

Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды

Е.А. Лупян, А.А. Прошин, М.А. Бурцев, И.В. Балашов, С.А. Баргалева,
В.Ю. Ефремов, А.В. Кашницкий, А.А. Мазуров, А.М. Матвеев,
О.А. Суднева, И.Г. Сычугов, В.А. Толпин, И.А. Уваров

*Институт космических исследований РАН
Москва, 117997, Россия
E-mail: andry@iki.rssi.ru*

Работа посвящена описанию архитектуры и возможностей созданного в Институте космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг», предназначенного для обеспечения доступа специалистов, ведущих различные научные и исследовательские проекты, к архивам спутниковых данных и информации, получаемой на их основе, а также к инструментам для их обработки и анализа. Актуальность создания такого центра обусловлена в первую очередь тем, что для решения многих научных и прикладных задач в настоящее время активно применяются технологии дистанционного зондирования. В силу постоянного расширения возможностей спутниковых систем наблюдения Земли, для эффективного их применения уже нельзя использовать традиционные пути организации работы с данными дистанционного мониторинга, когда для каждого исследовательского проекта фактически создавалась собственная система сбора, обработки и анализа данных на основе часто ограниченных ресурсов отдельных исследовательских групп и организаций. В то же время современные технологии распределенной работы с данными позволяют развивать новые подходы, не только обеспечивающие удаленный поиск и выбор информации, необходимой для решения конкретных исследований, но и создающие инструменты для распределенного ее анализа для решения различных научных задач. Именно для внедрения современных возможностей работы с данными дистанционного зондирования в 2012 г. в ИКИ РАН и был создан ЦКП «ИКИ-Мониторинг», описанию основных задач и возможностей которого и посвящена настоящая работа. В ней также рассматриваются основные принципы и архитектура его построения и обсуждаются базовые технические решения, обеспечившие возможность создания центра и его развития. В работе также обсуждаются вопросы перспектив развития центра.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, спутниковые данные, информационная система, система коллективного пользования, долговременные ряды спутниковых данных, сверхбольшие массивы данных

Введение

Для решения многих исследовательских и прикладных задач, связанных с мониторингом природной среды и антропогенных объектов, необходим доступ к большим многолетним архивам спутниковых данных, различным информационным продуктам, получаемым на их основе, а также к вычислительным ресурсам, позволяющим проводить их анализ и обработку. При этом, в рамках реализации отдельных тематических проектов, создание эффективной и порой очень дорогостоящей инфраструктуры, обеспечивающей возможность работы с данными современных систем дистанционного наблюдения Земли, далеко не всегда возможно. В то же время современные технологии позволяют реализовывать принципиально новые возможности организации работы со спутниковой информацией, обеспечивающие эффективное коллективное использование достаточно дорогостоящих вычислительных ресурсов центров сбора, обработки и представления данных дистанционного зондирования. Именно на базе таких новых технологий и подходов в 2012 г. создан Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа данных спутниковых наблюдений ИКИ РАН,

предназначенный для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды – ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

В настоящей работе рассматриваются основные задачи, принципы и подходы к построению ЦКП, описывается его архитектура и обсуждаются основные особенности и технические решения его реализации. Также кратко рассматривается опыт использования ЦКП для решения различных задач и приводятся основные перспективы его развития.

Основные задачи и требования к ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

ЦКП «ИКИ-Мониторинг» функционирует на базе разработанного в ИКИ РАН программно-аппаратного комплекса, в рамках которого реализуется целый ряд автоматизированных блоков, обеспечивающих решение базовых задач, связанных с организацией работы с данными дистанционного зондирования. К таким задачам в первую очередь следует отнести следующие.

- Сбор спутниковых данных различного уровня обработки из центров их приема и обработки. В том числе возможность онлайн получения информации из различных источников.
- Проведение потоковой обработки данных для формирования различных информационных продуктов в формате, обеспечивающим удобный и достаточно быстрый удаленный доступ к ним.
- Ведение архивов спутниковой информации и результатов их обработки, позволяющее эффективно организовывать доступ к данным для решения локальных и распределенных задач.
- Поддержка механизмов эффективного распределенного доступа к спутниковой информации и результатам ее обработки.
- Предоставление различных возможностей, позволяющих проводить обработку и анализ данных с использованием распределенных вычислительных ресурсов (в том числе web-инструментов).

При разработке программно-аппаратного комплекса ЦКП «ИКИ-Мониторинг» к нему предъявлялись следующие основные требования:

- автоматизация всех операций получения, обработки и архивации спутниковых данных;
- возможность масштабирования системы при наращивании количества различных типов спутниковых данных и их объемов;
- максимальное использование ПО, разработанного в ИКИ РАН, а также свободно распространяемого ПО;
- организация вычислительных ресурсов комплекса на основе использования достаточно недорогих аппаратных решений, позволяющих проводить их поэтапную замену и наращивание;

- обеспечение возможности эффективного управления и контроля работоспособности работы комплекса.

Архитектура построения ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

Программно-аппаратный комплекс ЦКП «ИКИ-Мониторинг» построен на основе технологий и базового программного обеспечения (созданных в отделе «Технологии спутникового мониторинга» ИКИ РАН), которые более пятнадцати лет разрабатывались и совершенствовались при решении задач, связанных с созданием и развитием научных и прикладных систем дистанционного мониторинга (Лупян и др., 2004, 2011, 2015; Миклашевич и др., 2012). Общая архитектура построения ЦКП «ИКИ-Мониторинг» приведена на *рис. 1*. Ниже мы кратко рассмотрим основные задачи подсистем комплекса, особенности их реализации, а также опишем особенности их взаимодействия (основные потоки данных).

Подсистема сбора данных предназначена для получения исходных спутниковых данных и информационных продуктов, получаемых на основе их обработки из различных источников, в качестве которых могут выступать центры распространения спутниковых данных, центры приема и обработки спутниковых данных, а также другие организации, предоставляющие доступ к находящимся у них спутниковым данным. Основным достоинством реализованной подсистемы является полная автоматизация процессов получения спутниковых данных. Следует отметить, что с этой целью нами были разработаны подходы, позволяющие достаточно однотипным образом создавать автоматизированные процедуры получения информации из различных источников (Балашов и др., 2013; Лупян и др., 2012).

Подсистема архивации данных отвечает за архивацию поступающих в центр спутниковых данных и обеспечивает возможность проведения архивации данных различных уровней обработки. Она также предоставляет спутниковые данные для проведения последующих обработок. Разработанная в ИКИ РАН технология построения архивов спутниковых данных (Антонов и др., 2010; Балашов и др., 2008; Ефремов и др., 2004а) позволяет унифицировать задачи архивации самых разных типов спутниковых данных, отличающихся как по пространственному разрешению и методике хранения, так и по набору описывающих их атрибутов. Основными функциональными особенностями системы являются:

- обеспечение достаточно быстрого поиска и выбора необходимой информации для представления в интерактивных интерфейсах работы с данными;
- обеспечение возможности автоматизированного выбора наборов данных для проведения их автоматизированной обработки;
- поддержку распределенного хранения данных, включая взаимодействие с внешними удаленными архивами данных.

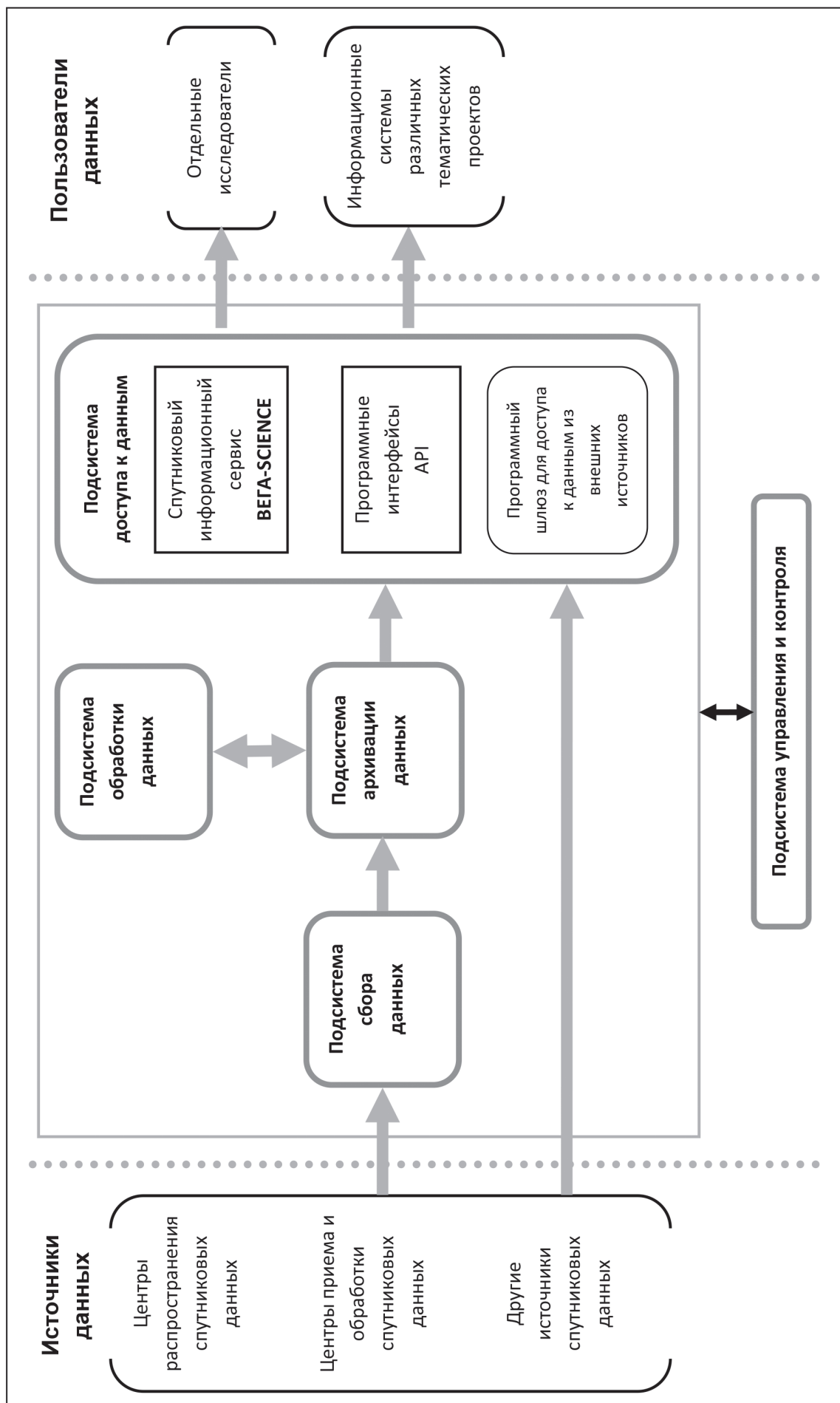


Рис. 1. Общая архитектура построения ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

Подсистема обработки данных предназначена для проведения полностью автоматизированной обработки спутниковых данных. Она обеспечивает потоковую оперативную обработку данных, поступающих в ЦКП «ИКИ-Мониторинг» из различных источников, а также позволяет проводить их автоматизированную обработку при построении различных информационных продуктов, имеющихся в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг». Для проведения обработки используется достаточно большой пул компьютеров, который может легко наращиваться или сокращаться в зависимости от текущих конкретных задач системы. При этом, с увеличением объемов обрабатываемой информации, количества реализуемых цепочек обработки спутниковых данных и числа задействованных компьютеров, наиболее остро встают вопросы управления и контроля. Для решения выше перечисленных задач в ЦКП «ИКИ-Мониторинг» используются специализированные методы, разработанные в ИКИ РАН (Егоров и др., 2004; Кобец и др., 2015; Лупян и др., 1994; Лупян, Саворский, 2012), которые обеспечивают централизованное управление и распределенный контроль процессов обработки. Это позволило реализовать достаточно надежную систему обработки, в которой используются десятки компьютеров.

Подсистема обеспечения доступа к данным реализует три основных функциональных блока: спутниковый информационный сервис «ВЕГА-SCIENCE» для доступа удаленных пользователей к информации, предоставляемой центром (сервис семейства Вега (Барталев и др., 2012; Лупян и др., 2014; Толпин и др., 2011), программные интерфейсы для доступа к данным из тематических информационных систем и программный шлюз, предоставляющий доступ к физически располагаемым во внешних архивах спутниковым данным. Ключевым преимуществом реализованных в центре решений (Кашницкий и др., 2015) является поддержка достаточно сложных инструментов для работы со спутниковыми данными на базе различных специализированных web-интерфейсов. Многие из таких инструментов анализа и обработки до недавнего времени были доступны только в специализированных локальных (настольных) и достаточно дорогостоящих комплексах анализа спутниковой информации.

Подсистема управления и контроля предназначена для обеспечения бесперебойного функционирования центра коллективного пользования и позволяет решать следующие основные задачи:

- управление автоматическим запуском всех процедур по работе с данными;
- диспетчеризация потоков данных;
- контроль за выполнением всех процедур по работе с данными;
- контроль за своевременным поступлением данных в архивы;
- контроль за состоянием компьютеров и их доступностью;
- документирование программных и аппаратных компонент системы;
- детектирование сбоев и ошибок в работе системы и сопровождение процесса их устранения.

Основной особенностью этой подсистемы является максимально автоматизированный контроль достаточно большого числа процессов, задействованных на разных

этапах работы ЦКП «ИКИ-Мониторинг», и реализация распределенных инструментов контроля и управления ЦКП «ИКИ-Мониторинг» с помощью развитой системы web-интерфейсов.

Сведения о реализации

Реализация ЦКП «ИКИ-Мониторинг» основана на использовании технологий и программного обеспечения, разработанных в отделе «Технологии спутникового мониторинга» ИКИ РАН (Лупян и др., 2004, 2011, 2015).

Для обеспечения работы ЦКП «ИКИ-Мониторинг» создан программно-аппаратный комплекс, базовая конфигурация которого описана в (Миклашевич и др., 2012). Технические возможности комплекса в последние годы постоянно расширяются. При этом количество компьютеров, используемых для решения той или иной задачи, может варьироваться в зависимости от потребностей. Так, при возрастании объемов данных возникает необходимость в увеличении числа серверов, используемых для хранения данных, при увеличении нагрузки на подсистему обработки – в увеличении числа станций обработки, а при возрастании нагрузки на подсистему доступа – в увеличении числа станций, предназначенных для динамического формирования информационных продуктов. На начало 2015 г. вычислительный комплекс ЦКП «ИКИ-Мониторинг» включал в себя более чем 20 серверов, решающих задачи хранения и представления данных и более 20 серверов и рабочих станций, обеспечивающих их постоянную автоматическую обработку. Суммарный объем дискового пространства серверов, обеспечивающих хранение и online доступ к спутниковым данным и результатам их обработки, составляет примерно 0,8 петабайт.

Вычислительные средства, используемые в ЦКП «ИКИ-Мониторинг», могут работать под управлением различных операционных систем в зависимости от решаемых ими задач. Средства, обеспечивающие работу систем сбора, архивации и предоставления доступа к данным, а также решение задач контроля и управления элементами системы, реализованы в основном под управлением ОС FreeBSD, а специфические задачи обработки – под ОС Linux. Комплексы, осуществляющие автоматизированную потоковую обработку данных, работают обычно под управлением различных ОС Windows. В последние годы в центре также реализованы различные системы поддержки виртуализации, что позволяет в ряде случаев достаточно оперативно проводить переконфигурацию ресурсов системы для оптимизации ее под решение текущих задач.

Решение различных задач, возникающих в работе ЦКП «ИКИ-Мониторинг», осуществляется на основе базового программного обеспечения, созданного и развиваемого в ИКИ РАН (Лупян и др., 2011, 2015). Прежде всего это касается программного обеспечения серверов, реализованного с использованием различных языков программирования (C++, Perl, JavaScript, и др.). В качестве СУБД используется MySQL или MariaDB, а в качестве HTTP-сервера – Apache.

Ниже мы остановимся на основных особенностях реализации подсистем, обеспечивающих работу ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Подсистема сбора данных реализована на базе созданного в ИКИ РАН программного обеспечения Proc_download, предназначенного для получения требуемых спутниковых данных из различных источников в сети Интернет (Балашов и др., 2013; Лупян и др., 2012). Важной особенностью реализованного программного обеспечения является возможность работы в полностью автоматизированном режиме, для чего, в частности, был реализован механизм автоматического формирования заказов на получение данных. При необходимости скачивание спутниковых данных производится в многопоточном режиме одновременно на группе серверов. Для контроля за процессом получения спутниковых данных ежедневно формируются отчеты, которые становятся доступны операторам системы через специализированные web-интерфейсы или могут автоматически направляться им по электронной почте. Полная автоматизация процессов обработки данных позволяет сегодня поддерживать постоянное поступление в ЦКП «ИКИ-Мониторинг» огромных объемов информации. Так, например, в сентябре 2015 г. в центр ежедневно поступало более 1500 различных спутниковых данных и информационных продуктов, получаемых на их основе. Следует также отметить, что созданная система позволяет достаточно быстро налаживать получение новой информации, необходимой для решения задач конкретных проектов.

Подсистема архивации данных Подсистема реализована на базе разработанной в ИКИ РАН технологии построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных и созданного программного пакета ArcSmis (Антонов и др., 2010; Балашов и др., 2008; Ефремов и др., 2004а; Лупян и др. 2015). В рамках этой технологии для работы с архивами, содержащими файлы данных, используется программный пакет FDB (File Data Base), обеспечивающий согласованное изменение метаданных и содержимого файлового хранилища. Хранение файлов данных в архиве реализуется на основе распределенного файлового хранилища, представляющего из себя набор серверов хранения с дисковыми массивами RAID 6, объединенных в единое логическое пространство при помощи протокола NFS. Базы данных преимущественно расположены на выделенных серверах с быстрой файловой системой. В системе реализовано регулярное резервное копирование баз данных. Резервные копии самих файлов данных делаются только выборочно, так как для этого требуются большие ресурсы хранения.

Подсистема обработки данных Программная реализация основана на разработанных в ИКИ РАН технологиях (Егоров и др., 2004; Кобец и др., 2015; Лупян и др., 1994, 2012) и созданного специализированного программного пакета ProcSmis. Он предназначен для решения широкого спектра задач по обработке спутниковых данных. При этом функционал программного пакета постоянно расширяется путем добавления модулей, отвечающих за новые типы обработки. Пакет ProcSmis однотипно устанавливается на станции под управлением ОС Windows.

В последние годы для проведения потоковой обработки данных также активно используется и различное свободно распространяемое программное обеспечение, ориентированное

на обработку спутниковых и других изображений. Например, такие программные пакеты как GDAL, GRAS GIS, Proj, Imager, libpng, libjpeg и др. Это, в частности, позволяет задействовать в процессах обработки не только специально выделенные сервера и рабочие станции, но и возможности серверов сбора и хранения данных, работающих под управлением ОС UNIX.

Управление процессами обработки спутниковых данных реализуется на базе серверов, формирующих задания на обработку, включающих в себя инструкции по обработке данных и сам набор требуемых данных. Система легко масштабируется как при добавлении новых обработчиков, так и при их выходе из строя, что не приводит к прекращению обработки поступающих исходных данных. Реализована централизованная система управления заданиями на обработку данных и контроля за их выполнением на основе специализированного веб-интерфейса.

Подсистема обеспечения доступа к данным реализована на основе разработанных в ИКИ РАН технологий и программных комплексов (Балашов и др., 2009; Ефремов и др., 2004 (1); Кашницкий и др., 2015; Толпин и др., 2011). Ключевой технологией, позволяющей создавать многофункциональные веб-интерфейсы, предназначенные не только для поиска и выбора необходимых пользователям наборов данных, но и для проведения их анализа и обработки с использованием распределенных вычислительных ресурсов, является технология GeoSmis (Носенко, Лошкарев, 2010). Эта технология позволяет организовывать доступ к информации о наличии данных и получать доступ к самим данным на основе программных сервисов, построенных по технологии SMISWMS, базирующейся на стандарте WMS. Доступ к новым типам данных реализуется путем добавления модулей доступа. Для увеличения скорости доступа такие сервисы, как правило, устанавливаются на группу серверов, запросы между которыми распределяет выделенный сервер архивации спутниковых данных. Ключевой особенностью реализованных сервисов получения данных является поддержка динамического формирования требуемых информационных продуктов на основе базовых, содержащихся в архиве, а также поддержка различных инструментов для анализа (Балашов и др., 2009; Кашницкий и др., 2015). Для доступа к данным, находящимся во внешних архивах, реализован специальный программный шлюз. Особо следует также отметить, что для расширения возможностей организации распределенной работы с данными в ИКИ РАН была реализована специальная технология, позволяющая создавать различные веб-интерфейсы для анализа и обработки спутниковой информации, находящейся в сверхбольших распределенных архивах, с использованием удаленных вычислительных ресурсов (Кашницкий и др., 2015).

В рамках ЦКП «ИКИ-Мониторинг» в настоящее время реализуются три основных варианта работы с данными.

1. Доступ к данным на основе использования спутникового информационного сервиса «ВЕГА-Science» (<http://sci-vega.ru>), предназначенного для получения, обработки и анализа спутниковых данных и информации, полученной на их основе (Барталев и др., 2012; Лупян и др., 2014; Толпин и др., 2011). Сервис ориентирован на решение различных научных задач. Он, в частности, предоставляет пользователям возможность работы с картографическими веб-интерфейсами, позволяя получать доступ к сверхбольшим распределенным архивам данных и инструмен-

там для работы с ними. В рамках этих интерфейсов в настоящее время реализован целый ряд достаточно сложных инструментов для анализа данных, таких, как классификация изображений, их сегментация и синтез изображений и т.д.. При этом пользователям не требуется установка на свои компьютеры специального дорогостоящего программного обеспечения, необходимого для проведения анализа спутниковой информации.

2. Интеграция на базе использования специальных программных интерфейсов, реализованных в виде расширенных wms-сервисов, данных архивов ЦКП «ИКИ-Мониторинг» в информационные системы, создаваемые в интересах конкретных научных проектов. Важно отметить, что эти сервисы позволяют не только получить доступ к данным архивов, но и работать с инструментами для их анализа.
3. Поточковая передача данных в другие информационные системы. Этот механизм используется в тех случаях, когда есть необходимость в физической передаче их в другие информационные системы. Как правило, требуемые данные передаются в другие информационные системы в полностью автоматическом режиме по протоколам FTP, SFTP.

Подсистема управления и контроля также реализована на базе технологий и программного обеспечения, разработанных в ИКИ РАН (Балашов и др., 2010, 2011; Ефремов и др., 2004б; Мамаев и др. 2008). Задачи управления и контроля решаются на базе использования созданного в ИКИ РАН программного обеспечения ControlSmis. Базовым элементом этого ПО является программный пакет PMS (Process Monitoring System), предназначенный для контроля за выполнением отдельных процедур как на серверах, так и на станциях обработки. Компоненты этого пакета устанавливаются на все сервера и станции обработки. Для решения задач документирования компонент программно-аппаратного комплекса, детектирования и сопровождения ошибок и сбоев в работе системы и многих других задач, связанных с управлением и контролем за работой комплекса в целом, используется разработанная в ИКИ РАН система документирования и контроля (СДКП). Диспетчеризация потоков данных реализована на базе запатентованного ПО DataDispSmis, основой которого является программный пакет DDS (Data Distribution System). В рамках ЦКП «ИКИ-Мониторинг» также реализована система контроля за состоянием серверов хранения, которая позволяет получить детальную информацию о наполнении серверов, наличии свободного места, состоянии дисковых массивов, производительности файловых систем, а также оценить скорости возрастания объемов архивов, что необходимо для прогнозирования потребности в расширении парка серверов.

Архивы данных ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

На настоящий момент ЦКП «ИКИ-Мониторинг» обеспечивает возможность доступа пользователей к архивам данных, имеющим фактически уникальное для отечественных ресур-

сов временное и пространственное покрытие. На текущий момент основная область покрытия регулярными спутниковыми данными, доступными через ЦКП «ИКИ-Мониторинг», составляет около 25% площади поверхности суши Земли. В эту область входит вся Северная Евразия, включая арктические территории, приграничные моря России, а также ряд регионов в Африке, Азии, Северной и Южной Америке, наблюдаемых в рамках международных проектов. Для ряда данных, таких как метеоинформация и информация о пожарах, доступно регулярное глобальное покрытие. Также потенциально, благодаря возможности получения информации из единой системы работы с данными ФГБУ «НИЦ «Планета» (Лупян и др., 2014), пользователи имеют возможность работы с глобальными покрытиями данных, получаемых некоторыми российскими системами наблюдений (например, системой МСУ-МР, установленной на спутнике Метеор М № 2 http://www.ntsomz.ru/ks_dzz/satellites/meteor_m).

На наш взгляд достаточно важно, что в архивах центров имеются достаточно однородные ряды данных различных приборов. Так, например, пользователям системы доступны данные, получаемые спутниками Landsat с 1984 г. А хорошо очищенные и нормализованные данные приборов MODIS, установленных на спутниках Terra и Aqua, имеются в архивах центра с февраля 2000 г.

В *табл. 1* приводится информация о спутниковых данных и информационных продуктах, полученных на основе их обработки, которые доступны пользователям ЦКП «ИКИ-Мониторинг» непосредственно в архивах центра или в архивах данных объединенной системы работы с данными центров «НИЦ «Планета» (Бурцев и др., 2012; Лупян и др., 2014). Доступ к информации, размещенной в этих центрах, организован в рамках соглашения Росгидромета и РАН договора между ИКИ РАН и НИЦ «Планета» об организации доступа к спутниковой информации для выполнения научных проектов и программ.

Представленная в *табл. 1* информация сгруппирована по спутникам, приборам и типам спутниковых данных и информационным продуктам, получаемым на основе их обработки. Для каждого типа данных указывается диапазон имеющихся в архиве данных, количество сцен, суммарный объем данных и средняя скорость поступления данных в архивы. Курсивом обозначены типы данных, к которым не реализован непосредственно доступ из интерфейсов системы Vega-Science. Как правило, такие данные используются при проведении потоковой обработки для формирования базовых информационных продуктов. В тоже время эта информация может предоставляться в информационные системы конкретных проектов с использованием описанных выше интерфейсов для работы с архивами ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Кроме спутниковых данных и продуктов их обработки в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг» содержатся также и некоторые другие типы информации, используемые при решении задач мониторинга окружающей среды. В частности, в рамках центра поддерживаются архивы метеоданных в формате NCEP, получаемые из Национального центра атмосферных исследований США (NCAR) <https://ncar.ucar.edu/> В архиве содержатся метеоданные с 2000 г. по настоящее время по всему земному шару, относящиеся к следующим типовым наборам:

ds093.0/ds094.0 -- данные реанализа на регулярной сетке с шагом 0,5 градуса;

ds335.0 -- данные прогноза на регулярной сетке с шагом 1 градус.

Таблица 1. Архивы спутниковых данных ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (состояние на 1 августа 2015 г.)

Спутники	Приборы	Тип данных (уровень обработки)	Источник данных	Диапазон дат	Кол-во сеансов (сцен)	Объем продуктов (Тб)	Средняя скорость поступления ГБ/день
LANDSAT 4 LANDSAT 5 LANDSAT 7 LANDSAT 8	TM ETM+ OLI OLI_TIRS	Поканальные данные (L1B)	USGS	1984-03-14	907042	216	207
		Тематические продукты (L2):	ИКИ РАН	1989-06-03-	582216	71	66
		• Данные по тепловым аномалиям;					
		• Вегетационные индексы;					
• Данные по облачности;							
		Сезонные и годовые композиты (L3)	ИКИ РАН	1987-12-30	90	5	6
EO-1	HYPERION	Поканальные данные (L1B)	ESA	2001-05-03	14026	5	2
ORBVIEW-3	ORBVIEW-3	Поканальные данные (L1B)	GeoEye	2003-09-17 2007-03-04	80435	20	30
		Поканальные данные MOD02, MOD03, MOD09, MYD02, MYD03, MYD09 по пятиминутным фрагментам пролёта (L1B)	LANCE	Хранятся данные за последние 10 дней	-	-	85
AQUA TERRA	MODIS	Тематические продукты по данным LANCE (L2):	ИКИ РАН	2012-03-25-	107926	52	80
		• Изображения по следующим каналам прибора: 1, 2, 3, 5, 7, 20, 31, 32					
		• Вегетационный индекс					
		• Маска облачности					
		• Детектирование льда					
		• Детектирование пепла					
		• Цветосинтезированные изображения					
		Накопленные суточные данные MOD09, MYD09 (L1B)	USGS	2000-02-24 -	918192	92	33
		Очищенные накопленные суточные данные на основе MOD09, MYD09 (L1B)	ИКИ РАН	2000-02-24 -	3178857	46	11

		<p>Многодневные каналные композиты (L3):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Недельные; • 4-дневные; • Месячные; • Сезонные; 	ИКИ РАН	68,508 шт	288885	6	-
		<p>Многодневные композиты вегетационных индексов NDVI, PVI (L3):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Недельные; • 4-дневные; • Месячные; • Сезонные; 	ИКИ РАН	2000-02-24 -	98668	1,5	-
		<p>Интерполированные многодневные композиты вегетационных индексов NDVI, PVI (L4):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Недельные; • 4-дневные; 	ИКИ РАН	2000-02-24 -	96514	2	-
		Данные по горям (L3)	ИКИ РАН	с 2004 г.	-	-	-
		Данные по повреждениям растительности (L3)	ИКИ РАН	с 2004 г.	-	-	-
		Данные по пожарам (L3)	ИКИ РАН	с 2000 г.	-	-	-
SENTINEL-1	C-SAR	Поканальные данные (L1B)	ESA	2014-10-03	17326	18	52
ENVISAT	ASAR	Поканальные данные (L1B)	ESA	2002-10-28 2012-04-08	26171	6	-
ERS	SAR	Поканальные данные (L1B)	ESA	2009-02-13 2011-07-04	458	.04	-
		Поканальные данные (L1B)	ИКИ РАН	Данные хранятся за последние 10 дней	-	-	0.2
NOAA 15 NOAA 16 NOAA 18 NOAA 19	AVHRR	<p>Тематические продукты (L2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Изображения по следующим каналам прибора: 1, 2, 13, 14, 15 • Цветосинтезированные изображения 	ИКИ РАН	2012-12-24-	4685	.4	.4

«Канопус-В» №1	ПСС	Поканальные данные (L1B)	ФГБУ НИЦ «Планета»	2011-12-30	12727	2.1	5
	МСС	Поканальные данные (L1B)		2011-12-30	16649	.5	1.2
«Ресурс-П» №1,2	КШМСА-СР	Поканальные данные (L1B)	ФГБУ НИЦ «Планета»	2013-11-13	29	.01	.02
	КШМСА-ВР	Поканальные данные (L1B)		2014-03-23	1080	1	2.6
	ГЕОТОН	Поканальные данные (L1B)		2014-06-03	575	.5	1.5
«Метеор-М» №1, 2	МСУ-МР	Тематические продукты (L2): • Изображения по следующим каналам прибора: 4,5,6 • Детектирование пелла • Цветосинтезированные изображения	ФГБУ НИЦ «Планета»	2014-03-07-	64571	4	10
	КМСС100-1 КМСС100-2 КМСС50	Поканальные данные (L1B)	ФГБУ НИЦ «Планета»	2011-10-01-	175793	18	39
	SEVIRI МСУ-ГС	Тематические продукты (L2): • Изображения по инфракрасному каналу • Изображения по видимому каналу	ФГБУ НИЦ «Планета»	2013-05-24	366	.05	.13
TERRA AQUA	MODIS	Поканальные данные MOD02, MOD03, MOD09, MYD02, MYD03, MYD09 по сеансам (L1B)	ФГБУ НИЦ «Планета»	Хранятся данные за последние 10 дней	-	-	6

			ФГБУ НИЦ «Планета»	2011-10-12-	127127	63	103
		Тематические продукты (L2):	<ul style="list-style-type: none"> • Изображения по следующим каналам прибора: 1, 2, 3, 5, 7, 20, 31, 32 • Вегетационный индекс • Маска облачности • Детектирование льда • Детектирование пепла • Цветосинтезированные изображения 				
Suomi NPP	VIIRS	Тематические продукты (L2):	<ul style="list-style-type: none"> • Изображения по следующим каналам прибора: 4, 12, 15, 16 • Цветосинтезированные изображения 	2012-07-02-	10940	3	7
NOAA 15 NOAA 16 NOAA 18 NOAA 19	AVHRR	Тематические продукты (L2):	<ul style="list-style-type: none"> • Изображения по следующим каналам прибора: 1, 2, 13, 14, 15 • Цветосинтезированные изображения 	2014-03-01-	20410	13	3

Как уже отмечалось, информационные ресурсы, доступные пользователям ЦКП «ИКИ-Мониторинг», постоянно (ежедневно) пополняются благодаря полностью автоматизированному поступлению данных новых наблюдений и различных информационных продуктов. При этом также постоянно расширяется состав информации, доступный пользователям центра.

Отметим, что на середину 2015 г. суммарная скорость пополнения архивов доступных пользователям ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (архивы ИКИ РАН и НИЦ «Планета») приближается к 1 Тбт/сутки, а объем информации находящейся в непосредственном доступе в 1 Птб.

Опыт использования возможностей ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

Возможности, предоставляемые ЦКП «ИКИ-Мониторинг», используются сегодня различными научными коллективами и проектами. Так, например, по состоянию на конец августа 2015 г. пользователями, выполняющими различные научные проекты, являлось более 20 научных организаций и групп.

Возможности центра активно используются для решения задач различных проектов, поддерживаемых Российским научным фондом, Российским фондом фундаментальных исследований и Министерством образования и науки. В частности, они были использованы для выполнения следующих проектов РНФ (14-17-00389), РФФИ (11-07-12026-офи-м, 11-07-12028-офи-м, 13-07-00513, 13-07-12017, 13-07-12116, 13-07-12180, 13-05-41420-рго-а, 13-07-13168-офи-м, 14-05-20238, 14-35-10137), Минобрнауки (14.515.11.0007, 14.515.11.0014, 14.515.11.0030, 14.515.11.0011).

Инфраструктура и архивы данных, накопленных в ЦКП «ИКИ-Мониторинг», используются сегодня для проведения работ по созданию и обеспечению следующих специализированных информационных систем, создающихся в интересах различных научных проектов.

- Информационная система «VEGA-GEOGLAM» (<http://vega.geoglam.ru/>), разрабатываемая в рамках проекта SIGMA. Целью системы является обеспечение участников международного проекта SIGMA, ориентированного на разработку методов и технологий дистанционного сельскохозяйственного мониторинга в интересах создания глобальной системы мониторинга сельского хозяйства <http://geoglam-scop-monitor.org/>, инструментами анализа данных дистанционных наблюдений.
- Информационная система «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» VolSatView (<http://volcanoes.smlab.ru/>). Основной задачей системы является обеспечение специалистов-вулканологов оперативными спутниковыми данными и различными информационными продуктами, получаемыми на основе их обработки, для мониторинга и изучения вулканической активности Камчатки и Курил (Гирина и др., 2015; Гордеев и др., 2015; Ефремов и др., 2012). Система создавалась и развивается в рамках проектов РФФИ (11-07-12026-офи-м, 13-07-12180).

- Спутниковый сервис See the Sea (STS, <http://ocean.smislab.ru/>) – это информационная система, ориентированная на работу с данными спутниковых наблюдений для решения междисциплинарных задач исследования Мирового океана (Лупян и др., 2012; Митягина и др., 2013; Mityagina et al., 2014). Особое внимание в системе уделяется возможности работы с данными спутниковой радиолокации. Система призвана обеспечить специалистов, работающих в области исследования Мирового океана, возможностью одновременной работы с различными видами спутниковой информации и удобным инструментарием, позволяющим проводить ее комплексный анализ. Система создавалась и развивается в рамках проектов РФФИ (11-07-12025-офи-м, 13-07-12017).

ЦКН «ИКИ-Мониторинг» также использовался для проведения разработок методов обработки и анализа спутниковых данных, которые в дальнейшем были внедрены в различные прикладные информационные системы дистанционного мониторинга. В том числе в:

- Информационную систему дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства ИСДМ Рослесхоз (<http://www.pushkino.aviales.ru>) (Барталев и др., 2009, 2010; Ефремов и др., 2011), предназначенную для сбора информации о пожарах по всей территории России, сбора информации о состоянии окружающей среды, подготовки информационных продуктов для анализа пожарной обстановки и последствий пожаров и оперативного распространения накопленной информации.
- Отраслевую информационную систему мониторинга Федерального агентства рыбного хозяйства (ОСМ Росрыболовства) (<http://osm.smislab.ru/>) ориентированную на получение информации о деятельности промысловых судов (Марченков и др., 2012).

Заключение

Таким образом, в ИКИ РАН удалось создать и поддерживать уникальный инструмент, обеспечивающий возможность эффективной работы с данными дистанционного мониторинга Земли для решения различных научных и исследовательских задач. Несмотря на то, что центр функционирует всего три года, его возможностями уже пользуется значительное число научных организаций и проектов. Фактически центр позволил многим проектам избежать необходимости создания собственной достаточно дорогостоящей инфраструктуры для обеспечения эффективного использования возможностей современных систем дистанционного мониторинга. На основе использования возможностей, предоставляемых ЦКП «ИКИ-Мониторинг», в настоящее время успешно функционирует целый ряд различных научных информационных систем.

По объемам данных, находящимся в online доступе в ЦКП «ИКИ-Мониторинг», он входит сегодня в первую десятку мировых центров предоставления доступа к информа-

ции дистанционного мониторинга. По реализованному функционалу, обеспечивающему распределенный анализ и обработку данных, он является ведущим центром в России и конкурирует с наиболее передовыми мировыми системами (GOOGLE EARTH ENGINE, EOSDIS(NASA), ESA, CNSA, EORC(JAXA)).

С целью дальнейшего развития центра коллективного пользования спутниковыми данными в настоящее время ведутся работы по следующим основным направлениям.

- Интеграция с ресурсами различных информационных систем, в том числе с Единой территориально-распределенной информационной системой дистанционного зондирования Земли (ЕТРИС ДЗЗ) (Носенко, Лошкарев, 2010).
- Создание новых инструментов для анализа и обработки спутниковых данных.
- Совершенствование системы управления распределенной обработки данных.
- Расширение возможностей и унификации подходов по ведению сверхбольших распределенных архивов данных.
- Разработка системы обучения специалистов для работы с новыми технологиями дистанционного мониторинга.

Работы по созданию и развитию ЦКП «ИКИ-Мониторинг» выполнялись при поддержке Российской академии наук (тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164). Разработка информационных продуктов, используемых в составе центра для оценки состояния лесов, выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект №14-17-00389).

Литература

1. Антонов А.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Калашников А.В., Крамарева Л.С., Крашенинникова Ю.С., Лупян Е.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Флитман Е.В. Построение объединенного каталога распределенных архивов спутниковых данных различных центров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 2. С. 84–89.
2. Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Толпин В.А. Построение архивов результатов обработки спутниковых данных для систем динамического формирования производных информационных продуктов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Выпуск 5. Т. 1. С. 26–31.
3. Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Толпин В.А. Построение систем, обеспечивающих динамическое формирование комплексных информационных продуктов на основе данных дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Выпуск 6. Т. 2. С. 513–520.
4. Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Мазуров-мл. А.А., Мамаев А.С., Матвеев А.М., Прошин А.А. Особенности организации контроля и управления распределенных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 161–166.
5. Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Мазуров-мл. А.А., Мамаев А.С., Матвеев А.М., Прошин А.А. Организация контроля за функционированием распределенных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 4. С. 34–41.
6. 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.
7. Барталев С.А., Бурцев М.А., Егоров В.А., Ефремов В.Ю., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Щетинский В.Е. Использование данных высокого пространственного разрешения в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Выпуск 6. Т. 1. С. 88–95.
8. 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.

9. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Лупян Е.А., Толпин В.А.* Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 49–56.
10. *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.
11. *Гирина О.А., Лупян Е.А., Гордеев Е.И., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Сорокин А.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Уваров И.А., Нухдаев А.А., Верхотуров А.Л., Романова И.М., Крамарева Л.С., Королев С.П., Чибисова М.В.* Изучение извержений вулканов Камчатки и Курил с помощью информационной системы VolSatView // Геодинамические процессы и природные катастрофы. Опыт Нефтегорска: Всероссийская научная конференция с международным участием, Южно-Сахалинск, 26–30 мая 2015 г.: сборник материалов. В 2-х томах. Владивосток: Дальнаука, 2015. Т. 2. С. 200–202.
12. *Гордеев Е.И., Гирина О.А., Лупян Е.А., Кашицкий А.В., Уваров И.А., Ефремов В.Ю., Маневич А.Г., Сорокин А.А., Верхотуров А.Л., Романова И.М., Крамарева Л.С., Королев С.П.* Изучение продуктов извержений вулканов Камчатки с помощью гиперспектральных спутниковых данных в информационной системе VolSatView // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 113–128.
13. *Егоров В.А., Ильин В.О., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин 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. Выпуск 1. С. 431–436.
14. *Ефремов В.Ю., Балашов И.В., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Объединенный картографический интерфейс для работы с данными ИСДМ-Рослесхоз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 129–139.
15. *Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Маневич А.Г., Мельников Д.В., Матвеев А.М., Прошин А.А., Сорокин А.А., Флитман Е.В.* Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 155–170.
16. *Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* (1) Технология построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004а. Выпуск 1. Т. 1. С. 437–443.
17. *Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В.* (2) Управление и контроль работоспособности систем автоматизированной обработки спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2004б. Выпуск 1. Т. 1. С. 467–475.
18. *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
19. *Кобец Д.А., Матвеев А.М., Мазуров А.А., Прошин А.А.* Организация автоматизированной многопоточковой обработки спутниковой информации в системах дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 145–155.
20. *Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Мазуров А.А., Мальцев Д.В., Матвеев А.М., Прошин А.А., Толпин В.А., Халикова О.А., Крашенинникова Ю.С.* Возможности работы с долговременным архивом данных спутников LANDSAT по территории России и приграничных стран // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 307–315.
21. *Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Кобец Д.А., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53–75
22. *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.
23. *Лупян Е.А., Мазуров А.А., Захаров М.Ю., Флитман Е.В.* Гибкая система модификации программного обеспечения для обработки спутниковых изображений // Исследование Земли из космоса. 1994. № 1. С. 48–53.
24. *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.
25. *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. Выпуск 1. С. 81–89.
26. *Лупян Е.А., Матвеев А.М., Уваров И.А., Бочарова Т.Ю., Лаврова О.Ю., Митягина М.И.* Спутниковый сервис See the Sea - инструмент для изучения процессов и явлений на поверхности океана // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 251–262.
27. *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.
28. *Лупян Е.А., Саворский В.П.* Базовые продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 87–97.
29. *Мамаев А.С., Прошин А.А., Флитман Е.В.* Создание системы документирования и контроля распределенных информационных систем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2008. Выпуск 5. Т. 2. С. 557–560.

30. Марченков В.В., Пырков В.Н., Черных В.Н., Солодилов А.В., Ермаков В.В. Перспективы комплексного использования современных спутниковых, информационных и коммуникационных технологий для решения задач отраслевой системы мониторинга рыболовства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 3. С. 299–306.
31. Миклашевич С.Э., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Прошин А.А., Радченко М.В., Флитман Е.В. Программно-аппаратный комплекс для сбора, обработки, архивации и распространения спутниковых данных и продуктов их тематической обработки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 4. С. 47–56.
32. Митягина М.И., Лаврова О.Ю., Лупян Е.А., Уваров И.А. Использование спутникового информационного сервиса See the Sea для комплексного анализа данных дистанционного зондирования и выявления нефтяного загрязнения Балтийского и Каспийского морей // В сборнике: Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий, Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию МГТУ. Майкоп: Майкопский государственный технологический университет, 2013. С. 170–179.
33. Носенко Ю.И., Лошкарев П.А. Единая территориально-распределенная информационная система ДЗЗ – проблемы, решения, перспективы (часть 1) // Геоматика. 2010. № 3. С. 35–43.
34. 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.
35. Толпин В.А., Балашов И.В., Лупян Е.А., Савин И.Ю. Спутниковый сервис «Вега» // Земля из космоса, 2011. Выпуск 9, Весна. С. 32–37.
36. Mityagina M.I., Lavrova O.Yu., Uvarov I.A. “See the Sea”: Multi-user information system for investigating processes and phenomena in coastal zones via satellite remotely sensed data, particularly hyperspectral data // Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions Location, Book Series: Proceedings of SPIE, Netherlands, Amsterdam, Article number: 92401C, 2014. Vol. 9240. doi:10.1117/12.2067300.

IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring

**E.A. Loupian, A.A. Proshin, M.A. Burtsev, I.V. Balashov, S.A. Bartalev,
V.Yu. Efremov, A.V. Kashnitskiy, A.A. Mazurov, A.M. Matveev,
O.A. Sudneva, I.G. Sychugov, V.A. Tolpin, I.A. Uvarov**

*Space Research Institute RAS
Moscow, 117997, Russia
E-mail: andry@iki.rssi.ru*

The paper describes the architecture and capabilities of the center for collective use (CCU) “IKI-Monitoring” launched by the Space Research Institute of Russian Academy of Sciences (IKI RAS), designed to provide access to specialists conducting various research and development projects to the archives of satellite data and information obtained on their basis, as well as tools for processing and analysis. The urgency of creating this kind of center is primarily due to the fact that remote sensing methods are currently widely used for solving a variety of scientific and applied problems. Meanwhile, due to continuous expansion of the capabilities of satellite Earth observation systems, the traditional way of remote sensing data management, requiring creation of an own system for data collection, processing and analysis for every research project, sometimes experiencing severe resource limitations of individual research groups and organizations, won't be effective anymore. At the same time the development of modern technologies of distributed data processing enables the creation and development of new approaches that not only provide remote search and selection of the information needed to solve specific research problems, but also to create tools for distributed analysis of information that can be used to solve various scientific problems. The introduction of modern remote sensing data processing capabilities was the goal of launching of the “IKI-Monitoring” CCU by IKI in 2012. The paper describes the major tasks and capabilities of the center. It also describes the center's main construction principles and the architecture. It discusses the basic technical solutions which enabled the possibility of creation and development of the center. The paper also discusses issues related to the development prospects of the centre.

Keywords: remote sensing, satellite data, information system, Earth remote sensing system, system of collective use, long term satellite data series, extralarge data storages, satellite observations

References

1. Antonov A.V., Bourtsev M.A., Efremov V.Yu., Kalashnikov A.V., Kramareva L.S., Krashenninnikova Yu.S., Loupian E.A., Matveev A.M., Proshin A.A., Flitman E.V., Postroenie ob'edinennogo kataloga raspredelennykh arkhivov sputnikovykh dannykh razlichnykh tsentrov (Design of the Union Catalogue of Distributed Satellite Data Archives of Various Centers), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol. 7, No. 2, pp. 84–89.
2. Balashov I.V., Bourtsev M.A., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Tolpin V.A., Postroenie arkhivov rezul'tatov obrabotki sputnikovykh dannykh dlya sistem dinamicheskogo formirovaniya proizvodnykh informatsionnykh produktov (Development of satellite data processing products archives for dynamic derived information products production systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Vol. 5, No. 1, pp. 26–31.
3. Balashov I. V., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Tolpin V.A., Postroenie sistem, obespechivayushchikh dinamicheskoe formirovanie kompleksnykh informatsionnykh produktov na osnove dannykh distantsionnogo zondirovaniya (Development of Remote Sensing Complex Information Products Dynamic Creation Systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2009, Issue 6, No. 2, pp. 513–520.
4. Balashov I.V., Efremov V.Yu., Mazurov -ml. A.A., Mamaev A.S., Matveev A.M., Proshin A.A., Osobennosti organizatsii kontrolya i upravleniya raspredelennykh sistem distantsionnogo monitoringa (Features of Remote Monitoring Distributed Systems Control and Monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 161–166.
5. Balashov I.V., Efremov V.Yu., Mazurov -ml. A.A., Mamaev A.S., Matveev A.M., Proshin A.A., Organizatsiya kontrolya za funktsionirovaniem raspredelennykh sistem sbora, obrabotki i rasprostraneniya sputnikovykh dannykh (Control over Distributed Satellite Data Collection, Processing and Dissemination Systems Operation), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol. 7, No. 4, pp. 34–41.
6. 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 meteorodannykh (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.
7. Bartalev S.A., Burtsev M.A., Egorov V.A., Efremov V.Yu., Kotel'nikov R.V., Loupian E.A., Mazurov A.A., Matveev A.M., Shchetinskiy V.E., Ispol'zovanie dannykh vysokogo prostranstvennogo razresheniya v informatsionnoi sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva RF (ISDM Rosleskhoz) (Application of High Resolution Satellite Data in the Wildfires Remote Monitoring Information System (ISDM-Rosleskhoz)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2009, Issue 6, Vol. 1, pp. 88–95.
8. 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-Rosleskhoz)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2010, Vol.7, No. 2, pp. 97–105.
9. Bartalev S.A., Ershov D.V., Loupian E.A., Tolpin V.A., Vozmozhnosti ispol'zovaniya sputnikovogo servisa VEGA dlya resheniya razlichnykh zadach monitoringa nazemnykh ekosistem (Possibilities of Satellite Service VEGA Using for Different Tasks of Land Ecosystems Monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 1, pp. 49–56.
10. 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.
11. Girina O.A., Loupian E.A., Gordeev E.I., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Sorokin A.A., Efremov V.Yu., Kashnitskii A.V., Uvarov I.A., Nuzhdaev A.A., Verkhoturov A.L., Romanova I.M., Kramareva L.S., Korolev S.P., Chibisova M.V. Izuchenie izverzhenii vulkanov Kamchatki i Kuril s pomoshch'yu informatsionnoi sistemy VolSatView (The study of the volcanic eruptions in Kamchatka and Kuril Islands using the information systems), *Geodinamicheskie protsessy i prirodnye katastrofy. Opyt Neftegorsk: Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem (Geodynamic processes and natural disasters. Experience of Neftegorsk: All-Russia scientific conference with international participation)*, Yuzhno-Sakhalinsk, 26–30 May 2015: proceedings. In 2 volumes. Vladivostok, Russia, 2015. Vol. 2. pp. 200–202.
12. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Kashnitskii A.V., Uvarov I.A., Efremov V.Yu., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Sorokin A.A., Verkhoturov A.L., Romanova I.M., Kramareva L.S., Korolev S.P., Izuchenie produktov izverzhenii vulkanov Kamchatki s pomoshch'yu giperspektral'nykh sputnikovykh dannykh v informatsionnoi sisteme VolSatView (Studies of Kamchatka volcanic eruptions products using hyperspectral satellite data in VolSatView information system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 113–128.
13. 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.
14. Efremov V.Yu., Balashov I.V., Kotel'nikov R.V., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Ob'edinennyy kartograficheskii interfejs dlya raboty s dannymi ISDM Rosleskhoz (Integrated Mapping Interface for Operations with ISDM-Rosleskhoz Data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 129–139.

15. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Loupian E.A., Manevich A.G., Melnikov D.V., Matveev A.M., Proshin A.A., Sorokin A.A., Flitman E.V., Sozdanie informatsionnogo servisa "Distsionnyi monitoring aktivnosti vulkanov Kamchatki i Kuril" (Creating an Information Service "Remote Monitoring of Active Volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands"), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 155–170.
16. Efremov V.Yu., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V., Tekhnologiya postroeniya avtomatizirovannykh sistem khraneniya sputnikovykh dannykh (A Technology for Construction of Automated Systems for Satellite Data Storage), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004a, No. 1, pp. 437–443.
17. Efremov V.Yu., Loupian E.A., Mazurov A.A., Proshin A.A., Flitman E.V., Upravlenie i kontrol' rabotosposobnosti sistem avtomatizirovannoi obrabotki sputnikovykh dannykh (Operation Control and Management of Distributed Satellite Data Processing Systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2004b, Issue 1, No. 1, pp. 467–475.
18. Kashnitskii A.V., Balashov I.V., Loupian E.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Sozdanie instrumentov dlya udalennoi 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.
19. Kobets D.A., Matveev A.M., Mazurov A.A., Proshin A.A., Organizatsiya avtomatizirovannoi mnogopotokovoi obrabotki sputnikovoi informatsii v sistemakh distantsionnogo monitoringa (Organization of automated multithreaded processing of satellite information in remote monitoring systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 145–155.
20. Loupian E.A., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Mazurov A.A., Mal'tsev D.V., Matveev A.M., Proshin A.A., Tolpin V.A., Khalikova O.A., Krasheninnikova Yu.S., Vozmozhnosti raboty s dolgovremennym arkhivom dannykh sputnikov LANDSAT po territorii Rossii i prigranichnykh stran (Opportunities to Work with Long-Term Archive of LANDSAT Satellite Data on the Territory of Russia and Neighboring Countries), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 307–315.
21. Loupian E.A., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Kobets D.A., Krasheninnikova Yu.S., Mazurov A.A., Matveev A.M., Nazirov R.R., Proshin A.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozdanie tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Development of information systems design technologies), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 53–75.
22. 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.
23. Loupian E.A., Mazurov A.A., Zakharov M.Yu., Flitman E.V., Gibkaya sistema modifikatsii programmno bespecheniya dlya obrabotki sputnikovykh izobrazhenii (A Flexible System for Modification of Satellite Imagery Processing Software), *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 1994, No. 1, pp. 48–53.
24. 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.
25. 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, Issue 1, pp. 81–89.
26. Loupian E.A., Matveev A.A., Uvarov I.A., Bocharova T.Yu., Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Sputnikovyi servis See the Sea – instrument dlya izucheniya razlichnykh yavlenii na poverkhnosti okeana (The Satellite Service See the Sea – a tool for the Study of Oceanic Phenomena and Processes), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 251–262.
27. Loupian E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N., Kramareva L.S., Burtsev 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" (System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology), *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, No. 12, pp. 89–97.
28. Loupian E.A., Savorskii V.P., Bazovye produkty obrabotki dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli (Basic products of Earth Remote Sensing Data Processing), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 87–97.
29. Mamaev A.S., Proshin A.A., Flitman E.V. Sozdanie sistemy dokumentirovaniya i kontrolya raspredelennykh informatsionnykh sistem (Development of documentation and monitoring system for the distributed information systems), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2008, Issue 5, Vol. 2, pp. 557–560.
30. Marchenkov V.V., Pyrkov V.N., Chernykh V.N., Solodilov A.V., Ermakov V.V., Perspektivy kompleksnogo ispol'zovaniya sovremennykh sputnikovykh, informatsionnykh i kommunikatsionnykh tekhnologii dlya resheniya zadach otraslevoi sistemy monitoringa rybolovstva (Prospects for Intergrated Use of Modern Satellite Information and Communication Technology to System for Monitoring Fishing Activities), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 3, pp. 299–306.
31. Miklashevich S.E., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Mazurov A.A., Matveev A.M., Proshin A.A., Radchenko M.V., Flitman E.V., Programmno-apparatnyi kompleks dlya sbora, obrabotki, arkhivatsii i rasprostraneniya sputnikovykh dannykh i produktov ikh tematicheskoi obrabotki (Complex System for the Receiving, Processing, Archiving and Distribution of Satellite Data and Product of Thematic Processing), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 4, pp. 47–56.

32. Mityagina M.I., Lavrova O.Yu., Loupian E.A., Uvarov I.A. Ispol'zovanie sputnikovogo informatsionnogo servisa See the Sea dlya kompleksnogo analiza dannykh distantsionnogo zondirovaniya i vyyavleniya nefyanogo zagryazneniya Baltiiskogo i Kaspiiskogo morei (Using the "See the Sea" satellite information service for the integrated analysis of remote sensing data and detection of oil pollution in the Baltic and Caspian seas), *V sbornike: Prikladnye aspekty geologii, geofiziki i geoekologii s ispol'zovaniem sovremennykh informatsionnykh tekhnologii, Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 20-letiyu MGTU* (Proc. 2nd Int. scientific-practical conference dedicated to the 20th anniversary of the MSTU: "Applied aspects of Geology, Geophysics and Geoecology with use of modern information technologies"), Maykop: Maykop State Technological University, 2013. pp. 170–179.
33. Nosenko Yu.I., Loshkarev P.A., Edinaya territorial'no-raspredeleonnaya informatsionnaya sistema DZZ – problemy, resheniya, perspektivy (chast' 1) (Joint spatially distributed Earth remote sensing information system - problems, solutions, perspectives (part 1)), *Geomatika*, 2010, No. 3, pp. 35–43.
34. Tolpin V.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozдание 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.
35. Tolpin V.A., Balashov I.V., Loupian E.A., Savin I.Yu. Sputnikovyi servis "Vega" ("VEGA" satellite service), *Earth from space*, 2011, Issue 9, Spring, pp. 32–37.
36. Mityagina M.I., Lavrova O.Yu., Uvarov I.A., "See the Sea": Multi-user information system for investigating processes and phenomena in coastal zones via satellite remotely sensed data, particularly hyperspectral data, Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions Location, Book Series: *Proceedings of SPIE*, Netherlands, Amsterdam, Article number: 92401C, 2014, Vol. 9240, doi:10.1117/12.2067300.