

## Разработка сервисов для эффективного предоставления доступа к временным сериям данных сверхбольших распределённых архивов

И. В. Балашов, В. В. Марченков, А. А. Прошин, Б. П. Руткевич, И. А. Уваров

*Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

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

В настоящее время для исследований Земли из космоса и мониторинга различных процессов и явлений специалистам доступны «долговременные» архивы спутниковых данных по большим территориям. В частности, такие архивы реализованы в рамках Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг», созданного в 2012 г. для обеспечения доступа к архивам данных дистанционного зондирования Земли, включая предоставление пользователям широкого спектра различных интерактивных инструментов для их анализа и обработки. Одним из них служит инструмент, позволяющий отображать в виде графиков временные ряды (серии) различных характеристик в заданных пользователем координатах точки на земной поверхности, получаемые «на лету» на основе обработки множества одновременных спутниковых наблюдений. Этот инструмент позволяет анализировать динамику изменения самых разных характеристик и используется при решении целого ряда задач спутникового мониторинга. Важно отметить, что для получения требуемых временных рядов данных в заданных координатах в некоторых случаях необходимо обработать очень большое количество спутниковых наблюдений (более 100 тыс.), поэтому особую актуальность приобретает задача минимизации времени подготовки таких данных. Не менее важно было также поддержать работу с широким спектром различных типов характеристик. Статья посвящена описанию новых, более эффективных сервисов для получения временных рядов различных характеристик, разработанных в Институте космических исследований РАН для анализа данных сверхбольших распределённых архивов спутниковых данных.

**Ключевые слова:** спутниковый мониторинг, ДЗЗ, архивы данных, временные серии наблюдений, ряды данных

Одобрена к печати: 14.04.2023

DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-2-113-122

### Введение

В течение последних десятилетий происходило стремительное развитие космических средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), выраженное как в росте количества аппаратов, так и в увеличении объёмов и качества формируемых по их данным информационных продуктов. Это привело к появлению сверхбольших «долговременных» архивов спутниковых наблюдений по большим территориям и к развитию технологий, позволяющих эффективно использовать эти данные для решения самых разных исследовательских и прикладных задач. В частности, такие архивы реализованы в рамках Центра коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (<http://ckp.geosmis.ru>) (Лупян и др., 2015, 2019), созданного в 2012 г. для обеспечения доступа к архивам данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включая предоставление пользователям широкого спектра различных интерактивных инструментов для их анализа и обработки. Одно из ключевых преимуществ реализованных архивов заключается в поддержке доступа к «виртуальным» информационным продуктам, т.е. продуктам, которые формируются по запросу пользователя на основе имеющихся в архиве данных и заданных правил их построения. Это позволяет предоставить пользователям доступ к широкому спектру самых разных информационных продуктов и при этом минимизировать объём хранящихся в архивах данных. В качестве примеров продуктов, формируемых на основе данных ЦКП, можно привести как «базовые» продукты — изображения по отдельным каналам спутниковых приборов, рассчитанные заранее данные (например, изображения поверхности, дымы и облачность, безоблачные композитные изображения), так и «виртуальные»,

вычисляемые на лету, — различные варианты цветосинтезированных изображений, рассчитываемые по формулам индексные продукты (например, нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI (*англ.* Normalized Difference Vegetation Index)), различные разностные продукты, в том числе на основе разновременных наблюдений.

Для доступа к данным ЦКП наряду с многофункциональным картографическим интерфейсом реализован интерфейс для анализа временных рядов наблюдений в виде графиков (Марченков и др., 2020, 2021), позволяющий анализировать динамику изменения самых разных характеристик подстилающей поверхности. До недавнего времени этот интерфейс в основном использовался для построения графиков по заранее сформированным рядам данных (сериям) для фиксированных объектов наблюдения с использованием специализированных схем расчёта и аннотации (Константинова и др., 2021). Использование этого инструмента для получения на лету временных рядов данных по произвольной заданной пользователем точке было ограниченным, в первую очередь из-за необходимости ручного занесения в систему каждого объекта наблюдений и его параметров, а также по причине недостаточной эффективности и универсальности ранее реализованных механизмов подготовки данных при работе с большим количеством спутниковых наблюдений (более 100 тыс.). Для получения подобного ряда значений для каждой интересующей пользователя точки на земной поверхности и информационного продукта могло бы потребоваться более двух часов.

Статья посвящена вопросам разработки новых, более эффективных сервисов для построения на лету рядов данных по широкому спектру различных информационных продуктов, включая «виртуальные», на основе данных, имеющихся в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг». Такие сервисы позволят пользователям получать информацию по протяжённым рядам наблюдений за время от минут до десятков минут без необходимости заранее вносить параметры объектов наблюдения в систему. В статье рассматриваются общая архитектура построения таких сервисов, основные программные компоненты, а также примеры использования разработанных сервисов для решения конкретных задач анализа данных.

### **Общая схема организации эффективного доступа к данным временных серий**

Сервисы предоставления доступа к временным сериям данных реализованы на основе использования программных интерфейсов для доступа к данным и метаданным распределённых архивов ЦКП «ИКИ-Мониторинг», построенных по технологии UNISAT (Прошин и др., 2016). Ключевые преимущества этой технологии — обеспечение доступа к «виртуальным» информационным продуктам и поддержка работы интерактивных инструментов для анализа и обработки спутниковых данных.

Основные этапы получения временной серии по заданному информационному продукту:

- Формирование пользователем в интерфейсе запроса на получение временного ряда значений для выбранных им информационного продукта, координат точки на земной поверхности и диапазона дат.
- Формирование набора заданий для выполнения на серверах информационных узлов распределённого архива, в которых физически располагаются интересующие пользователя данные.
- Выполнение заданий на подготовку временных серий данных на серверах информационных узлов.
- Формирование единого временного ряда значений на основе данных, полученных в различных информационных узлах, и предоставление его в пользовательский интерфейс.
- Кэширование полученного результата.

В свою очередь, выполнение заданий на подготовку временных серий данных на серверах информационных узлов включает в себя следующие основные операции:

- Получение метаданных, описывающих требуемые для построения временного ряда экземпляры физически хранимых продуктов, включая пути к файлам данных, правила нормировки значений, а также правила построения виртуального продукта, если пользователем выбран такой продукт.
- Вычитывание из файлов данных значений в заданных координатах и их нормировка, а в случае виртуального продукта также применение правил построения виртуального информационного продукта для получения требуемых значений.

Для реализации новых, более эффективных сервисов подготовки временных серий наблюдений была разработана архитектура их построения, оптимизированная для эффективной их работы в рамках общей асинхронной онлайн-схемы взаимодействия пользовательских интерфейсов с сервисами данных. Общая схема структуры и блоков сервисов доступа к временным сериям данных представлена на *рис. 1*. Синим цветом отмечены блоки, не требующие доработки; зелёным — блоки, для которых необходимо расширение функционала; оранжевым — новые или существенно переработанные программные компоненты.



Рис. 1. Общая схема структуры и блоков сервисов доступа к временным сериям в инфраструктуре ЦКП «ИКИ-Мониторинг»

Для реализации сервисов были созданы новые блоки и компоненты, необходимые для решения задач эффективного доступа к временным сериям:

- блок диспетчеризации заданий чтения серий TASK JOBS;
- блок быстрого получения наборов метаданных временных серий;
- блок быстрого получения значений исходных данных и вычисления продуктов;
- блоки кэширования данных в составе как блоков чтения, так и блоков, получающих «виртуальные» продукты на лету;
- специализированные интерфейсы и плагины для построения графиков по данным временных серий данных архивов UNISAT, включая модули формирования заданий на получение временных серий данных в инфраструктуре графиков для поддержки распределённых архивов.

Кроме этого, для реализации задачи построения сервисов доступа к временным сериям сверхбольших распределённых архивов доработке подверглись существующие решения:

- модули блоков построения интерфейсов работы с графиками для интеграции данных UNISAT (включая необходимые описания) и создаваемой инфраструктуры получения рядов данных;
- инструмент работы с «показателями» для построения по ним временных серий;
- блоки картографических интерфейсов сервисов спутникового мониторинга.

Далее будут кратко описаны основные решения, принятые при реализации новых блоков сервисов для эффективного предоставления доступа к временным сериям данных сверхбольших распределённых архивов.

### Блок диспетчеризации заданий

Реализация асинхронной онлайн-схемы работы привела к необходимости использования специальной подсистемы управления заданиями на получение временных рядов данных на серверах различных информационных узлов распределённых архивов. Для реализации сервисов было необходимо обеспечить решение следующих основных задач:

- Формирование комплексных задач обработки на получение требуемых временных серий данных, состоящих из набора заданий, предназначенных для выполнения на серверах информационных узлов распределённого архива.
- Предоставление серверам информации о сформированных для них заданиях, включая все необходимые параметры для получения временного ряда данных.
- Получение от серверов информации о ходе выполнения задания, а если оно выполнено — получение результата.
- Предоставление в интерфейс информации о ходе выполнения комплексной задачи обработки, а если она успешно выполнена — отправка агрегированного результата.
- Кэширование результатов выполнения комплексных задач обработки.

Для решения указанных задач была использована новая система управления комплексными задачами обработки данных TASK JOBS, разработанная в Институте космических исследований РАН (ИКИ РАН). Ключевым её преимуществом представляется возможность управления составными задачами по обработке как спутниковых данных, так и другой информации. Типичным примером такого рода задач служит построение композитных спутниковых изображений по большим территориям, фрагменты которых формируются в параллельном режиме на кластере серверов обработки. Также к таким задачам можно отнести и любую другую обработку, которая может быть выполнена в параллельном режиме и для которой важно получить итоговый результат в заданное время. Таким образом, основной особенностью представленной системы управления становится возможность отслеживания не только отдельных заданий по обработке данных, но и их комплектов.

Также при разработке системы TASK JOBS большое внимание было уделено гибкости её настроек, что во многом обеспечивается использованием JSON-структур (*англ.* JavaScript Object Notation) для описания как отдельных заданий по обработке, так и задач, в которые они входят. Это позволяет использовать данную систему для широкого спектра различных задач. В частности, наряду с выполнением комплексных (составных) задач обработки данных поддерживается также режим с потоковым поступлением новых заданий по обработке спутниковых данных. А в тех случаях, когда результатом обработки отдельного задания оказывается относительно компактная текстовая информация, он может быть сохранён в самой системе управления обработкой. Таким образом, при создании рассматриваемой системы ставилась задача предоставления разработчикам программной среды для организации самых разных вариантов управления задачами обработки.

## **Блок быстрого получения наборов метаданных временных серий**

Максимально быстрое получение наборов метаданных временных серий необходимо в первую очередь при работе с протяжёнными рядами данных, насчитывающими более десятков тысяч отдельных элементов, с которыми существующие «поэлементные» схемы становятся крайне неэффективными и затратными по времени выполнения. Метаданные элементов описывают не только коэффициенты калибровки и нормализации данных, но и варианты построения продукта и правила (формулы) его вычисления из базовых составляющих. Следует отметить, что не для всех имеющихся в архивах ЦКП «ИКИ-Мониторинг» рядов продуктов может быть применён одинаковый набор метаданных, — в этом случае необходимо использовать оптимизированные варианты поэлементного запроса. В рамках создания блока для быстрого получения наборов метаданных временных серий были реализованы программные модули, работающие в инфраструктуре архивов, построенных по технологии UNISAT, которые обеспечивают формирование комплектов метаданных для каждого задания в очереди системы TASK\_JOBS.

## **Блок получения значений данных и вычисления продуктов**

Ядром системы сервисов для эффективного предоставления доступа к временным сериям выступает блок быстрого получения значений продуктов. Блок поддерживает необходимый для работы функционал, а именно:

- получение задания из очереди заданий блока диспетчеризации;
- запрос и получение метаданных и информации о доступе к исходным файлам;
- перепроектирование координат запроса в конкретные проекции исходных данных;
- быстрое извлечение значений в пикселях файлов исходных данных в указанных координатах и их окрестности;
- применение коэффициентов коррекции, нормировки в соответствии с формулами продукта;
- применение расчёта значений для вычисляемых по исходным данным продуктов.

Кроме этого, модули блока получения значений предусматривают средства оптимизации выполнения запросов, такие как параллельное чтение с учётом параметров вычислительных средств узла, а также оптимизации, связанные с получением данных разных каналов в общих исходных файлах.

О результатах обработки задания, включая информацию о ходе выполнения, блок сообщает путём вызова методов блока диспетчеризации. Результаты работы (массивы значений продуктов временных серий) становятся доступными для загрузки в интерфейсы предоставления доступа при отметке об успешном выполнении задания.

## **Блоки кэширования данных**

Кэширование (сохранение результатов выполнения заданий) данных для их повторного использования позволяет избегать повторных запросов временных рядов и их подмножеств, а также формировать новые вычисляемые продукты на основе данных уже сформированных временных серий. Кэширование данных реализовано для эффективного формирования временных серий как на серверном уровне (уровне исходных данных) — в блоке диспетчеризации, так и на уровне «клиента» — базовыми средствами интерфейса построения графиков.

## **Блок построения графиков по данным временных серий**

В спутниковых сервисах, использующих возможности ЦКП «ИКИ-Мониторинг» для работы с временными сериями, сформированными в офлайн-сценарии подготовки данных,

используются специализированные инструменты анализа рядов данных в виде графиков (Марченков и др., 2020, 2021). Архитектура построения данных инструментов обеспечивает их гибкость при решении различных задач и возможность реализации на их основе сервисов для эффективной работы с временными сериями значений, полученных по данным сверхбольших распределённых архивов спутниковых данных. Для создания инструмента работы с временными сериями по данным архивов ЦКП были реализованы специальные плагины для работы с рядами данных UNISAT и отображения сведений о продуктах, включая средства формирования вычисляемых продуктов на лету. В сценарии асинхронной онлайн-работы с данными инструменты построения графиков вызываются из картографических интерфейсов с указанием необходимых для исследования координат и продуктов обработки спутниковых данных. Для ведения информации о показателях (продуктах) реализована специализированная база данных (каталог показателей), содержащая информацию о том, какие показатели и как нужно отображать в виде графиков в рамках различных информационных систем. Инструмент графиков взаимодействует с блоком диспетчеризации и каталогом показателей. При этом пользователь может оперативно управлять как диапазонами отображения данных, так и производными статистическими характеристиками.

### Примеры использования созданных сервисов

В первую очередь применение сервисов для эффективной работы с временными сериями актуально для спутниковых систем, формирующих большое количество наблюдений земной поверхности. Одним из наиболее показательных примеров использования созданного сервиса выступает инструмент для работы с данными космического аппарата Himawari-8 в целях ретроспективного анализа и мониторинга активности вулканов в информационной системе дистанционного мониторинга активности вулканов Камчатки и Курил VolSatView (Гирина и др., 2017).

Данные геостационарного аппарата Himawari-8 характеризуются высокой частотой наблюдений — каждые 10 мин. Созданные сервисы работы с временными сериями позволяют пользователям системы VolSatView в настоящее время на лету получать графики значений по таким протяжённым сериям в точке с произвольными координатами в зонах мониторинга вулканической активности. Пример графика по временной серии наблюдений в инфракрасном канале прибора АНИ (*англ.* Advanced Himawari Imager) зоны влк. Карымский приведён на *рис. 2*. График, содержащий более 150 тыс. наблюдений за последние три года, был сформирован за 24 мин на существующем оборудовании.

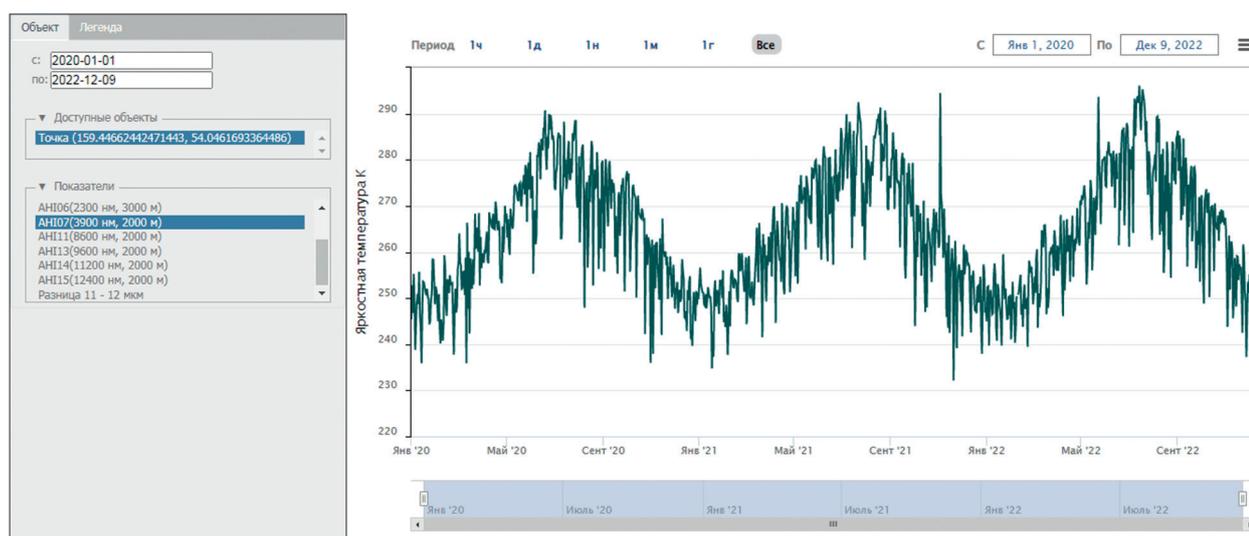


Рис. 2. Временная серия наблюдений зоны извержения влк. Карымский

По данным температуры пользователи системы могут выявлять как не исследованные ранее события (извержения), так и события, подтверждённые другими спутниковыми системами. Проведение подобного оперативного анализа существовавшими ранее средствами было бы более трудоёмко, а по произвольно выбранным координатам на лету — невозможно.

В настоящее время активно ведутся работы по развёртыванию инструментов для эффективной работы с временными сериями данных других геостационарных аппаратов и отдельных композитных продуктов архивов ЦКП «ИКИ-Мониторинг» в сервисах созвездия «Вега». Также созданные инструменты планируется использовать:

- в сервисе «Вега-Science» (<http://sci-vega.ru/>) (Лупян и др., 2021; Loupian et al., 2022; Savorskii et al., 2020) для разнопрофильных задач анализа многолетних спутниковых данных;
- информационной системе «Вега-Pro» (<http://pro-vega.ru/>) (Денисов и др., 2022; Толпин и др., 2011) для различных задач, в том числе оценки и прогноза состояния сельскохозяйственной растительности;
- интерфейсах объединённой системы работы с данными НИЦ (Научно-исследовательского центра) «Планета» (<http://moscow.planeta.smlab.ru/>) (Бурцев и др., 2019; Лупян и др., 2014) для работы, в числе прочих, с оперативными и архивными данными российских космических аппаратов.

Кроме этого, полученные наработки для эффективной работы с рядами данных будут применены в интерфейсах создаваемой в рамках важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ) информационно-аналитической системы «Углерод-Э» ([carbon.geosmis.ru](http://carbon.geosmis.ru/)) для работы с многолетними данными о растительности, запасах углерода и древесины.

## Заключение

Рост временной глубины архивов спутниковых данных совместно с их объёмом в настоящее время становится неизбежным процессом. В настоящей статье описаны разработанные сервисы для эффективного предоставления доступа к временным сериям данных сверхбольших распределённых архивов, позволяющие реализовывать онлайн-инструменты для ретроспективного анализа данных таких архивов в произвольной точке на земной поверхности для различных задач мониторинга. В настоящее время разработанные сервисы развёрнуты и используются в системе дистанционного мониторинга вулканов VolSatView и в ближайшей перспективе будут доступны во всех базовых и специализированных сервисах спутникового мониторинга созвездия «Вега» (<http://sozvezdie-vega.ru/>) для работы с данными архивов ЦКП «ИКИ-Мониторинг».

Работы по развитию технологий анализа долговременных рядов спутниковых данных велись при поддержке темы Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Большие данные в космических исследованиях: астрофизика, солнечная система, геосфера» (№ 122042500019-6).

## Литература

1. Бурцев М. А., Милехин О. Е., Крамарева Л. С., Антонов В. Н., Балашов И. В., Кашицкий А. В., Лупян Е. А., Матвеев А. М., Прошин А. А., Успенский С. А. Объединённая система распределённой работы с данными центров приема НИЦ «Планета»: текущие возможности и перспективы развития // Информационные технологии в дистанционном зондировании Земли — RORSE 2018: сб. ст. конф. ИКИ РАН, 2019. С. 374–379. DOI: 10.21046/rorse2018.374.
2. Гирина О. А., Лупян Е. А., Гордеев Е. И., Сорокин А. А., Крамарева Л. С., Мельников Д. В., Маневич А. Г., Уваров И. А., Кашицкий А. В., Романова И. М., Константинова А. М., Королев С. П. Информационная система VolSatView для комплексного анализа активности вулканов Камчатки и Курил

- // Материалы 4-й Всероссийской научно-практич. конф. «Информац. технологии и высокопроизвод. вычисления». Хабаровск, 11–14 сент. 2017. Хабаровск: Тихоокеанский гос. ун-т, 2017. С. 36–39.
3. Денисов П. В., Трошко К. А., Лупян Е. А., Толпин В. А. Возможности и опыт использования информационной системы Вега-PRO для мониторинга сельскохозяйственных земель // Вычисл. технологии. 2022. Т. 27. № 3. С. 66–83. DOI: 10.25743/ICT.2022.27.3.006.
  4. Константинова А. М., Балашов И. В., Кашицкий А. В., Лупян Е. А. Унифицированная технология дистанционного мониторинга природных и антропогенных объектов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 41–52. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-41-52.
  5. 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.
  6. 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., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. 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.
  7. Лупян 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., Сычугов 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. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
  8. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Бриль А. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Миклашевич Т. С., Плотников Д. Е., Радченко М. В., Стыценко Ф. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А., Хвостиков С. А., Ховратович Т. С. Система «Вега-Science»: особенности построения, основные возможности и опыт использования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 6. С. 9–31. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
  9. Марченков В. В., Уваров И. А. Развитие инструментов графического анализа рядов данных в системах семейства «Созвездие-Вега» // Материалы 18-й Всерос. открытой конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 16–20 нояб. 2020. С. 91. DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.
  10. Марченков В. В., Уваров И. А. Архитектура web-приложения графического анализа рядов данных в системах спутникового мониторинга // Материалы 19-й Международ. конф. «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». 15–19 нояб. 2021. С. 103. DOI: 10.21046/19DZZconf-2021a.
  11. Прошин А. А., Лупян 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.
  12. Толпин В. А., Балашов И. В., Савин И. Ю., Лупян Е. А. Спутниковый сервис «Вега» // Земля из космоса: Наиболее эффективные решения. 2011. № 9. С. 32–37.
  13. Loupian E. A., Bourtsev M. A., Proshin A. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Radchenko M. V., Tolpin V. A., Uvarov I. A. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System // Remote Sensing. 2022. V. 14. No. 1. Art. No. 77. DOI: 10.3390/rs14010077.
  14. Savorskii V. P., Loupian E. A., Panova O. Y., Konstantinova A. M., Ermakov D. M., Balashov I. V. VEGA-Science services for monitoring the impact technogenic waste and dumps sources on environment // ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2020. V. V-3-2020. P. 323–329. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-323-2020>.

## Development of services for effective time series data analysis for ultra-large distributed archives

I. V. Balashov, V. V. Marchenkov, A. A. Proshin, B. P. Rutkevich, I. A. Uvarov

*Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*

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

At present, specialists have access to “long-term” archives of satellite data on large territories for Earth studies from space and monitoring of various processes and phenomena. In particular, such archives are implemented within the framework of the IKI-Monitoring Center, which was created in 2012 to provide access to the archives of remote sensing data, including providing users with a wide range of various interactive tools for their analysis and processing. One of them is a tool that allows displaying as graphs the time series of various characteristics at a user-specified point on the Earth’s surface, obtained “on the fly” on the basis of processing a set of multi-temporal satellite observations. This tool allows to analyze the dynamics of change of various characteristics and is used in solving a number of tasks of satellite monitoring. It is important to note that to obtain the required time series of data at a given point in some cases it is necessary to process a very large number of satellite observations (more than 100 thousand), so the task of minimizing the time of preparation of such data becomes particularly relevant. It was also equally important to support the work with a wide range of different types of characteristics. The article describes new more efficient services for obtaining time series of different characteristics, developed at IKI RAS for analyzing data from ultra-large distributed satellite data archives.

**Keywords:** monitoring, remote sensing, data archives, time series of observations

Accepted: 14.04.2023

DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-2-113-122

### References

1. Burtsev M. A., Milekhin O. E., Kramareva L. S., Antonov V. N., Balashov I. V., Kashnitskii A. V., Loupian E. A., Matveev A. M., Proshin A. A., Uspenskii S. A., SRC “Planeta” United System for Distributed Data Handling: Actual Features and Future Evolution, *Informatsionnye tekhnologii v distantsionnom zondirovani Zemli — RORSE 2018* (Information Technologies in Remote Sensing of the Earth — RORSE 2018), Proc. Conf., IKI, 2019, pp. 374–379 (in Russian), DOI: 10.21046/rorse2018.374.
2. Girina O. A., Loupian E. A., Gordeev E. I., Sorokin A. A., Kramareva L. S., Mel’nikov D. V., Manevich A. G., Uvarov I. A., Kashnitskii A. V., Romanova I. M., Konstantinova A. M., Korolev S. P., Information System Volsatview for complex analysis of Kamchatka and Northern Kurilies Volcanic Activity, *Informatsionnye tekhnologii i vysokoproizvoditel’nye vychisleniya* (Information Technologies and High-Performance Computing), Proc. IV All-Russia Scientific-Practical Conf., Khabarovsk, 11–14 Sept. 2017, pp. 36–39 (in Russian).
3. Denisov P. V., Troshko K. A., Loupian E. A., Tolpin V. A., Potential and experience of Vega-PRO information system use for monitoring of agricultural lands, *Vychislitel’nye tekhnologii*, 2022, Vol. 27, No. 3, pp. 66–83 (in Russian), DOI: 10.25743/ICT.2022.27.3.006.
4. Konstantinova A. M., Balashov I. V., Kashnitskii A. V., Loupian E. A., Unified technology for remote monitoring of natural and anthropogenic objects, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, No. 4, pp. 41–52 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-41-52.
5. Lupyan E. A., Milekhin O. E., Antonov V. N., Kramareva L. S., Burtsev M. A., Balashov I. V., Tolpin V. A., Solov’ev V. I., System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology, *Russian Meteorology and Hydrology*, 2014, Vol. 39, No. 12, pp. 847–853.
6. 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., 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 (in Russian).
7. 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., 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 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
8. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Bril A. A., Egorov V. A., Zharko V. O., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Miklashevich T. S., Plotnikov D. E., Radchenko M. V., Stytsenko F. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Khvostikov S. A., Khovratovich T. S., Vega-Science system: design features, main capabilities and usage experience, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, No. 6, pp. 9–31 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-6-9-31.
  9. Marchenkov V. V., Uvarov I. A., Development of tools for graphical analysis of data series in systems of the “Sozvezdie-Vega” family, *Materialy 18-i Vserossiiskoi otkrytoi konferentsii “Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”* (Proc. 18<sup>th</sup> All-Russia Open Conf. “Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space”), 16–20 Nov. 2020, p. 91 (in Russian), DOI: 10.21046/18DZZconf-2020a.
  10. Marchenkov V. V., Uvarov I. A., Chart-based data series analysis web-application architecture in satellite monitoring systems, *Materialy 19-i Mezhdunarodnoi konferentsii “Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”* (Proc. 19<sup>th</sup> Intern. Conf. “Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space”), 15–19 Nov. 2021, p. 103 (in Russian), DOI: 10.21046/19DZZconf-2021a.
  11. Proshin A. A., Loupian E. A., Balashov I. V., Kashnitskii A. V., Burtsev M. A., 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 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-3-9-27.
  12. Tolpin V. A., Balashov I. V., Lupyan E. A., Savin I. Yu., “VEGA” satellite service, *Zemlya iz kosmosa: Naibolee effektivnye resheniya*, 2011, No. 9, pp. 32–37 (in Russian).
  13. Loupian E. A., Bourtsev M. A., Proshin A. A., Kashnitskii A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Radchenko M. V., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System, *Remote Sensing*, 2022, Vol. 14, No. 1, Art. No. 77, DOI: 10.3390/rs14010077.
  14. Savorskii V. P., Loupian E. A., Panova O. Yu., Konstantinova A. M., Ermakov D. M., Balashov I. V., VEGA-Science services for monitoring the impact technogenic waste and dumps sources on environment, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2020, Vol. V-3-2020, pp. 323–329, <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-323-2020>.