва, 109029, Россия*

*E-mail: A.Vasileisky@vniias.ru*

<sup>3</sup> *Фрязинский филиал Института радиотехники и электроники  
им. В.А. Котельникова РАН  
Московская обл., г. Фрязино, 141190, Россия*

Методы спутникового дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут играть существенную роль в организации эффективного управления системами, обладающими пространственно распределенной инфраструктурой, обеспечивая оперативное получение информации о процессах и явлениях на территории ее расположения. К таким системам, безусловно, относится инфраструктура сети дорог ОАО «РЖД». В связи с быстрым ростом в последние десятилетия возможностей спутниковых систем, повышением доступности поступающей из них информации и развитием технологий ее использования появились технические возможности организации постоянного использования оперативно получаемой спутниковой информации для решения различных задач служб и хозяйств ОАО «РЖД». Для их реализации требуется создание специализированных технологий и систем работы с данными дистанционного мониторинга и информации, получаемой на их основе, в том числе увязка получаемой информации со специфическими пространственными данными, используемыми в штатно функционирующих информационных системах ОАО «РЖД», и создание специальных инструментов анализа данных дистанционного мониторинга для решения задач мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры. Созданию элементов такой технологии посвящен совместный проект Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН), ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС») и Филиала Института радиотехники и электроники Российской академии наук (ФИРЭ РАН), который выполнялся в 2013–2014 годах при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и ОАО «РЖД» (грант офи\_м\_РЖД 13-07-13168). Настоящая работа посвящена описанию созданного в рамках данного проекта действующего прототипа специализированного информационного сервиса РЖД-SAT, обеспечивающего получение и распределенную работу со спутниковой информацией для решения задач мониторинга железнодорожной инфраструктуры. В работе обсуждаются основные задачи и методические вопросы, связанные с возможностью использования сервиса для организации многоуровневого дистанционного мониторинга железнодорожной инфраструктуры. Представлены текущие возможности сервиса, его архитектура, особенности его построения, а также описаны примеры специализированных инструментов анализа спутниковых данных и результатов их обработки для решения задач мониторинга объектов железнодорожной инфраструктуры. В работе также обсуждаются возможности использования сервиса РЖД-SAT для организации оперативной интеграции в информационное пространство ОАО «РЖД» различной информации, получаемой на основе данных дистанционного мониторинга.

**Ключевые слова:** дистанционный мониторинг, технологии дистанционного зондирования Земли, методы обработки данных, данные спутниковой съемки, распределенные информационные системы, региональный мониторинг, глобальный мониторинг, архивы спутниковых данных, мониторинг пространственно распределенной инфраструктуры.

### **Введение и постановка задачи**

Методы спутникового дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут играть существенную роль в организации эффективного управления системами, обладающими пространственно распределенной инфраструктурой, обеспечивая оперативное получение

информации о процессах и явлениях на территории ее расположения. К таким системам, безусловно, относится инфраструктура железнодорожного транспорта ОАО «РЖД». В связи с быстрым ростом в последние десятилетия возможностей спутниковых систем, в том числе, с повышением доступности поставляемой ими информации и быстрым развитием технологий ее обработки и анализа, появились технические возможности для постоянного оперативного использования этой информации при решении различных задач служб и хозяйств ОАО «РЖД». Решению вопросов, связанных с возможностями использования методов и технологий дистанционного зондирования для решения задач мониторинга железнодорожной инфраструктуры, посвящено в последние годы много достаточно успешных работ (Железнов и др., 2010; Ревзон, 2014; Савостин и др., 2014; Щеглов и др., 2013).

Анализ результатов выполненных работ показал, что на основе возможностей современных дистанционных (в первую очередь спутниковых) систем наблюдения могут быть созданы эффективные методы использования получаемой информации при решении задач мониторинга как объектов железнодорожной инфраструктуры, так и состояния окружающей среды в зонах расположения таких объектов и их взаимного влияния друг на друга.

Проводимые работы показали, что методы и технологии спутникового ДЗЗ могут играть существенную роль в организации эффективного управления железнодорожной инфраструктурой, обеспечивая получение объективной информации о процессах и явлениях на территориях, примыкающих к железнодорожным линиям. В настоящее время эти технологии могут использоваться при решении ряда задач основной деятельности ОАО «РЖД», включая строительство новых и реконструкцию существующих инфраструктурных объектов, обеспечение безопасности движения, предотвращение и ликвидацию последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), контроль эффективного использования имущественного комплекса, снижение воздействия на экологическую ситуацию. При этом может обеспечиваться мониторинг развития потенциально опасных процессов и явлений с выработкой мер по созданию или модернизации защитной инфраструктуры, оперативное управление средствами реагирования на ЧС на основе достоверной оперативной информации и сформированных прогнозов развития опасных процессов, контроль ландшафтных изменений, связанных с хозяйственной деятельностью или естественными процессами, как в полосе отвода, так и на прилегающей территории.

Рассматривая возможности использования различных спутниковых систем для решения различных задач мониторинга инфраструктуры и районов ее расположения, следует учитывать, что спутниковые системы способны предоставлять информацию различного спектрального и пространственного разрешения. При этом возможности использования различных типов существующих съемочных систем для решения задач мониторинга имеют свои особенности, связанные с конструктивными ограничениями:

- системы низкого (километры) и среднего (сотни метров) пространственного разрешения сегодня потенциально (при благоприятных метеорологических условиях) позволяют наблюдать наземные объекты на заданной территории с еже-

дневной периодичностью (в том числе и несколько раз в день), и к данным этих систем обычно может быть организован оперативный и, во многих случаях, бесплатный доступ;

- системы высокого разрешения (порядка десятков метров) сегодня обычно обеспечивают периодичность наблюдений раз в несколько дней, и к данным значительного числа таких систем также может быть организован оперативный и, во многих случаях, бесплатный доступ;
- системы детального разрешения (метр и лучше) в настоящее время в основном обеспечивают низкую периодичность обзора. Поэтому для отдельных территорий, например, с помощью оптических систем, с учетом облачности данные могут быть получены всего несколько раз в год. Такие системы обычно являются практически либо специализированными (работают в интересах ограниченного круга пользователей), либо коммерческими, и расходы на получение информации с них бывают обычно достаточно высоки.

Отметим также, что с точки зрения работы с системами, обладающими возможностью наблюдения в различных спектральных диапазонах (панхроматические, мультиспектральные, гиперспектральные), наблюдаются практически те же качественные зависимости падения частоты повторения наблюдений при сильном увеличении числа спектральных каналов, в которых осуществляется съемка.

Также следует учитывать, что для работы со спутниковыми данными высокого пространственного разрешения требуются различные затраты на осуществление их сбора, обработки, хранения и распространения. Это в первую очередь связано с тем, что при увеличении пространственного разрешения квадратично увеличивается объем информации, требующей обработки, что в свою очередь приводит к повышению требований к комплексам сбора, обработки, хранения и распространения данных.

Эти особенности, безусловно, следует учитывать при организации мониторинга различных территорий и объектов. Поэтому, на наш взгляд, при построении крупных специализированных систем мониторинга, в которых необходимо получать как оперативную информацию о значительной территории, на которой расположены наблюдаемые объекты, так и детальную информацию по отдельным объектам следует использовать многоуровневую схему организации наблюдений. В рамках такой схемы мониторинг осуществляется с помощью систем ДЗЗ, обеспечивающих возможность регулярного, оперативного получения информации по всей территории и объектам, контролируемым системой мониторинга. На основе этой информации обеспечивается решение оперативных задач, в частности, своевременное выявление угроз наблюдаемым объектам, производится оперативная оценка состояния районов расположения объектов и выявляются объекты и территории, требующие детального наблюдения, изучения и контроля. По выбранным территориям, в рамках имеющихся у системы ресурсов, осуществляется контроль с использованием систем наблюдения, позволяющих получать детальную информацию об объектах и территориях их расположения.

Как показано в ряде работ (Железнов др., 2008, 2010; Ревзон, 2014; Савостин и др., 2014; Щеглов и др., 2013), данные ДЗЗ могут использоваться как для оперативного, обзорного мониторинга значительных территорий, на которых расположены объекты ОАО «РЖД», так и для детального контроля и анализа ситуации на отдельных участках. Поэтому система дистанционного мониторинга объектов инфраструктуры ОАО «РЖД», безусловно, должна строиться как многоуровневая. При этом в рамках «мониторинга обзорного уровня» (МОУ) должен проводиться регулярный, оперативный анализ информации о состоянии окружающей среды, получаемой для всех объектов ОАО «РЖД» на основе спутниковых данных низкого, среднего и высокого разрешения. С учетом информации, полученной при проведении МОУ, должно, в частности, производиться выделение объектов инфраструктуры ОАО «РЖД», которые расположены в зонах повышенного риска (например, в зонах, в которых наблюдаются максимальные изменения растительного покрова, в зонах регулярных подтоплений, в зонах интенсивного хозяйственного освоения и т.д.). В зонах выделенных объектов могут уже проводиться специализированные обследования и осуществляться их мониторинг с использованием спутниковых данных детального пространственного разрешения. В этих зонах фактически будет проводиться «мониторинг детального уровня» (МДУ). Следует отметить, что при необходимости и наличии средств МДУ может проводиться циклически (с периодом в несколько лет) по всем критически важным объектам инфраструктуры ОАО «РЖД», например, для актуализации базовой картографической информации в районах их расположения.

В настоящей работе мы остановимся на вопросах возможности реализации именно МОУ для решения задач мониторинга объектов инфраструктуры ОАО «РЖД». Как уже говорилось, благодаря наблюдающимся в последнее десятилетие снижению стоимости и росту доступности данных ДЗЗ (в первую очередь спутниковых), организация МОУ по всей территории расположения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» становится возможной и в целом может быть экономически оправдана. При создании МОУ может быть, в частности, решена задача организации эффективного, оперативного использования этих данных и результатов их обработки в различных службах и хозяйствах ОАО «РЖД», в том числе увязка спутниковой информации со специфическими пространственными данными, используемыми в штатно функционирующих в компании информационных системах (ИС).

Для реализации МОУ фактически необходимо обеспечить возможность работы с оперативно поступающей спутниковой информацией по всей территории расположения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» (значительной части территории России), организовать ее обработку для получения специализированных информационных продуктов, обеспечить возможность распределенного доступа к получаемой информации и реализовать специальные инструменты для ее анализа. Для согласованного решения всех этих задач, безусловно, необходимо создание специализированной информационной системы. Прототипом такой системы стал сервис РЖД-SAT (<http://rzd.geosmis.ru/>), задачи и возможности которого представлены в настоящей статье.

## Основные задачи, которые ставятся перед сервисом РЖД-SAT

Перед сервисом РЖД-SAT фактически ставились следующие основные задачи.

- **Организация автоматизированного оперативного получения информации, поступающей от различных систем спутникового ДЗЗ.** Поскольку создаваемая система должна быть ориентирована на обеспечение мониторинга протяженных территорий, требующих поступления значительных объемов информации, она должна максимально использовать возможности получения свободно распространяемых данных с минимальными затратами. Для этого система должна в основном ориентироваться на уже имеющуюся инфраструктуру получения спутниковых данных, т.е. на действующие центры приема и сервисы предоставления спутниковой информации и результатов ее обработки. В создаваемой системе могут использоваться как автоматизированные схемы получения базовых информационных продуктов из различных источников и формирования на их основе собственных архивов данных, так и получение информации из внешних сервисов в режиме реального времени по мере запросов ее пользователями через интерфейсы системы, обеспечивающие представление и анализ спутниковой информации и результатов ее обработки.
- **Организация поступления различной сопутствующей информации,** необходимой для осуществления мониторинга объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» и территории их расположения, например, метеоинформации и данных наземных наблюдений.
- **Формирование специализированных информационных продуктов,** необходимых для решения различных задач, связанных с наблюдением за объектами ОАО «РЖД». Такие продукты могут формироваться как в результате потоковой обработки данных, поступающих в систему, так и по запросу пользователей системы.
- **Организация системы распределенной работы с информацией,** в том числе, создание специализированных интерфейсов, позволяющих проводить анализ имеющейся в системе спутниковой информации, результатов ее обработки, а также сопутствующих данных, включая специальные инструменты анализа данных, ориентированных на решение отдельных задач служб компании.
- **Обеспечение возможности интеграции получаемой в системе информации с различными данными, использующимися в службах компании,** в том числе, увязка спутниковой информации с пространственными данными, используемыми в штатно функционирующих в ОАО «РЖД» информационных системах.

Следует также отметить, что система должна строиться таким образом, чтобы обеспечить максимальную возможность как по расширению состава информации (данных ДЗЗ, результатов их обработки и сопутствующей информации), использующейся в системе, так

и по расширению числа конкретных решаемых задач (методов и инструментов анализа данных). Кроме того, необходимо учитывать, что при построении системы должны быть учтены возможности организации в перспективе работы с данными, использующимися как на оперативном, так и на детальном уровнях мониторинга. В этом случае создаваемая система сможет в перспективе обеспечить возможность единообразного решения задач мониторинга различного уровня, реализуемого в компании.

### **Технологическая основа для реализации РЖД-SAT**

Как основа для создания сервиса РЖД-SAT были выбраны технологии и базовое программное обеспечение, разработанные в ИКИ РАН для создания различных специализированных систем дистанционного мониторинга (Андреев и др., 2004; Балашов и др., 2014; Егоров и др., 2004; Ефремов и др., 2004 (1), 2004 (2); Кашницкий и др., 2015; Лупян и др., 2004, 2011; Толпин и др., 2011). Эти технологии позволяют создавать максимально автоматизированные системы сбора, обработки, хранения информации, получаемой на основе данных ДЗЗ, а также обеспечивать возможности распределенной работы с ней специалистов, решающих различные прикладные задачи.

На основе указанных технологий сегодня создано и функционирует значительное число специализированных ИС, обеспечивающих дистанционный мониторинг различных природных и антропогенных объектов (Лупян и др., 2011). Из них особо отметим спутниковый сервис ВЕГА (<http://pro-vega.ru/>), предназначенный для решения задач дистанционного мониторинга растительного покрова (Лупян и др., 2011), единую систему работы с информацией центров приема и обработки спутниковых данных ФГБУ НИЦ «Планета» Росгидромета (<http://moscow.planeta.smislab.ru/>), обеспечивающую работу со спутниковой информацией для решения задач гидрометеорологии и оперативного мониторинга окружающей среды (Бурцев и др., 2012; Лупян и др., 2014) и информационную систему дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (<http://www.nffc.aviales.ru>), ориентированную в основном на проведение оперативного дистанционного мониторинга лесных пожаров на всей территории России (Барталев и др., 2010).

Следует особо отметить, что для того, чтобы избежать существенных затрат, требующихся при создании специализированных систем сбора и архивирования спутниковых данных, созданный сервис РЖД-SAT ориентирован на использование постоянно пополняющихся архивов спутниковой информации и результатов ее обработки, созданных в ИКИ РАН в составе системы Вега-Pro. При создании сервиса РЖД-SAT была также предусмотрена возможность онлайн получения информации, предоставляемой различными информационными системами, обеспечивающими работу с данными дистанционного мониторинга. Так, например, работа с продуктами, формируемыми на основе обработки данных российских спутниковых систем в сервисе РЖД-SAT, организована на базе воз-

возможностей, предоставляемых единой системой работы с информацией центров приема и обработки спутниковых данных ФГБУ НИЦ «Планета» Росгидромета. Все это позволило с одной стороны обеспечить системе РЖД-SAT доступ к большим объемам оперативно обновляющейся информации, а с другой – практически избежать затрат на организацию сбора, базовой обработки и хранения спутниковой информации. При этом, благодаря возможностям использованных базовых технологий, система РЖД-SAT организована таким образом, что она позволяет легко включать в себя дополнительные информационные ресурсы, как внутренние, так и внешние.

### **Архитектура системы и схема ее взаимодействия с информационными ресурсами ОАО «РЖД»**

Как уже отмечалось, при создании системы РЖД-SAT были максимально использованы возможности уже действующих в ИКИ РАН информационных сервисов и систем сбора, обработки и хранения данных. При реализации системы внимание, в основном, было сосредоточено на создании интерфейсов, обеспечивающих распределенную работу с данными по районам расположения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД». В том числе создавались специализированные инструменты, необходимые для анализа информации при решении задач мониторинга состояния инфраструктуры. Также необходимо было создать процедуры автоматизированной обработки данных для получения новых информационных продуктов, необходимых для проведения анализа ситуации в районах мониторинга (например, процедуры автоматического расчета угроз, связанных с природными пожарами, или процедуры расчета различных характеристик вдоль участков прохождения железных дорог).

Одной из основных особенностей создаваемой системы РЖД-SAT является то, что в ней должна быть обеспечена возможность проведения анализа информации, получаемой на основе данных дистанционного мониторинга, и служебной информации о различных объектах, использующейся различными службами ОАО «РЖД», которая не выходит за пределы Интранет сети передачи данных (СПД) компании. Поэтому необходимо было реализовать возможность получения информации и инструментов ее анализа, предоставляемых системе РЖД-SAT внутри СПД. Это позволило бы интегрировать на уровне интерфейсов информацию, получаемую из внешних источников, и служебную информацию различных служб.

С учетом перечисленных выше задач, стоящих перед системой РЖД-SAT, подходов и особенностей ее реализации была разработана архитектура системы, принципиальная схема которой приведена на *рис. 1*. Следует отметить, что предложенная архитектура позволила объединить уже имеющиеся у разработчиков РЖД-SAT информационные решения и ресурсы штатно эксплуатирующихся в компании ИС и минимизировать затраты на создание прототипа системы.

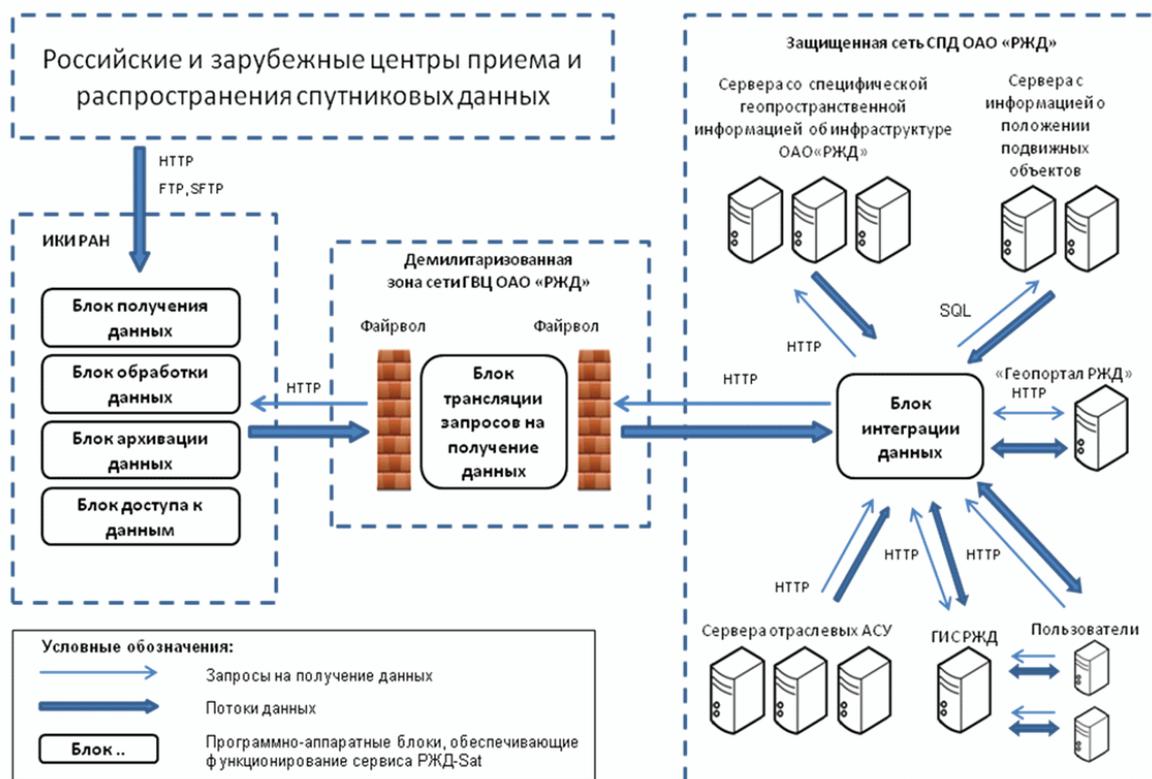


Рис. 1. Принципиальная схема реализации системы РЖД-SAT

### Информация, с которой в настоящее время позволяет работать ИС РЖД-SAT

Как уже отмечалось выше, в силу выбранных схем реализации ИС РЖД-SAT в настоящий момент ее пользователям доступна спутниковая и метеорологическая информация, а также результаты ее обработки, имеющиеся в постоянно обновляемых архивах системы Вега, и свободно распространяемая информация, предоставляемая объединенной системой работы с данными центров ФГБУ НИЦ «Планета». Достаточно подробно особенности и состав данной информации описаны в работах (Бурцев и др., 2012; Лупян и др. 2014), поэтому в настоящей работе мы не будем подробно останавливаться на ее описании. Отметим только, что ИС РЖД-SAT позволяет сегодня работать как с оперативно поступающей информацией, так и многолетними архивами данных (глубиной более 15 лет) по всей территории расположения объектов ОАО «РЖД». В частности, в системе доступна информация, получаемая на основе спутников серии NOAA, Meteor-M, Terra, Aqua, NPP, Landsat, Sentinel, Электро-Л и др.

В то же время, в интересах ИС РЖД-SAT была организована возможность работы со специальными информационными продуктами, ориентированными на анализ ситуации в районах протяженной железнодорожной инфраструктуры. Список и краткое описание таких информационных продуктов, описание продуктов, важных для ИС РЖД-SAT, но не обсуждавшихся в вышеупомянутых работах, а также базовых информационных источников

системы приведены в *табл. 1*. В *табл. 1* также указана частота обновления различных продуктов и наличие в системе их долговременных архивов.

Также особо следует обратить внимание, что для большинства информационных продуктов, доступных в настоящее время в ИС РЖД-SAT, реализованы автоматические процедуры их формирования и поступления в систему.

Таблица 1. Список основных специализированных информационных продуктов, доступных пользователям ИС РЖД-SAT

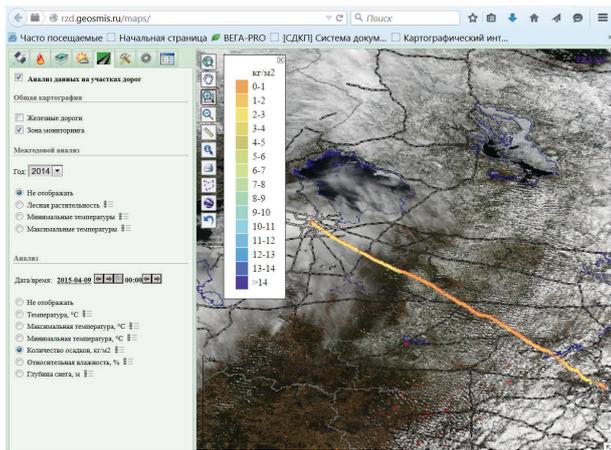
| <i>Название информационного продукта</i>  | <i>Краткое описание</i>  | <i>Частота обновления / наличие ретроспективных архивов</i>                               |
|---|--|---|
| Специализированная картографическая информация  |  |   |
| Общедоступные картографические слои   | Слой железных дорог, принадлежащих ОАО «РЖД»<br>Границы буферных зон (шириной 1, 5, 50 км) вдоль железных дорог, в которых осуществляется мониторинг процессов, потенциально влияющих на состояние инфраструктуры ОАО «РЖД»<br>Границы тестового участка (трасса Москва – Санкт-Петербург), используемого для отработки методик использования ИС РЖД-SAT | Эпизодически  |
| Информация, доступная только службам ОАО «РЖД», работающим с использованием СПД   | Информация, оперативно получаемая из информационных систем ОАО «РЖД», в том числе: пикетные и километровые отметки объекты для оценки угроз  | Оперативно по запросу транслируются из ИС ОАО «РЖД» для отображения в интерфейсах РЖД-SAT |
| Спутниковые данные и информационные продукты, получаемые на их основе   |  |   |
| Разновременной цветосинтез на основе безоблачных композитов за разные годы  | Формируется на основе безоблачных композитов данных спутников Landsat. Ориентирован на анализ изменений, происходящих в районах расположения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД»   | Ежегодно<br>Имеется архив с 2009 г.   |
| Карты распределения вероятности возникновения пожаров   | Рассчитывается на основе анализа данных о пожарах, детектированных с помощью приборов MODIS (Балашов и др., 2014)  | Ежегодно<br>Имеется архив с 2000 г.   |
| Угрозы от природных пожаров объектам инфраструктуры   | Рассчитываются на основе модели распространения пожаров, основанной на использовании информации о растительном покрове, полученной по спутниковым данным, информации о детектированных на основе спутниковых данных участках горения и метеорологической информации (Хвостиков и др., 2012)  | Ежедневно по мере детектирования пожаров в буферных зонах                                 |
| Спутниковые снимки из архивов ОАО «РЖД» (доступны только пользователям СПД)   | Данные спутниковой съемки, лицензированные для использования ОАО «РЖД»   | Эпизодически  |
| Информация, поступающая от российских спутниковых систем, предоставляемая объединенной системой доступа к данным ФГБУ НИЦ «Планета» | Информация, получаемая со спутников Ме-теор-М № 2, Электро-Л № 1, Канопус-В*, Ресурс-П № 1 и № 2*<br>*техническая возможность реализована, условия использования определяются по согласованию с поставщиком данных   | Ежедневно по мере обновления данных в системе ФГБУ НИЦ «Планета»                          |

|  |   |   |
|--|---|---|
| Информация о различных параметрах окружающей среды в буферных зонах вдоль железных дорог (для оценки состояния различных участков дорог) |   |   |
| Метеопараметры   | Температура, скорость и направление ветра, влажность, количество осадков, глубина снежного покрова и др.                  | Каждые 6 часов<br>Имеется архив с 2000 г. |
| Состояние растительного покрова  | Рассчитывается на основе карт, сформированных по спутниковым данным   | Ежегодно<br>Имеется архив с 2000 г.       |
| Рельеф   | Рассчитан на основе данных SRTM и ASTER v2  | По мере обновления данных о рельефе       |
| Вероятность возникновения природных пожаров.   | Рассчитывается с использованием карт вероятности возникновения природных пожаров (см. выше)                               | Ежегодно<br>Имеется архив с 2000 г.       |
| Специальная информация ОАО «РЖД»   |   |   |
| Информация об объектах ОАО «РЖД» (например, дислокации пожарных поездов). Доступна только пользователям СПД ОАО «РЖД»                    | Оперативно получается из ИС ОАО «РЖД»   | По мере обновления данных в ИС ОАО «РЖД»  |
| Отчетные формы   |   |   |
| Формы с отчетами о наблюдающихся пожарах в районах расположения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД»  | Формируются по результатам оперативного автоматизированного детектирования пожаров с использованием данных приборов MODIS | Не менее 4 раз в день                     |

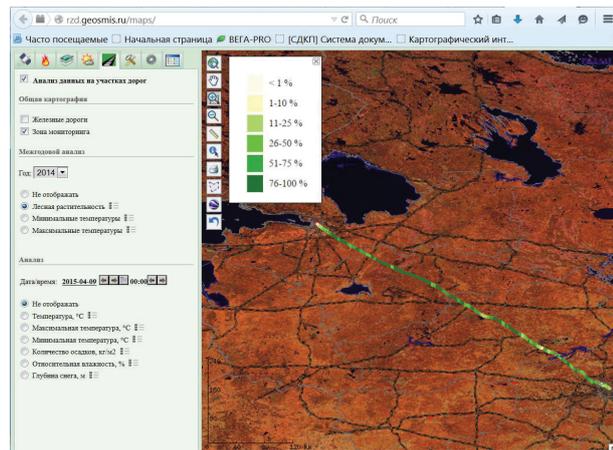
### Инструменты анализа информации в ИС РЖД-SAT

Для организации доступа и анализа информации, имеющейся в ИС РЖД-SAT, в системе реализованы различные интерфейсы работы с данными. Эти интерфейсы рассчитаны на возможность распределенной работы с информацией и созданы на основе современных web-технологий.

Поскольку система в основном рассчитана на работу с пространственной информацией, фактически основными реализованными в ней интерфейсами являются картографические web-интерфейсы, созданные на основе технологии GEOSMIS (Толпин и др., 2011). Эти интерфейсы позволяют не только выбирать и получать наборы необходимой пользователю информации, но и проводить ее анализ. Они позволяют пользователю выполнять как достаточно простые операции с информацией (например, проводить преобразование проекций, контрастирование, аннотирование и т.д.), так и осуществлять различные операции, связанные с полномасштабным анализом изображений (классификацию, выявление изменений на разновременных изображениях, анализ временных и спектральных рядов и т.д.). В ИС РЖД-SAT фактически реализован набор возможностей работы с информацией, характерный для спутниковых сервисов семейства Вега и описанных, в частности, в работах (Кашницкий, 2015; Лупян и др., 2014; Лупян и др., 2011).



а



б

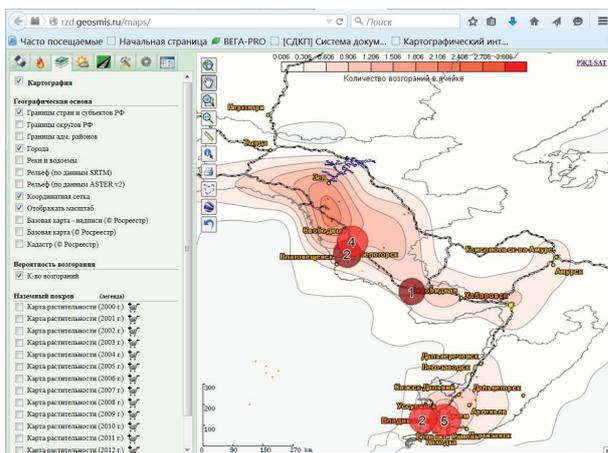
Рис. 2. Примеры интерфейсов для анализа различных состояний окружающей среды в буферных полосах вдоль железнодорожной трассы Москва - Санкт-Петербург. а) - распределение осадков вдоль трассы Москва - Санкт-Петербург 9.04.2015 на фоне спутниковых изображений облачности, б) распределение лесистости на фоне безоблачного композита данных, полученных со спутников серии Landsat, за вегетационный период 2014 года

Кроме стандартных возможностей в ИС РЖД-SAT есть специальные инструменты работы с информацией, которые могут быть необходимы для анализа ситуаций, возникающих в районах расположения объектов ОАО «РЖД». В настоящей работе мы кратко остановимся на некоторых примерах таких возможностей, связанных в основном с работой со специализированными информационными продуктами, которые обсуждались в предыдущем разделе.

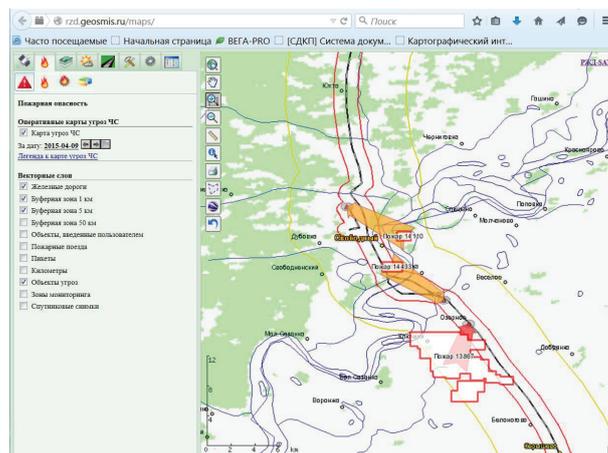
В частности, в системе реализованы возможности совместного отображения спутниковых и метеорологических данных с информацией, получаемой из служебных ИС ОАО «РЖД», это позволяет анализировать ситуацию в районах расположения как объектов инфраструктуры, так и районах дислокации подвижных объектов, например, пожарных поездов, и делает информацию, предоставляемую системой, достаточно легко воспринимаемой специалистами компании.

В картографических интерфейсах также реализовано отображение различных специализированных информационных продуктов, получаемых на основе спутниковой и метеорологической информации. Примеры отображения такой информации приведены на рис.2, где представлены варианты отображения информации о различных параметрах окружающей среды в буферных зонах вдоль железных дорог. Наличие таких возможностей позволяет достаточно просто оценивать состояние территорий по которым проходят железные дороги. При этом могут оцениваться как медленно меняющиеся характеристики территории (например, лесистость), так и достаточно быстро меняющиеся метеоусловия. Возможность проведения таких оценок может быть необходима, в частности, при выявлении опасных участков, требующих детального контроля и мониторинга.

Как пример возможности работы с информацией о потенциально опасных явлениях, которые могут угрожать объектам инфраструктуры ОАО «РЖД», в картографических интерфейсах реализована возможность анализа информации об угрозах, возникающих от



а



б

Рис. 3. Интерфейсы анализа угроз для объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» от природных пожаров: а) интерфейс для интегральной оценки угроз, возникших 9.04.2015 объектам инфраструктуры в Дальневосточном регионе на фоне карты вероятности возникновения пожаров на разных территориях, б) детальный анализ угроз от конкретных пожаров, действующих в районе г. Свободный 9.04.2015



Рис. 4. Пример результатов анализа изменений в лесах в районе прохождения Байкало-Амурской магистрали путем разновременного синтеза. Красный - рубки 2012-2013 годов, зеленый - рубки 2010-2011 годов, голубой - рубки 2009 года

природных пожаров. Примеры таких интерфейсов приведены на рис. 3. Они позволяют анализировать информацию как на обзорном уровне, так и информацию в зоне действия конкретных пожаров. Следует также отметить, что информация об угрозах, связанных с действием природных пожаров, в системе представляется не только в картографических интерфейсах, но и в автоматически формируемых отчетных формах.

Как уже отмечалось, в картографических интерфейсах имеются и достаточно сложные инструменты анализа данных. В частности, они позволяют проводить анализ ландшафтных изменений, происходящих в окрестностях объектов ОАО «РЖД», пример результатов такого анализа приведен на *рис. 4*. На нем выделены места, где на протяжении нескольких лет происходили сильные изменения в лесном покрове (в данном случае – рубки), которые в случае их близости к железнодорожному пути могут существенно влиять на его состояние, поскольку могут, например, приводить к изменениям гидрологического режима или активизации эрозионных процессов.

Отметим также, что кроме системы интерактивных интерфейсов в ИС РЖД-SAT реализованы также и программные интерфейсы доступа к данным, которые позволяют оперативно интегрировать информацию, имеющуюся в системе, в специализированные ИС ОАО «РЖД».

### Заключение

В настоящее время ИС РЖД-SAT проходит опытную апробацию, первые результаты которой показали, что выбранный базовый подход к построению системы, который основывался на максимальном использовании уже имеющихся постоянно обновляющихся информационных ресурсов, позволил в очень ограниченные сроки реализовать действующий прототип системы для работы с актуальной информацией дистанционного мониторинга по всей территории расположения объектов инфраструктуры ОАО «РЖД». При этом в силу достаточно большой открытости и гибкости выбранной архитектуры построения системы удалось не только реализовать специальные инструменты работы с данными в интересах мониторинга протяженной инфраструктуры ОАО «РЖД», но и обеспечить возможность интеграции информации, предоставляемой системой, с информацией, имеющейся в корпоративных ИС. Все это на наш взгляд показывает, что выбранные решения могут быть использованы при организации информационной системы дистанционного мониторинга объектов компании. В частности, как показывает проводимая опытная апробация, созданный прототип может быть достаточно быстро доработан до промышленного блока, обеспечивающего в интересах ОАО «РЖД» мониторинг обзорного уровня.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ и ОАО «РЖД» (грант офи\_м\_РЖД 13-07-13168). В работе также использовались инструменты анализа данных, созданные при поддержке проекта РФФИ 13-07-12116 офи\_м .

### Литература

1. Андреев М.В., Ефремов В.Ю., Луян Е.А., Мазуров А.А., Наглин Ю.Ф., Прошин А.А., Флитман Е.В. Построение интерфейсов для организации работы с архивами спутниковых данных удаленных пользователей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004. № 1. С. 514–520.
2. Балашов И.В., Луян Е.А., Барталев С.А., Суднева О.А., Толпин В.А., Стыценок Ф.В. Возможности оценки вероятности возникновения лесных пожаров на различных территориях на основе многолетних спутниковых наблюдений // Двенадцатая всероссийская открытая конференция «Современные

- проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва. ИКИ РАН, 10–14 ноября 2014. Тезисы докладов. 2014. С. 97.
3. *Балашов И.В., Халикова О.А., Бурцев М.А., Лупян Е.А., Матвеев А.М.* Организация автоматического получения наборов информационных продуктов из центров архивации и распространения спутниковых и метеоданных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2013. Т. 10. № 3. С. 9–20.
  4. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е.* Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз) // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2010. Т. 7. № 2. С. 97–105.
  5. *Бурцев М.А., Антонов В.Н., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Милехин О.Е., Прошин А.А., Соловьев В.И.* Система работы с распределенными архивами результатов обработки спутниковых данных центров приема НИЦ «Планета» // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2012. Т. 9. № 5. С. 55–76.
  6. *Егоров В.А., Ильин В.О., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Флитман Е.В.* Возможности построения автоматизированных систем обработки спутниковых данных на основе программного комплекса XV\_SAT // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2004. № 1. С. 431–436.
  7. *Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Технология построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2004. № 1. С. 437–443.
  8. *Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Управление и контроль работоспособности систем автоматизированной обработки спутниковых данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2004. № 1. С. 467–475.
  9. *Железнов М.М., Василейский А.С., Макаров И.Ю.* Мониторинг потенциально опасных воздействий на железнодорожную инфраструктуру с использованием космических систем ДЗЗ // *Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта*. 2010. № 6. С. 16–19.
  10. *Железнов М.М., Сазонов Н.В., Василейский А.С.* Спутниковый мониторинг потенциально-опасных участков железнодорожного пути // 4-я Международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения», Москва, 12–13 марта 2008 г. Материалы конференции. М.: Информационное агентство «ГРОМ», 2008. С. 54–56.
  11. *Кашицкий А.В., Балашов И.В., Лупян Е.А., Толпин В.А., Уваров И.А.* Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2015. Т. 12, № 1. С. 156–170.
  12. *Лупян Е.А., Барталев С.А., Толпин В.А., Жарко В.О., Крашенинникова Ю.С., Оксюкевич А.Ю.* Использование спутникового сервиса ВЕГА в региональных системах дистанционного мониторинга // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2014. Т. 11. № 3. С. 215–232.
  13. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Технология построения автоматизированных информационных систем сбора, обработки, хранения и распространения спутниковых данных для решения научных и прикладных задач // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2004. № 1. С. 81–88.
  14. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В., Крашенинникова Ю.С.* Технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т. 8. № 1. С. 26–43.
  15. *Лупян Е.А., Милехин О.Е., Антонов В.Н., Крамарева Л.С., Бурцев М.А., Балашов И.В., Толпин В.А., Соловьев В.И.* Система работы с объединенными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «ПЛАНЕТА» // *Метеорология и гидрология*. 2014. № 12. С. 89–97.
  16. *Лупян Е.А., Савин И.Ю., Барталев С.А., Толпин В.А., Балашов И.В., Плотников Д.Е.* Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т.8. № 1. С.190–198.
  17. *Ревзон А.Л.* Возможности использования материалов аэрокосмической съемки для оценки природных рисков при проектировании и строительстве линейных сооружений // *Геориск*. 2014., № 2. С. 54–59.
  18. *Савостин А.А., Алейников А.А., Михайлов С.И., Василейский А.С.* Методика тематической обработки данных спутниковой съемки при мониторинге экзогенных воздействий на железнодорожную инфраструктуру / Труды третьей научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2014). М.: ОАО «НИИАС», 2014. С. 137–141.
  19. *Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т.8. № 3. С.93–108.
  20. *Хвостиков С.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А.* Региональная оптимизация параметров прогнозной модели природных пожаров и оперативное моделирование динамики их развития с использованием данных спутниковых наблюдений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, 2012. Т. 9. № 3. С.91–100.
  21. *Щеголов М.А., Василейский А.С., Карелов А.И.* Выявление несанкционированных переходов железнодорожных путей по данным спутниковых снимков высокого разрешения // Труды второй научно-технической конференции Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте ИСУЖТ 2013. М.: ОАО «НИИАС», 2013. С.156–158.

# Possibilities of using the specialized RZD-SAT service for solving the problems of the railway infrastructure monitoring

A.S. Vasileisky<sup>2</sup>, E.A. Loupian<sup>1</sup>, A.I. Karelov<sup>2</sup>, Yu.S. Krasheninnikova<sup>1</sup>,  
A.A. Proshin<sup>1</sup>, V.P. Savorskiy<sup>1,3</sup>, I.A. Uvarov<sup>1</sup>, M.A. Shcheglov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Space Research Institute RAS, Moscow, 117997, Russia

E-mail: smis@smis.iki.rssi.ru

<sup>2</sup> JSC Research & Design Institute for Information Technology, Signalling  
and Telecommunications on Railway Transport  
Moscow 109029, Russia

<sup>3</sup> Kotel'nikov Institute of Radioengineering and Electronics RAS, Fryazino Dept.  
Moscow region, Fryazino 141190, Russia

The satellite Earth remote sensing (ERS) methods can play a significant role in the effective management organization for the systems having spatially distributed infrastructure. ERS methods provide prompt acquisition of information concerning the processes and phenomena on the territory of the system's location. Such systems definitely include Russian Railways (JCS RZD) railway network. The technical possibility of organizing a permanent real-time use of satellite data for solving various tasks in JCS RZD branches and services has become available due to rapid growth in recent decades of the satellite systems' capabilities, increasing availability of ERS data and data processing technologies. Their implementation requires the development of specialized technologies and systems for remote monitoring data and derived information processing, including harmonization of the obtained information with specific spatial data used in framework of Russian Railways' information systems functioning. It also requires the creation of special data analysis tools for remote monitoring to solve the tasks of railway infrastructure monitoring. The creation of the elements of this technology was the aim of the joint project of Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (IKI), JSC «Research & Design Institute for Information Technology, Signalling and Telecommunications on Railway Transport» (JSC NIIAS) and the Branch of the Radioelectronics Institute of the Russian Academy of Sciences (FIRE RAS), which was conducted in 2013–2014 with support of the Russian Fund for Basic Research (RFBR) and JSC RZD (grant no. ofi\_m\_RZD 13-07-13168). The hereby paper is devoted to the description of the functioning prototype of the specialized information service RZD-SAT created in framework of the project. It provides acquisition and distributed satellite data processing to meet the requirements of the railway infrastructure monitoring. The paper discusses the main challenges and methodological issues related to the possibility of using the service for the organization of multi-level remote monitoring of railway infrastructure. Current capabilities of the service, its architecture, its construction features and examples of specialized tools for analysis of satellite data and derived products for railway infrastructure monitoring are described in the paper. The paper also discusses the possibility of using the RZD-SAT service to arrange the integration of various information obtained from the immediate remote monitoring data into the information space of JSC RZD.

**Keywords:** remote monitoring, Earth remote sensing technologies, data processing methods, satellite data, distributed information systems, regional monitoring, global monitoring, satellite data archives, spatially distributed infrastructure monitoring.

## References

1. Andreev M.V., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Mazurov A.A., Naglin Yu.F., Proshin A.A., Flitman E.V. Postroenie interfeisov dlya organizatsii raboty s arkhivami sputnikovykh dannykh udalennykh pol'zovateleia (Development of Interfaces for Remote User Operations with Satellite Data Archives), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 514–520.
2. Balashov I.V., Loupian E.A., Bartalev S.A., Sudneva O.A., Tolpin V.A., Stytsenko F.V. Vozmozhnosti otsenki veroyatnosti vozniknoveniya lesnykh pozharov na razlichnykh territoriyakh na osnove mnogoletnykh sputnikovykh nablyudenii (Assessment possibility of forest fires probability in various areas on the basis of long-term satellite observations), *Dvenadtsataya vserossiiskaya otkrytaya konferentsiya «Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa»* (The 12th all-Russia Open Conference "Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space"), Moscow, 10–14 November 2014, Book of abstracts, pp. 97.
3. Balashov I.V., Khalikova O.A., Burtsev M.A., Loupian E.A., Matveev A.M. Organizatsiya avtomaticheskogo polucheniya naborov informatsionnykh produktov iz tsentrov arkhivatsii i rasprostraneniya sputnikovykh i me-teodannykh (Organization of automatic data acquisition from satellite and meteorological data and distribution centers), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2013, Vol.10, No. 3, pp. 9–20.
4. Bartalev S.A., Ershov D.V., Korovin G.N., Kotel'nikov R.V., Loupian E.A., Shchetinskiy V.E. Osnovnye vozmozhnosti i struktura informatsionnoi sistemy distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM Rosleskhoz) (The Main Functionalities and Structure of the Forest Fire

- Satellite Monitoring Information System of Russian Federal Forestry Agency (ISDM-Rosleshoz), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol.7, No. 2, pp. 97–105.
5. Bourtsev M.A., Antonov V.N., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Kramareva L.S., Loupian E.A., Mazurov A.A., Matveev A.M., Milekhin O.E., Proshin A.A., Solov'ev V.I. Sistema raboty s raspredelennymi arkhivami rezul'tatov obrabotki sputnikovykh dannykh tsentrov priema NITS "Planeta" (Distributed Satellite Data Processing Products Archives Operation System in the SRC "Planeta" Centres), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 55–76.
  6. Egorov V.A., Il'in V.O., Loupian E.A., Mazurov A.A., Flitman E.V. Vozmozhnosti postroeniya avtomatizirovannykh sistem obrabotki sputnikovykh dannykh na osnove programmnoy kompleksa XV SAT (Possibilities of Developing Automated Satellite Data Processing Systems on the Basis of XV SAT Software Package), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 431–436.
  7. Efremov V.Yu., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V. Tekhnologiya postroeniya avtomatizirovannykh sistem khraneniya sputnikovykh dannykh (Technology for Construction of Automated Systems for Satellite Data Storage), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 437–443.
  8. Efremov V.Yu., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V. Upravlenie i kontrol' rabotosposobnosti sistem avtomatizirovannoy obrabotki sputnikovykh dannykh (Operation Control and Management of Distributed Satellite Data Processing Systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 467–475.
  9. Zheleznov M.M., Vasileisky A.S., Makarov I.Yu. Monitoring potentsial'no opasnykh vozdeystviy na zheleznodorozhnyuyu infrastrukturu s ispol'zovaniem kosmicheskikh sistem DZZ (Monitoring of Potentially Dangerous Effects on the Railway Infrastructure with the Use of Satellite Remote Sensing Systems), *Bulletin of the Research Institute of Railway Transport*, 2010, No. 6, pp. 16–19.
  10. Zheleznov M.M., Sazonov N.V., Vasileisky A.S. Sputnikovyi monitoring potentsial'no-opasnykh uchastkov zheleznodorozhnogo puti (Satellite Monitoring of Potentially Dangerous Sections of Railway Track), *Geoprostranstvennyye tekhnologii i sfery ikh primeneniya*, (Geospatial Technologies and Areas of Their Applications), 4th International Scientific and Practical Conference, Moscow, March 12–13, 2008, Proceedings, "GROM" information agency, 2008, pp. 54–56.
  11. Kashnitskiy A.V., Balashov I.V., Loupian E.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A. Sozdanie instrumentov dlya udalennoy obrabotki sputnikovykh dannykh v sovremennykh informatsionnykh sistemakh (Development of software tools for satellite data remote processing in contemporary information systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 156–170.
  12. Loupian E.A., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Zharko V.O., Krasheninnikova Yu.S., Oksyukevich A.Yu. Ispol'zovanie sputnikovogo servisa VEGA v regional'nykh sistemakh distantsionnogo monitoringa (VEGA satellite service applications in regional remote monitoring systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, Vol. 11, No. 3, pp. 215–232.
  13. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V. Tekhnologiya postroeniya avtomatizirovannykh informatsionnykh sistem sbora, obrabotki, khraneniya i rasprostraneniya sputnikovykh dannykh dlya resheniya nauchnykh i prikladnykh zadach (Development of Automated Information Systems for Scientific and Application Tasks), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004, No. 1, pp. 81–88.
  14. Loupian E.A., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Flitman E.V., Krasheninnikova Yu.S. Tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Technologies for Building Remote Monitoring Information Systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 26–43.
  15. Loupian E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N., Kramareva L.S., Bourtsev M.A., Balashov I.V., Tolpin V.A., Solov'ev V.I. Sistema raboty s ob'edinennymi informatsionnymi resursami, poluchaemymi na osnove sputnikovykh dannykh v tsentrakh NITS "PLANETA" (The satellite data based joint information resources management system in the data centers of RC "Planeta"), *Meteorology and Hydrology*, 2014, No. 12, pp. 89–97.
  16. Loupian E.A., Savin I.Yu., Bartalev S.A., Tolpin V.A., Balashov I.V., Plotnikov D.E. Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti («VEGA») (Satellite Service for Vegetation Monitoring VEGA), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol.8, No. 1, pp. 190–198.
  17. Revzon A.L. Vozmozhnosti ispol'zovaniya materialov aerokosmicheskoy s'emki dlya otsenki prirodnykh riskov pri proektirovani i stroitel'stve lineinykh sooruzhenii (Possibility of using aerospace survey data to assess the natural risks in design and building of linear construction), "Georisk", 2014, No. 2, pp. 54–59.
  18. Savostin A.A., Aleinikov A.A., Mikhailov S.I., Vasileisky A.S. Metodika tematiceskoy obrabotki dannykh sputnikovoy s'emki pri monitoringe ekzogennykh vozdeystviy na zheleznodorozhnyuyu infrastrukturu (Satellite imagery thematic processing methods in the monitoring of exogenous impacts on railway infrastructure), *Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte. Komp'yuternoe i matematicheskoe modelirovanie* (Intelligent Control Systems for Rail Transport. Computer and Mathematical Modeling), Proceedings of the Third Scientific Conference with international participation (ICSRT-2014), Moscow, JSC NIIAS, 2014, pp. 137–141.
  19. Tolpin V.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Uvarov I.A., Flitman E.V. Sozdanie interfeisov dlya raboty s dannymi sovremennykh sistem distantsionnogo monitoringa (sistema GEOSMIS) (The GEOSMIS System: Developing Interfaces to Operate Data in Modern Remote Monitoring Systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No 3, pp. 93–108.
  20. Khvostikov S.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Loupian E.A. Regional'naya optimizatsiya parametrov prognoznoy modeli prirodnykh pozharov i operativnoye modelirovanie dinamiki ikh razvitiya s ispol'zovaniem dannykh sputnikovykh nablyudenii (Regional Scale Optimization of Wildfire Model Parameters and Modeling of Wildfire Dynamic Using Remote Sensing Data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 91–100.
  21. Shcheglov M.A., Vasileisky A.S., Karelov A.I. Vyyavlenie nesanktsionirovannykh perekhodov zheleznodorozhnykh putei po dannym sputnikovykh snimkov vysokogo razresheniya (Identification of Unauthorized Crossings of Railways According to High Resolution Satellite Images), *Intellektual'nye sistemy upravleniya na zheleznodorozhnom transporte* (Intelligent Control Systems for Rail Transport), Proceedings of the Second Scientific Conference, (ICSRT-2013), Moscow, JSC NIIAS, 2013, pp. 156–158.