Современные возможности и перспективы развития Объединённой системы распределённой работы с данными НИЦ «Планета»

М. А. Бурцев¹, С. А. Успенский², Л. С. Крамарева³, В. Н. Антонов⁴,
А. В. Калашников⁴, И. В. Балашов¹, А. В. Кашницкий¹, Е. А. Лупян¹,
А. М. Матвеев¹, А. А. Прошин¹

¹ *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mail: burcev@d902.iki.rssi.ru

² *НИЦ «Планета», Москва, 123242, Россия*
E-mail: milekhin@planet.iitp.ru

³ *Дальневосточный центр НИЦ «Планета», Хабаровск, 680000, Россия*
E-mail: kramareva@dvrcpod.ru

⁴ *Сибирский центр НИЦ «Планета», Новосибирск, 630099, Россия*
E-mail: kav@rcpod.siberia.net

Настоящая статья посвящена обсуждению результатов функционирования Объединённой системы работы с данными региональных центров НИЦ «Планета» за время её эксплуатации, описанию текущих возможностей, а также анализу основных направлений развития. За это время система развилась в сложный, комплексный инструмент работы с данными, позволяющий решать задачи гидрометеорологического мониторинга, мониторинга чрезвычайных ситуаций и многие другие только за счёт ресурсов и инструментов обработки и анализа данных самой системы, доступных через веб-интерфейс. Система позволяет одинаково эффективно работать как с данными глобальных наблюдений, так и с детальной информацией, обеспечивая наблюдения на разных уровнях масштабов. Одной из основных особенностей системы является то, что она позволяет работать с оперативно формируемыми информационными продуктами. Разработанный и развивающийся в рамках системы инструментарий анализа и обработки данных даёт пользователям возможность создавать собственные тематические продукты, в том числе анимационные, для анализа как краткосрочных явлений, так и долгосрочных процессов. В настоящее время она представляет собой распределённую, модульную веб-ориентированную геоинформационную систему (веб-ГИС), совмещённую со сверхбольшими архивами данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) прямого доступа. Система также обеспечивает взаимодействие с большим числом внешних информационных ресурсов, в том числе предоставляя онлайн-сервисы для работы с данными ЦКП «ИКИ-Мониторинг» и большого числа прикладных информационных систем, а также являясь одним из основных источников оперативной спутниковой информации в России.

Ключевые слова: спутниковые данные, распределённые системы, сверхбольшие архивы данных, космическая гидрометеорология, системы ДЗЗ

Одобрена к печати: 24.06.2019
DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-198-212

Введение

ФГБУ «НИЦ «Планета» (далее — НИЦ «Планета») является ведущей организацией Росгидромета по обеспечению космического мониторинга в целях решения задач оперативно-гидрометеорологического обеспечения, мониторинга глобальных изменений Земли и её климата, загрязнений окружающей среды, чрезвычайных ситуаций и др. В составе НИЦ «Планета» работают центры приёма, обработки, архивации и распространения спутниковых данных: Европейский (Москва, Обнинск, Долгопрудный), Сибирский (Новосибирск) и Дальневосточный (Хабаровск). Они позволяют оперативно получать информацию, поступающую от различных спутниковых систем по всей территории России и Северной Евразии.

Центры НИЦ «Планета» являются одной из основ Единой территориально-распределенной системы работы с данными дистанционного зондирования Земли (ЕТРИС ДЗЗ) (Носенко, Лошкарев, 2010; Ромашкин и др., 2019; Тохиян, Кошкин, 2011). Для обеспечения возможности прозрачной, единообразной работы с данными, получаемыми во всех перечисленных центрах, специалистами НИЦ «Планета» и Института космических исследований РАН (ИКИ РАН) в 2013 г. была разработана и введена в эксплуатацию Объединённая система работы с данными центров НИЦ «Планета» (далее — ОСРД НИЦ «Планета») (Лупян и др., 2014).

Настоящая статья посвящена описанию основных особенностей и текущих возможностей системы. В ней также обсуждаются перспективные направления ее развития.

Предпосылки к созданию системы и её задачи

Ежесуточно в центрах НИЦ «Планета» принимается и обрабатывается более 1,3 Тбайт данных. На основе этих данных выпускается около 500 видов информационной продукции для более чем 500 потребителей федерального и регионального уровней (Бурцева, Абросимов, 2009; Успенский, 2010). Объёмы получаемой и предоставляемой информации ежегодно увеличиваются, что соответствует общемировым трендам (Лупян и др., 2018; Albani, 2012). Динамика роста объёмов получаемых и обрабатываемых в центрах НИЦ «Планета» данных показана на *рис. 1*. Такой фактически «взрывной» рост потоков информации потребовал создания и внедрения новых подходов и систем работы с данными. Одним из путей решения этой задачи стало создание ОСРД НИЦ «Планета».

Рис. 1. Динамика роста объёма информации, получаемой ОСРД НИЦ «Планета»

Основные задачи ОСРД НИЦ «Планета»:

- предоставление возможности однотипной, прозрачной работы с данными всех центров НИЦ «Планета»;
- унификация и автоматизация систем обработки данных;
- обеспечение возможности распределённой работы с архивами спутниковых данных;
- предоставление инструментов для анализа спутниковых данных и информационных продуктов, получаемых на их основе;
- поддержка унифицированной схемы онлайн-взаимодействия с различными системами дистанционного мониторинга.

Система была реализована на основе архитектуры, представленной на *рис. 2* (см. с. 200).

Рис. 2. Архитектура системы

В рамках этой архитектуры в каждом центре были развёрнуты унифицированные подсистемы сбора данных, их обработки и ведения локальных архивов, а также доступа к данным. Все локальные архивы на уровне метаданных объединены в единый распределённый архив, доступ к которому осуществляется посредством специализированных программных интерфейсов (API), обеспечивающих функционирование как интерактивных средств работы с данными (картографические интерфейсы), так и средств обмена данными с внешними системами. Такая архитектура гарантирует полную прозрачность работы с данными всех центров, поддержку распределённых архивов и дополнительную отказоустойчивость системы за счёт резервирования ряда её компонент.

Состав и основные возможности системы

Основными компонентами ОСРД НИЦ «Планета» являются подсистемы обработки, архивации и доступа к данным, а также блок управления системой. Элементы этих подсистем и блока функционируют во всех центрах НИЦ «Планета». Подробно данные компоненты были

описаны в работе (Лупян и др., 2014). В настоящей статье мы остановимся на основных особенностях элементов системы, которые наиболее активно развивались в последние годы.

Одно из главных направлений развития ОСРД НИЦ «Планета» в последнее время — стандартизация работы с данными, получаемыми от различных спутниковых систем, и информационными продуктами, формируемыми на их основе. Прорывом в этом направлении стала реализация унифицированных технологий хранения спутниковых данных, обеспечивающих единообразный подход к ведению архивов в подсистеме архивации. В качестве технологической основы была использована разработанная в ИКИ РАН платформа UNISAT, которая не только обеспечивает единообразное ведение и построение распределённых архивов данных ДЗЗ, но и позволяет сделать их «активными», т. е. такими, которые обеспечивают возможность формирования значительной части запрашиваемых пользователем продуктов «на лету» в режиме онлайн. Это позволяет существенно сократить хранимые архивы данных, расширить состав информационных продуктов и упростить процесс их разработки и внедрения. Подробно возможности и принципы реализации платформы UNISAT описаны в работе (Прошин и др., 2016).

Также за последние годы активно развивалась подсистема доступа к данным ОСРД НИЦ «Планета». Она включает в себя пользовательские веб-интерфейсы для работы с данными и программные интерфейсы (API) для обеспечения обмена данными с внешними системами. Изначально основой для системы построения картографических веб-интерфейсов служила технология GEOSMIS (Толпин и др., 2011). С 2015 г. для развития подсистемы доступа к данным ОСРД НИЦ «Планета» стала активно использоваться технология SmisWebCalculation (технология создания инструментов онлайн-обработки и анализа спутниковых данных сверхбольших распределённых архивов). Описанию возможностей данной технологии посвящены, в частности, работы (Кашницкий и др., 2015, 2016; Savorsky et al., 2018). Она позволяет реализовать современный подход к работе с данными ДЗЗ, фактически интегрируя средства обработки информации с архивами данных. При «классическом» подходе пользователь должен был отобрать данные на тех или иных ресурсах, получить их оттуда, поместить в собственное хранилище и организовать их обработку на своих вычислительных мощностях. При современном же подходе стандартная и частично тематическая обработка выполняется на мощностях центра/центров распространения данных и предоставляется пользователю как сервис. Более того, пользователь имеет возможность работать не только с заранее определёнными в системе продуктами, но и создавать собственные на основе имеющегося инструментария. Также немаловажно, что для проведения обработки данных могут использоваться вычислительные ресурсы, расположенные «максимально близко» к физическим хранилищам, в которых находятся обрабатываемые данные. Это может существенно сокращать объёмы передаваемой информации. С использованием возможностей такой технологии в ОСРД НИЦ «Планета» было внедрено значительное число инструментов обработки и анализа данных, в том числе:

- инструменты коррекции и фильтрации данных;
- различные типы классификации;
- инструменты расчёта различных статистик для заданных объектов;
- инструменты структурного анализа данных;
- инструменты построения индексов на анализ различных явлений;
- инструменты для анализа временных рядов данных, в том числе для построения анимаций и т. д.

Сочетание текущих возможностей ОСРД НИЦ «Планета» по распределённому анализу и обработке спутниковой информации и возможностей центров НИЦ «Планета» по приёму и обработке данных делает созданную систему уникальным инструментом оперативного глобального наблюдения Земли. Особо следует отметить, что расширение возможностей центров по приёму и потоковой обработке данных различных спутниковых систем позволяет пользователям ОСРД НИЦ «Планета» работать с данными как геостационарных, так и полярно-орбитальных космических аппаратов (КА) ДЗЗ и вести оперативный анализ фактически по всей

территории Земли. Текущие возможности работы в ОСРД НИЦ «Планета» с различными типами космических систем ДЗЗ приведены в *таблице*.

Состав и параметры принимаемых в центрах НИЦ «Планета» данных

Спутник / Прибор	Тип	Покрытие	Оперативность
NOAA / AVHRR	Полярно-орбитальный	По зоне видимости центров	До 30 наблюдений в сутки
TERRA, AQUA / MODIS, AIRS			
Suomi NPP, NOAA 20 / VIIRS, CRIIS		Глобальный	По зоне видимости — до 10 наблюдений в сутки, глобальные — в течение суток
«Метеор-М» / МСУ-МР			
«Метеор-М» / KMCC			
«Электро-Л»	Геостационарный	Глобальный	Каждые 30 мин
Meteosat			Каждые 15 мин
Himawari-8			Каждые 10 мин
GOES			Каждые 180 мин
«Канопус-В»	Полярно-орбитальный		До 20 сбросов информации в сутки
«Ресурс-П»			До 6 сбросов информации в сутки

Отметим также, что кроме данных, поступающих от спутниковых систем, перечисленных в *таблице*, пользователи ОСРД НИЦ «Планета» имеют доступ к информации от других спутников, таких, например, как Landsat, Sentinel-1, -2, -3. Система также позволяет работать с информационными продуктами, полученными на основе данных ДЗЗ, предоставляемых различными информационными системами. Это достигается за счёт организации онлайн-взаимодействия с системами дистанционного мониторинга и центрами, обеспечивающими возможности распределённой работы с архивами спутниковой информации и результатами её обработки.

Примеры возможностей интерактивных инструментов ОСРД НИЦ «Планета» для распределённого анализа спутниковых данных

Как уже отмечалось, одной из особенностей ОСРД НИЦ «Планета» является возможность работы с информацией, оперативно получаемой по большим территориям. Приведем несколько примеров.

На *рис. 3* (см. с. 203) представлена мозаика на всю территорию России, полученная по данным прибора VIIRS, принятым во всех трёх центрах НИЦ «Планета». Необходимо отметить, что приведённая мозаика не хранится в таком виде ни в одном из архивов системы, а, напротив, была сформирована по запросу из исходных, сеансных данных, физически хранящихся в разных центрах.

На *рис. 4* (см. с. 203) приведена глобальная мозаика по данным прибора МСУ-МР за сутки. Она также представляет собой динамически полученный продукт, созданный по запросу. Этот пример наглядно иллюстрирует возможность работы с данными, полученными с полярно-орбитальных КА, в глобальном масштабе.

Помимо данных полярно-орбитальных КА, частота получения которых зачастую недостаточна для оперативных глобальных наблюдений, система предоставляет возможность работы с данными геостационарных КА. Часть из них, как, например, данные КА «Электро-Л» и Himawari-8, принимается непосредственно в центрах, часть же поступает по международным каналам обмена информацией в рамках соглашений Всемирной метеорологической организации (ВМО). Современные возможности геостационарных КА позволяют получать съёмки Земли с частотой до 10 мин, что даёт уникальный инструмент наблюдения крупномасштабных явлений и процессов в режиме, близком к реальному времени.

Рис. 3. Формирование комплексных композитов в заданной проекции на основе данных различных центров

Рис. 4. Динамическая мозаика по данным МСУ-МР

На рис. 5 (см. с. 204) приведена карта облачности по данным геостационарных КА Meteosat и «Электро-Л», обновляющаяся один раз в 30 мин.

Также следует отметить возможность использования картографических веб-интерфейсов ОСРД НИЦ «Планета» для построения анимированных изображений. Это важно при решении задач, связанных с мониторингом различных явлений, в первую очередь опасных. Пример использования данной возможности для мониторинга распространения пепловых выбросов приведён, в частности, в работе (Гирина и др., 2017). Применение инструментария системы для мониторинга быстро меняющихся атмосферных явлений (на примере развития циклона в Приморье 20.05.2019) с использованием средств построения анимации показано по ссылке: <http://moscow.planeta.smlslab.ru/animation/1560170417.webm>.

Рис. 5. Карта облачности по данным геостационарных КА

Следует также отметить, что ОСРД НИЦ «Планета» позволяет работать не только с обзорной информацией достаточно низкого пространственного разрешения, но и с детальными спутниковыми данными для решения задач мониторинга различных явлений и процессов. Примером является мониторинг последствий обрушения сопки и схода скальных пород в р. Бурей, произошедшего 11 декабря 2018 г. В результате схода было полностью перекрыто русло реки, что могло привести к затоплению территорий выше по течению, а также к нарушениям в работе Бурейской ГЭС. Для нейтрализации последствий обвала в январе – феврале 2019 г. была проведена частичная расчистка завала и сформирован проран для пропуска воды. Динамика состояния обвала и прорана, наблюдаемая с помощью средств ОСРД НИЦ «Планета», представлена на рис. 6–9 (см. с. 205–206).

Рис. 6. Состояние обвала на р. Бурей на 11.01.2019, данные MSI. Русло полностью перекрыто

Детальное изучение динамики состояния обвала приведено в работах (Крамарева и др., 2018, 2019а, б).

Рис. 7. Состояние обвала на р. Бурей на 11.02.2019, данные MSI.
Видны работы по формированию прорана

Рис. 8. Состояние обвала на р. Бурей на 11.04.2019, данные MSI.
Видно заужение прорана

Рис. 9. Состояние обвала на р. Буря на 11.05.2019, данные MSI.
Видно расширение прорана

Возможности взаимодействия с информационными системами, обеспечивающими распределённую работу с данными ДЗЗ

Как уже отмечалось выше, архитектура ОСРД НИЦ «Планета» обеспечивает модульность и гибкость работы с различными источниками данных. Надо отметить, что в роли источников данных могут выступать как отдельные узлы системы, так и внешние системы или центры предоставления данных, работающие по своим стандартам или протоколам предоставления информации. С точки зрения пользователя информация из любого источника, подключённого к системе, будет предоставляться прозрачно и единообразно. Достигается это за счёт модульной системы плагинов, обеспечивающих получение метаданных, преобразование их в формат, с которым работает непосредственно интерфейс, а также отправку запросов на получение самих данных и их показ в интерфейсе на соответствующих вкладках. По такой схеме, например, в систему интегрированы данные геопортала «Роскосмоса» (Тохиян, Кошкин, 2011).

Также ОСРД НИЦ «Планета» может выступать в роли источника данных для внешних систем. Её технологическая база обеспечивает полноценный, WMS-совместимый программный интерфейс (API) для предоставления сервисов метаданных и данных, при помощи которого данные могут быть интегрированы в другую систему или сервис. ОСРД НИЦ «Планета» является провайдером онлайн-сервисов доступа к данным для достаточно большого числа различных научных и прикладных систем, среди которых можно выделить:

- Центр коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015б, 2019), <http://ckp.geosmis.ru/>;
- Информационную систему дистанционного мониторинга Рослесхоза (ИСДМ-Рослесхоз) (Лупян и др., 2015а), https://nffc.aviales.ru/main_pages/index.shtml;
- систему дистанционного мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил (VolSatView) (Гордеев и др., 2016), <http://volcanoes.smlab.ru/static/index.sht>;
- спутниковый сервис SeeTheSea, ориентированный на работу с данными спутниковых наблюдений для решения междисциплинарных задач исследования Мирового океана (Лаврова и др., 2019), <http://ocean.smlab.ru/static/index.sht>;

- информационную систему комплексного мониторинга лесов Приморского края «Вега-Приморье» (Лупян и др., 2016), <http://primorsky.geosmis.ru/>.

Более детально остановимся на вопросе взаимодействия ОСРД НИЦ «Планета» и ЦКП «ИКИ-Мониторинг», основной задачей которого является обеспечение распределённой работы со сверхбольшими архивами спутниковых данных в интересах различных научных проектов. Центр является как пользователем сервисов, предоставляемых ОСРД НИЦ «Планета», так и поставщиком сервисов работы с распределёнными архивами данных в системе. Следует отметить, что ЦКП «ИКИ-Мониторинг» обеспечивает возможность работы с постоянно пополняющимися архивами информации, получаемой на основе различных спутниковых систем, также предоставляя возможности для их распределённой обработки и анализа. На начало июня 2019 г. в онлайн-доступе в архивах центра находилось более 2 Пбайт данных. Подробно возможности центра описаны в работах (Лупян и др., 2015а, 2019). Взаимодействие ОСРД НИЦ «Планета» и ЦКП «ИКИ-Мониторинг» идёт в соответствии с договором о сотрудничестве НИЦ «Планета» и ИКИ РАН, который был заключён в рамках соглашения Росгидромета и РАН. Следует отметить, что такое сотрудничество обеспечивает пользователям ОСРД НИЦ «Планета» и ЦКП «ИКИ-Мониторинг» уникальные возможности работы с данными для решения различных научных и прикладных задач, поскольку они имеют возможность прозрачной работы с информацией, имеющейся в архивах этих систем.

Заключение

Система ОСРД НИЦ «Планета» на сегодняшний день является одной из немногих отечественных систем, достаточно быстро переходящих на полноценную сервисную модель предоставления данных, инструментов их обработки и вычислительных мощностей для проведения такой обработки.

За время эксплуатации и постоянного развития ОСРД НИЦ «Планета» эволюционировала из системы, позволяющей согласованно вести территориально распределённые, постоянно обновляющиеся архивы данных центров НИЦ «Планета», в одного из главных поставщиков сервисов, обеспечивающих работу с оперативной спутниковой информацией в стране. Развитие системы наглядно иллюстрирует работоспособность концепции эволюции информационных систем, обеспечивающих работу со спутниковыми данными, от построения программно-аппаратной инфраструктуры под каждую задачу до перехода на сервисную модель предоставления информации на базе больших центров приёма, обработки и распространения данных, которая, в частности, обсуждалась в работе (Лупян и др., 2018).

Исходя из тенденций развития современных спутниковых систем ДЗЗ, следует считать, что наиболее перспективным направлением развития ОСРД НИЦ «Планета» является расширение её функциональности.

Дальнейшие перспективы развития системы обусловлены двумя факторами: развитием спутниковых группировок (как отечественных, так и зарубежных) и технологий предоставления и обработки данных. Поскольку, как уже отмечалось выше, в последние годы наблюдается фактически экспоненциальный рост объёмов данных, поступающих от различных спутниковых систем, потребуются дальнейшее развитие как технологий работы со сверхбольшими распределёнными архивами данных, так и аппаратной инфраструктуры, в том числе для обеспечения потоковой, полностью автоматизированной обработки информации, получаемой центрами НИЦ «Планета», а также возможности работы интерактивных инструментов обработки анализа данных.

Как показывает опыт эксплуатации и постоянного развития ОСРД НИЦ «Планета», будут постоянно развиваться различные инструменты и возможности обработки данных. При этом одним из приоритетных направлений станет развитие процедур потоковой и интерактивной обработки в интересах отдельных пользователей. Особое внимание будет уделяться решениям, которые позволили бы проводить создание таких процедур и инструментов самими пользователями.

Литература

1. Бурцева Т. Н., Абросимов Н. И. Научно-исследовательский центр «Планета» // Земля и Вселенная. 2009. № 1. С. 46–50.
2. Гирина О. А., Лупян Е. А., Мельников Д. В., Маневич А. Г., Кашицкий А. В., Бриль А. А., Сорокин А. А. Извержения Северной группы вулканов Камчатки 14–18 июня 2017 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 317–323. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-317-323.
3. Гордеев Е. И., Гирина О. А., Лупян Е. А., Сорокин А. А., Крамарева Л. С., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Уваров И. А., Бурцев М. А., Романова И. М., Мельников Д. В., Маневич А. Г., Королев С. П., Верхотуров А. Л. Информационная система VOLSATVIEW для решения задач мониторинга вулканической активности Камчатки и Курил // Вулканология и сейсмология. 2016. № 6. С. 1–16. DOI: 10.7868/S0203030616060043.
4. 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.
5. Кашицкий А. В., Лупян Е. А., Балашов И. В., Константинова А. М. Технология создания инструментов обработки и анализа данных сверхбольших распределенных спутниковых архивов // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 9. С. 772–777. DOI: 10.15372/AOO20160908.
6. Крамарева Л. С., Лупян Е. А., Амельченко Ю. А., Бурцев М. А., Крашенинникова Ю. С. Наблюдение зоны обрушения сопки в районе реки Буря 11 декабря 2018 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 266–271. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-266-271.
7. Крамарева Л. С., Лупян Е. А., Амельченко Ю. А., Беляев А. И., Бурцев М. А., Суханова В. В., Шаилова Ю. А., Есаков А. М. (2019а) Наблюдение за динамикой прорана, устроенного в зоне схода скальных пород на реке Буря // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 278–283. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-278-283.
8. Крамарева Л. С., Лупян Е. А., Амельченко Ю. А., Бурцев М. А., Крашенинникова Ю. С., Суханова В. В., Шаилова Ю. А., Бородинская А. В. (2019б) Наблюдение за ходом взрывных работ и устройством прорана в зоне схода скальных пород на реке Буря // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 259–265. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-259-265.
9. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Уваров И. А., Лупян Е. А. Текущие возможности и опыт использования информационной систем See the Sea для изучения и мониторинга явлений и процессов на морской поверхности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 266–287.
10. 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.
11. Лупян Е. А., Барталев С. А., Ершов Д. В., Котельников Р. В., Балашов И. В., Бурцев М. А., Егоров В. А., Ефремов В. Ю., Жарко В. О., Ковганко К. А., Колбудаев П. А., Крашенинникова Ю. С., Прошин А. А., Мазуров А. А., Уваров И. А., Стыценко Ф. В., Сычуглов И. Г., Флитман Е. В., Хвостиков С. А., Шуляк П. П. (2015а) Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 222–250.
12. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычуглов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. (2015б) Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.
13. Лупян Е. А., Барталев С. А., Балашов И. В., Барталев С. С., Бурцев М. А., Егоров В. А., Ефремов В. Ю., Жарко В. О., Кашицкий А. В., Колбудаев П. А., Крамарева Л. С., Мазуров А. А., Оксюкевич А. Ю., Плотников Д. Е., Прошин А. А., Сенько К. С., Уваров И. А., Хвостиков С. А., Ховратович Т. С. Информационная система комплексного дистанционного мониторинга лесов «Вега-Приморье» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 5. С. 11–28. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-11-28.

14. *Лулян Е. А., Бурцев М. А., Прошин А. А., Кобец Д. А.* Развитие подходов к построению информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 3. С. 53–66. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66.
15. *Лулян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычуглов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А.* Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170.
16. *Носенко Ю. И., Лошкарев П. А.* Единая территориально-распределенная информационная система ДЗЗ — проблемы, решения, перспективы (часть 1) // Геоматика. 2010. № 3. С. 35–43.
17. *Прошин А. А., Лулян Е. А., Балашов И. В., Кашицкий А. В., Бурцев М. А.* Создание унифицированной системы ведения архивов спутниковых данных, предназначенной для построения современных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 3. С. 9–27. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-3-9-27.
18. *Ромашкин В. В., Лошкарев П. А., Федоткин Д. И., Тохиян О. О., Арефьева Т. А., Мусиенко В. А.* ЕТРИС ДЗЗ — современные решения в развитии отечественной наземной космической инфраструктуры дистанционного зондирования Земли из космоса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 220–227.
19. *Толпин В. А., Балашов И. В., Ефремов В. Ю., Лулян 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. *Тохиян О. О., Кошкин К. В.* Опыт разработки и эксплуатации геопортала Роскосмоса // Геоматика. 2011. № 2. С. 20–28.
21. *Успенский А. Б.* Современное состояние и перспективы дистанционного температурно-влажностного зондирования земной атмосферы // Исследование Земли из космоса. 2010. № 2. С. 26–36.
22. *Albani M.* Long Term Data Preservation: status of activities and future ESA programme // GSCB Workshop 2012, ESA/ESRIN. Frascati, 6–7 June 2012. 20 p. URL: https://earth.esa.int/documents/1656065/1664726/8-LTDP_activities_future.pdf.
23. *Savorsky V. P., Bartalev S. A., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Panova O. Yu., Stytsenko F. V.* Geoinformation Tools Providing Estimations of Vegetation Areal Damages Caused by Wild Fire Disasters // Intern. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences — ISPRS Archives. 2018. XLII-3/W4. P. 437–444. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-437-2018.

Actual features and evolution prospects of the SRC "Planeta" distributed data operation united system

M. A. Burtsev¹, S. A. Uspenskiy², L. S. Kramareva³, V. N. Antonov⁴,
A. V. Kalashnikov⁴, I. V. Balashov¹, A. V. Kashnitskii¹,
E. A. Loupian¹, A. M. Matveev¹, A. A. Proshin¹

¹ Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: burcev@d902.iki.rssi.ru

² State Research Center for Space Hydrometeorology "Planeta"
Moscow 123242, Russia
E-mail: milekhin@planet.iitp.ru

³ Far-Eastern Center of State Research Center for Space Hydrometeorology "Planeta",
Khabarovsk 680000, Russia
E-mail: kramareva@dvrcpod.ru

⁴ Siberian Center of State Research Center for Space Hydrometeorology "Planeta",
Novosibirsk 630099, Russia
E-mail: kav@rcpod.siberia.net

The paper discusses the results achieved by SRC "Planeta" distributed data operation united system, describes its actual features and analyzes main evolution prospects. The system has evolved into a complex, elaborate data operation instrument providing solutions for various tasks including hydro-meteorological monitoring, disaster monitoring etc. solely by data processing and analysis tools and resources of the system itself, available through the web. The system provides an effective way of utilizing both global and local scale observations. One of the basic features of the system is the possibility to use the near real time information products generated on demand. The data processing and analysis tools, actively developed within the system, give the users the possibility to create their own thematic products, including animated ones, for analysis of both short and long term processes and phenomena. Currently, the system is essentially a distributed modular web-GIS combined with very large Earth remote sensing data direct access archives. It also interacts with a lot of external information resources providing online services to the IKI-Monitoring center for collective use and many applied information systems, thus being one of the main providers of near real time satellite data in Russia.

Keywords: satellite imagery, distributed systems, very large data archives, space hydrometeorology, Earth remote sensing systems

Accepted: 24.06.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-198-212

References

1. Burtseva T. N., Abrosimov N. I., Nauchno-issledovatel'skii tsentr "Planeta" (Scientific Research Center Planeta), *Zemlya i Vselennaya*, 2009, No. 1, pp. 46–50.
2. Girina O. A., Loupian E. A., Melnikov D. V., Manevich A. G., Kashnitskii A. V., Bril A. A., Sorokin A. A., Izverzheniya Severnoi gruppy vulkanov Kamchatki 14–18 iyunya 2017 goda (Eruptions of Kamchatka Northern volcanic group on 14–18 June, 2017), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 3, pp. 317–323, DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-317-323.
3. Gordeev E. I., Girina O. A., Loupian E. A., Sorokin A. A., Kramareva L. S., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Uvarov I. A., Burtsev M. A., Romanova I. M., Melnikov D. V., Manevich A. G., Korolev S. P., Verkhuturov A. L., Informatsionnaya sistema VOLSATVIEW dlya resheniya zadach monitoringa vulkanicheskoi aktivnosti Kamchatki i Kuril (The VOLSATVIEW Information System for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands), *Vulkanologiya i seismologiya*, 2016, No. 6, pp. 1–16, DOI: 10.7868/S0203030616060043.
4. Kashnitskiy A. V., Balashov I. V., Loupian E. A., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Sozдание 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.
5. Kashnitskiy A. V., Loupian E. A., Balashov I. V., Konstantinova A. M., Tekhnologiya sozdaniya instrumentov obrabotki i analiza dannykh sverkhbol'shikh raspredelennykh sputnikovykh arkhivov (Technology for Designing Tools for the Process and Analysis of Data from Very Large Scale Distributed Satellite Archives), *Optika atmosfery i okeana*, 2016, Vol. 29, No. 9, pp. 772–777, DOI: 10.15372/AOO20160908.
  6. Kramareva L. S., Loupian E. A., Amelchenko Yu. A., Burtsev M. A., Krashenninnikova Yu. S., Nablyudenie zony obrusheniya sopki v raione reki Bureya 11 dekabrya 2018 goda (Observation of the hill collapse zone near the Bureya River on December 11, 2018), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 7, pp. 266–271, DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-7-266-271.
  7. Kramareva L. S., Loupian E. A., Amelchenko Yu. A., Belyaev A. I., Burtsev M. A., Sukhanova V. V., Shamilova Yu. A., Esakov A. M. (2019a), Nablyudenie za dinamiko prorana, ustroennogo v zone skhoda skal'nykh porod na reke Bureya (Dynamics of the channel on the Bureya River in the hill slope collapse area), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 2, pp. 278–283, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-278-283.
  8. Kramareva L. S., Loupian E. A., Amelchenko Yu. A., Burtsev M. A., Krashenninnikova Yu. S., Sukhanova V. V., Shamilova Yu. A., Boroditskaya A. V. (2019b), Nablyudenie za khodom vzryvnykh rabot i ustroistvom prorana v zone skhoda skal'nykh porod na reke Bureya (Observing the progress of blasting operations and channeling in the area of the rock slide on the Bureya River), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 1, pp. 259–265, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-259-265.
  9. Lavrova O. Yu., Mityagina M. I., Uvarov I. A., Loupian E. A., Tekushchie vozmozhnosti i opyt ispol'zovaniya informatsionnoi sistemy See the Sea dlya izucheniya i monitoringa yavlenii i protsessov na morskoj poverkhnosti (Current capabilities and experience of using the See the Sea information system for studying and monitoring phenomena and processes on the sea surface), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 266–287.
  10. 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.
  11. Loupian E. A., Bartalev S. A., Ershov D. V., Kotelnikov R. V., Balashov I. V., Burtsev M. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Zharko V. O., Kovganko K. A., Kolbudaev P. A., Krashenninnikova Yu. S., Proshin A. A., Mazurov A. A., Uvarov I. A., Stytsenko F. V., Sychugov I. G., Flitman E. V., Khvostikov S. A., Shulyak P. P. (2015a), Organizatsiya raboty so sputnikovymi dannymi v informatsionnoi sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM-Rosleskhoz) (Satellite data processing management in Forest Fires Remote Monitoring Information System (ISDM-Rosleskhoz) of the Federal Agency for Forestry), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 222–250.
  12. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskii A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A. (2015b), Tsentr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
  13. Loupian E. A., Bartalev S. A., Balashov I. V., Bartalev S. S., Burtsev M. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Zharko V. O., Kashnitskiy A. V., Kolbudaev P. A., Kramareva L. S., Mazurov A. A., Oksyukevich A. Yu., Plotnikov D. E., Proshin A. A., Senko K. S., Uvarov I. A., Khvostikov S. A., Khovratovich T. S., Informatsionnaya sistema kompleksnogo distantsionnogo monitoringa lesov "Vega-Primor'e" (Vega-Primorie: complex remote forest monitoring information system), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 5, pp. 11–28, DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-5-11-28.
  14. Loupian E. A., Burtsev M. A., Proshin A. A., Kobets D. A., Razvitie podkhodov k postroeniyu informatsionnykh sistem distantsionnogo monitoringa (Evolution of remote monitoring information systems development concepts), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 3, pp. 53–66, DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-3-53-66.
  15. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G.,

- Tolpin V.A., Uvarov I.A., Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovykh dannykh (TsKP "IKI-Monitoring") (Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170.
16. Nosenko Yu. I., Loshkarev P. A., Edinaya territorial'no-raspredelennaya 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.
  17. Proshin A. A., Loupian E. A., Balashov I. V., Kashnitskiy A. V., Burtsev M. A., Sozdanie unifikirovannoi sistemy vedeniya arkhivov sputnikovykh dannykh, prednaznachennoi dlya postroeniya sovremennykh sistem distantsionnogo monitoringa (Unified satellite data archive management platform for remote monitoring systems development), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 3, pp. 9–27, DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-3-9-27.
  18. Romashkin V. V., Loshkarev P. A., Fedotkin D. I., Tohiyan O. O., Arefyeva T. A., Musienko V. A., ETRIS DZZ — sovremennye resheniya v razvitii otechestvennoi nazemnoi kosmicheskoi infrastruktury distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa (UGDIS ERS — modern solutions in the development of domestic terrestrial space infrastructure of Earth remote sensing from space), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 220–227.
  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. Tokhiyan O. O., Koshkin K. V., Opyt razrabotki i ekspluatatsii geoportala Roskosmosa (The Roscosmos Geoportal development and operation experience), *Geomatika*, 2011, No. 2, pp. 20–28.
  21. Uspenskii A. B., Sovremennoe sostoyanie i perspektivy distantsionnogo temperaturno-vlazhnostnogo zondirovaniya zemnoi atmosfery (Current State and Perspectives for the Temperature Humidity Remote Sensing of the Earth's Atmosphere), *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2010, No. 2, pp. 26–36.
  22. Albani M., Long Term Data Preservation: status of activities and future ESA programme, *GSCB Workshop 2012*, ESA/ESRIN, Frascati, 6–7 June 2012, 20 p., available at: https://earth.esa.int/documents/1656065/1664726/8-LTDP_activities_future.pdf.
  23. Savorsky V. P., Bartalev S. A., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Panova O. Yu., Stytsenko F. V., Geoinformation Tools Providing Estimations of Vegetation Areal Damages Caused by Wild Fire Disasters, *Intern. Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences — ISPRS Archives*, 2018, XLII-3/W4, pp. 437–444, DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-437-2018.