

На правах рукописи

Недолужко Илья Валерьевич

**ИНТЕГРАЦИЯ РЕСУРСОВ СПУТНИКОВОГО ЦЕНТРА
В ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗЕМЛЁЙ**

05.13.11 – математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Владивосток

2014

Работа выполнена в лаборатории спутникового мониторинга Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН

Научный руководитель: Алексанин Анатолий Иванович,
доктор технических наук,
зав. лаб. спутникового мониторинга
ИАПУ ДВО РАН

Официальные оппоненты: Жижимов Олег Львович,
доктор технических наук,
зав. лаб. информационных ресурсов
Института вычислительных технологий
СО РАН

Краснопеев Сергей Михайлович,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник,
зав. лаб. ГИС-технологий и моделирования
геосистем Тихоокеанского института
географии ДВО РАН

Ведущая организация: Институт космических исследований РАН,
г. Москва

Защита состоится «11» июля 2014 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 005.007.01 в Институте автоматизации и процессов управления ДВО РАН по адресу: 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН и на сайте ИАПУ ДВО РАН по адресу <http://iacp.dvo.ru/russian/institute/dissertation/represent.html>.

Автореферат разослан «_____» _____ 2014 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 005.007.01, д.т.н.



А.В.Лебедев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящий момент данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса широко применяются в различных отраслях исследовательской и хозяйственной деятельности человека. Ввиду сложности технологий восстановления физических параметров наблюдаемых объектов по спутниковым изображениям, значительная часть обработки данных переносится на сторону спутниковых центров (СЦ). Эффективность решения прикладных и теоретических задач напрямую зависит от развитости средств доступа потребителей к продуктам и технологиям обработки данных ДЗЗ. Задачи, связанные с мониторингом природных и антропогенных объектов могут требовать оперативного доступа (десятки раз в сутки).

Современное состояние области ДЗЗ характеризуется непрерывным ростом числа спутников, типов измерительной аппаратуры и созданием новых алгоритмов обработки данных. Результатом обработки данных одного сенсора, полученных в рамках одного сеанса приёма, могут являться десятки или даже сотни продуктов. Обеспечение нужд потребителей спутниковых данных в рамках одного СЦ постепенно становится невозможным. Как следствие, одним из приоритетных мировых направлений в области доступа к данным ДЗЗ является создание глобальных распределённых информационных систем (ИС). В таких системах пользователь получает доступ ко всем ресурсам через единую точку входа — отсутствует зависимость от особенностей поставщика ресурсов.

Существующие ИС ДЗЗ, включающие в себя такие средства, можно разделить на два основных типа: проблемно-ориентированные и общего назначения. К проблемно-ориентированным следует отнести системы, предназначенные для решения конкретного класса задач (оперативный мониторинг пожаров, разливов нефти, состояния лесов и т.д.). Системы общего назначения тематически нейтральны и построены на основе общих принципов, применимых к данным ДЗЗ.

Получивший широкое распространение традиционный подход к построению ИС ДЗЗ основан на организации доступа к данным. Этот подход ограничивает возможности пользователя поиском и получением данных от СЦ. Задачи пользователей-исследователей могут быть связаны с разработкой методик обработки спутниковых данных на основе подбора комбинаций алгоритмов и уточнения их параметров. В этом случае СЦ должен предоставить пользователю простой удалённый доступ к средствам обработки, размещаемых на стороне СЦ в силу их ресурсоёмкости и сложности в эксплуатации. Сервис-ориентированный подход к созданию современных ИС ДЗЗ даёт возможность решения такой задачи.

За последние годы выработано значительное число стандартов, определяющих функциональные и информационные модели взаимодействия клиента и сервера в ИС ДЗЗ. В то же время, все они рассматривают заказ данных у СЦ и их обработку как отдельные задачи, равно как поиск и получение данных. Не разработаны модели и комплексный подход к созданию ИС СЦ, обеспечивающей совместимость с этими стандартами и интеграцию в глобальные ИС ДЗЗ, при этом предоставляющей пользователям-исследователям простой доступ к обработке данных.

Поэтому актуальной проблемой является разработка подходов к созданию системы для интеграции ресурсов спутникового центра (СИРЦ) в глобальные информационные системы для работы с данными дистанционного зондирования Земли из космоса. При этом необходимо учесть потребности пользователей-исследователей на доступ к обработке спутниковых данных по запросу в соответствии с выбираемой ими технологией.

Целью диссертационной работы является разработка моделей, методов и средств интеграции информационных и вычислительных ресурсов спутникового центра в глобальную ИС ДЗЗ Европейского космического агентства с учётом потребностей пользователей-исследователей, на примере Центра коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН (СЦ ДВО РАН).

Достижение поставленной цели требует решения следующих **задач**:

1. Разработка требований к СИРЦ на основе анализа свойств глобальной ИС ДЗЗ Европейского космического агентства и опыта СЦ ДВО РАН по работе с пользователями-исследователями.
2. Разработка моделей СИРЦ и её компонентов.
3. Разработка методов создания СИРЦ и их реализация в СЦ ДВО РАН.

Методы исследования. При формировании требований к СИРЦ был проведён анализ возможностей и требований современных глобальных ИС ДЗЗ. При разработке моделей и подходов к созданию СИРЦ были использованы язык UML и подход SOA. При создании прототипа СИРЦ использовались методы системного, объектно-ориентированного и модульного программирования.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Для интеграции в глобальную ИС ДЗЗ Европейского космического агентства впервые разработан концептуальный проект СИРЦ, обеспечивающий пользователям-исследователям возможность заказа на обработку спутниковых данных с заданием используемых алгоритмов и их параметров.
2. Впервые разработаны функциональные и информационные модели открытого репозитория спутниковых данных, объединяющего сервисы поиска и доступа к данным.

3. Предложен новый метод создания сервиса заказа спутниковых данных в виде клиента сервисов обработки в соответствии с требованиями международных стандартов.

Практическая значимость диссертации и реализация результатов работы. Практическая значимость полученных в диссертационной работе результатов заключается в том, что разработанные методы и комплекс программ позволяют интегрировать информационные системы спутниковых центров в глобальную информационную систему SSE Европейского космического агентства.

На основе разработанных моделей, методов и средств в Центре коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН создана и внедрена система СИРЦ, обеспечивающая интеграцию в глобальную информационную систему SSE. СИРЦ предоставляет пользователю-исследователю средства поиска и получения спутниковых данных, а также заказа на обработку в соответствии с задаваемой им технологией.

Созданные средства отвечают требованиям международных стандартов и будут использованы для интеграции в общероссийские системы ЕТРИС ДЗЗ (Роскосмос) и ЕСИМО (Росгидромет). Разработанные модели и методы позволяют сократить работы по созданию и поддержке СИРЦ в рамках других СЦ, и предложены к применению в рамках всероссийской системы ЕТРИС ДЗЗ.

Решение задач диссертационной работы выполнялось в рамках следующих научных проектов, грантов и программ: РФФИ 04-07-90350-в, 06-01-96915-р_офи, 08-07-00227-а, 11-01-12107-офи-м-2011, 11-07-00511-а, ДВО РАН 10-III-B-01И-012 и 11-III-B-01И-012, гос. контракта №02.518.11.7152 Минобрнауки России.

Положения, выносимые на защиту:

1. Концептуальный проект и конечная архитектура СИРЦ.
2. Функциональные и информационные модели открытого репозитория спутниковых данных, объединяющего сервисы поиска и доступа к данным.
3. Метод создания сервиса заказов спутниковых данных, обеспечивающий заказ на обработку согласно задаваемой пользователем технологии.

Обоснованность и достоверность результатов работы обеспечиваются корректным применением использованных в работе методов исследования и подтверждаются эффективным практическим применением предложенных в диссертации моделей, методов и программных средств.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на Дальневосточной математической школе-семинаре имени академика Е.В. Золотова (г. Владивосток, 2004, 2006, 2008); Международной

конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (г. Алушта, 2005); Санкт-Петербургской Международной конференции «Региональная информатика – 2006» (г. Санкт-Петербург, 2006); Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (г. Москва, 2007, 2008, 2009, 2011, 2012); Международной конференции «Advances of Satellite Oceanography: Understanding and Monitoring of Asian Marginal Seas» (г. Владивосток, 2007); Всероссийской конференции «Современные информационные технологии для научных исследований» (г. Магадан, 2008); Всероссийской конференции с участием иностранных учёных «Проблемы мониторинга окружающей среды» (г. Кемерово, 2009); Международной конференции «First Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications» (г. Владивосток, 2010); Российской конференции с участием иностранных учёных «Распределённые информационные и вычислительные ресурсы» (г. Новосибирск, 2010); Всероссийской объединённой конференции «Интернет и современное общество» (г. Санкт-Петербург, 2011, 2012); конференции «Использование средств и ресурсов единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане для информационного обеспечения морской деятельности в Российской Федерации» (г. Обнинск, 2012); Международной конференции «Remote Sensing in Asia Pacific (RSAP-2013)» (г. Владивосток, 2013); конкурсе работ молодых учёных на базе конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (г. Москва, 2009); конкурсе научных работ молодых учёных и специалистов ИАПУ ДВО РАН (2010); семинарах лаборатории спутникового мониторинга ИАПУ ДВО РАН.

Публикация результатов работы. По материалам диссертации опубликовано 33 работы, из них 8 статей в журналах, входящих в перечень ВАК РФ, и 1 работа в сборнике докладов международной конференции, индексируемом в базе Scopus.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы, включающего 138 наименований. Основное содержание изложено на 130 страницах машинописного текста, включает 31 рисунок.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассматриваются современное состояние проблемы создания ИС ДЗЗ и актуальность темы исследования. Формулируется цель и задачи диссертационной работы, раскрыта научная новизна и практическая значимость.

Первая глава посвящена обзору литературы. В ней даются базовые определения, принятые в области ДЗЗ, или введенные в рамках диссертации. Исследуется эволюция подходов к созданию информационных систем, предназначенных для работы с данными дистанционного зондирования Земли из космоса. Рассматриваются модели и стандарты взаимодействия потребителя с ИС ДЗЗ. Производится анализ существующих глобальных ИС ДЗЗ в России и мире, а также опыт интеграции в них. Делается вывод о перспективности интеграции в европейскую ИС Service Support Environment (SSE) для СЦ, нацеленного на решение задач пользователей-исследователей.

Во второй главе разрабатываются требования к СИРЦ. При этом учитывается опыт СЦ ДВО РАН по работе с пользователями-исследователями, а также производится анализ свойств SSE и используемых в ней стандартов. В результате формируются **конечные требования к СИРЦ**:

1. Создание СИРЦ должно происходить в несколько этапов, с учётом трудоёмкости разработки, создания и внедрения требуемых сервисов.
2. На первом этапе создания СИРЦ необходимо ориентироваться на соответствие стандартам SSE первого поколения.
3. На втором этапе развития СИРЦ необходимо ориентироваться на соответствие стандартам, предложенным в рамках проекта НМА.
4. СИРЦ должна обеспечивать возможность расширения за счёт добавления новых интерфейсов.
5. Необходимо организовать доступ к распределённой системе обработки спутниковых данных СЦ, используя интерфейс OGC WPS.
6. В рамках СИРЦ необходимо создание сервиса заказа согласно требованиям стандартов ИС SSE.
7. При разработке и создании СИРЦ необходимо ориентироваться на применение существующего программного обеспечения.
8. Доступ к СИРЦ необходимо обеспечить через портал SSE, веб-интерфейс на сайте СЦ и на нижнем уровне (для межсистемного взаимодействия).
9. В рамках СИРЦ необходимо создание подсистемы, решающей вопросы управления данными и метаданными — *репозитория спутниковых данных*.

Были разработаны следующие **требования к репозиторию**:

1. Репозиторий должен обеспечивать оперативное и долговременное хранение спутниковых данных.
2. Репозиторий должен работать с классификацией данных, используемой в SSE: «продукт» (данные) и «коллекция» (группа однотипных продуктов).
3. Репозиторий должен обеспечивать совместимость со способами идентификации данных, используемых в SSE

4. Репозиторий должен предоставлять возможность поиска и просмотра метаданных через интерфейс каталога, согласно требованиям SSE.
5. Метаданные, хранимые в каталоге, должны содержать актуальную информацию о состоянии хранилищ спутниковых данных репозитория.
6. Репозиторий должен предоставлять различные механизмы поставки данных пользователю, в соответствии с его предпочтениями.
7. Репозиторий должен предоставлять механизм получения данных от пользователя.
8. Репозиторий должен быть открытым, т. е. позволять расширение за счёт включения новых интерфейсов каталогов и передачи данных.
9. Отдельный узел репозитория должен иметь возможность обслуживания нескольких хранилищ данных.
10. Организация репозитория поверх существующих хранилищ не должна требовать немедленной реорганизации их структуры.

Третья глава посвящена разработке моделей СИРЦ и открытого репозитория спутниковых данных, обеспечивающих соответствии разработанным требованиям. На рис. 1 представлен концептуальный проект СИРЦ.

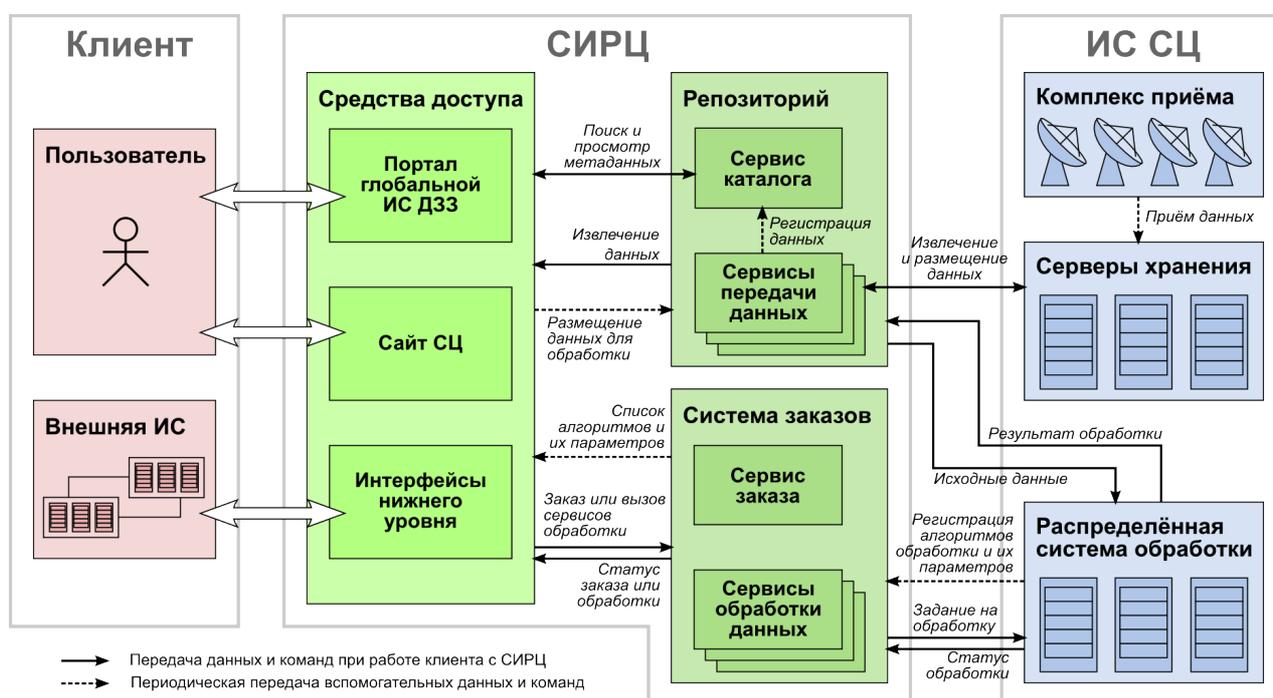


Рис. 1. Концептуальный проект СИРЦ. Взаимодействие СИРЦ с клиентом и существующей информационной системой спутникового центра.

Взаимодействие клиента с СИРЦ определяется набором операций:

- *поиск и просмотр метаданных* — реализуется каталогом репозитория;
- *извлечение данных* — реализуется сервисами передачи данных репозитория;

- *размещение данных* (для последующей обработки на стороне СЦ) — реализуется средствами репозитория;
- *получение списка доступных алгоритмов и их возможных параметров* — реализуется средствами сервисов заказа и вызова обработки;
- *заказ обработки или непосредственный вызов процедур обработки* — реализуется средствами сервисов заказа и вызова обработки;
- *запрос статуса обработки* — реализуется средствами сервисов заказа и вызова обработки.

Взаимодействие СИРЦ с ИС СЦ определяется набором операций: *размещение данных в хранилище* — реализуется локально и посредством файлоориентированных протоколов (SMB, FTP, и т. д.);

- *извлечение данных из хранилища* — аналогично;
- *запуск задания на обработку* — реализуется средствами распределённой системы обработки СЦ;

В свою очередь, **взаимодействие существующей ИС СЦ с СИРЦ** определяется набором операций:

- *извлечение исходных данных для обработки* — реализуется средствами репозитория;
- *сохранение результата обработки* — реализуется средствами репозитория;
- *регистрация списка доступных алгоритмов и их параметров* — обеспечивается системой заказов;
- *передача статуса обработки* — обеспечивается системой заказов.

Репозиторий объединяет сервисы каталога и передачи данных, соответствующие требованиям международных стандартов. Разработанные функциональная и информационная модели репозитория основаны на соответствующих моделях OAIS (Open Archival Information System). В отличие от OAIS, репозиторий рассматривает создание программной системы, функционирующей без участия оператора, учитывает специфику спутниковых данных, а также рассматривает вопрос оперативного хранения и передачи данных. Каталоги и средства хранения данных в репозитории представляют собой отдельные объекты, что даёт возможность применения для их создания существующих пакетов программ.

На разных этапах жизненного цикла данных OAIS вводит понятия помещаемых в архив данных (SIP, Submitted Information Package), хранимых данных (AIP, Archived Information Package), распространяемых данных (DIP, Disseminated Information Package). Понятие SIP объединяет сами данные (Content Information) и информацию об их хранении — PDI (Preservation

Description Information). Модель сохраняемых данных (AIP) и предоставляемых клиенту данных (DIP) в репозитории имеют идентичную структуру (рис. 2).



Рис. 2. Общие модели информации, с которой работает репозиторий, представленные в терминах OAIS

Информационные модели PDI коллекции и продукта представлены на рис. 3, 4. Структура и содержимое *метаданных коллекции* определяется используемым стандартом — например, ISO 19115. В ряде случаев (например, передача данных) допустимо указание только *идентификатора коллекции*. *Обзорные изображения* служат образцами продуктов коллекции. Важную часть PDI коллекции составляют *правила* — процедуры или конфигурация для них. На уровне коллекции могут быть определены *правила сохранения* данных, метаданных, и вспомогательных ресурсов; а также *правила генерации* метаданных продуктов и вспомогательных ресурсов (рис. 3).



Рис. 3. Модель информации, описывающей хранение коллекции (PDI коллекции)

Правила сохранения коллекций определяются на уровне репозитория администратором. Важную роль в работе репозитория играют *правила трансляции идентификаторов*, обеспечивающие взаимоднозначное

преобразование идентификатора в физическое размещение. Идентификаторы используются при выполнении операций *поиска и просмотра метаданных*, а также *получения данных*. Если *интерфейсы доступа к данным* не обеспечивают поддержки идентификаторов (например, FTP), идентификатор должен быть предварительно транслирован в путь к файлу (файлам). Такой подход позволяет обрабатывать данные клиентов СИРЦ наравне с данными самого СЦ, а также абстрагироваться от используемых протоколов передачи данных и организовать распределённую сеть хранилищ.

PDI продукта (рис. 4) включает в себя *идентификатор коллекции*. Последний задаётся в явном виде или содержится *метаданных продукта*, содержимое и структура которых определяется соответствующими стандартами (EOLI, OGC 06-080, ISO 19115 и т. д.). *Идентификатор продукта* входит в метаданные или генерируется репозиторием автоматически согласно правилам. *Вспомогательные ресурсы* могут представлять себя как *обзорные изображения*, используемые пользователем для визуальной оценки пригодности данных, так и набор *масок*, которые применяются для подобной оценки в автоматическом режиме. Продукт можно поместить в репозиторий, либо зарегистрировать его текущее размещение, что позволяет избежать излишней пересылки *данных*.



Рис. 4. Модель информации, описывающей хранение продукта (PDI продукта)

На рис. 5 представлена детализированная функциональная модель репозитория. Набор операций соответствует используемому в OAIS и включает в себя *размещение, поиск и извлечение данных*.

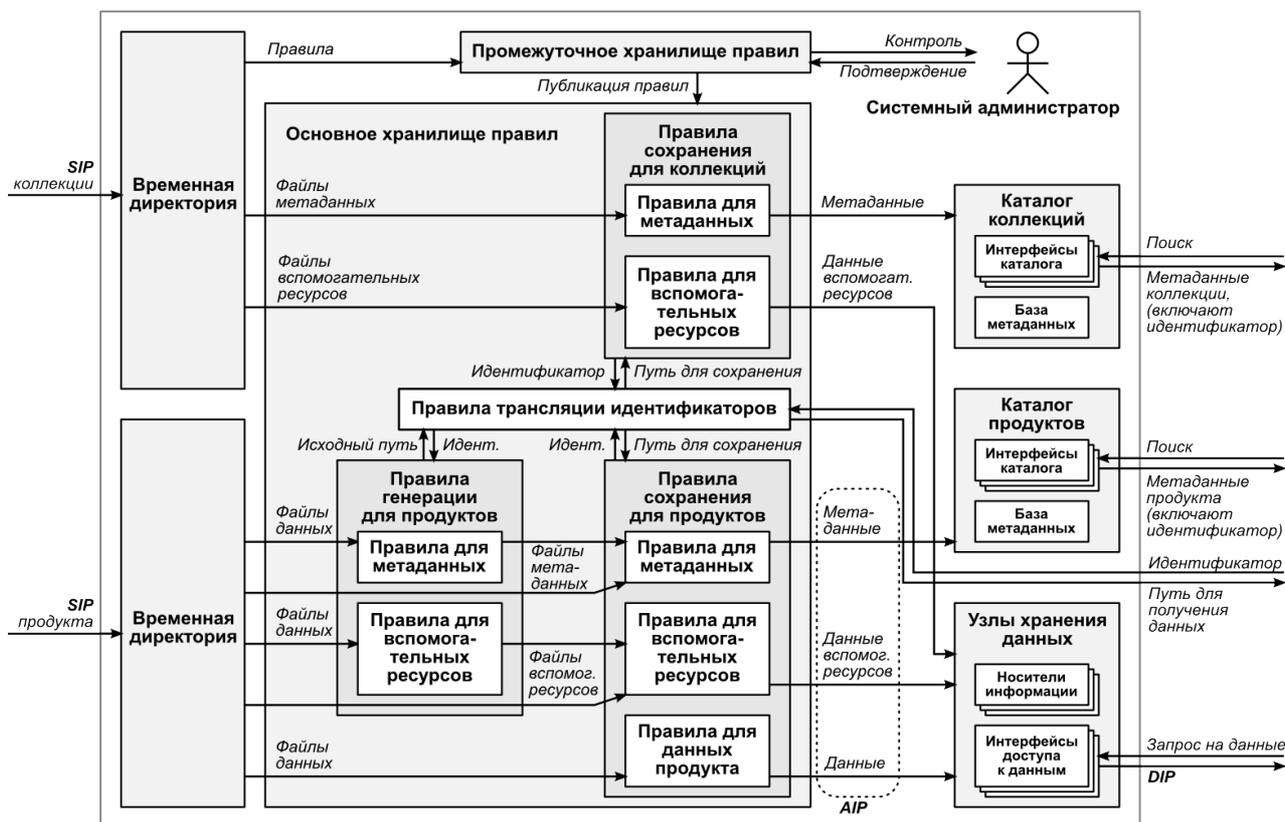


Рис. 5. Детализированная функциональная модель открытого репозитория

Система заказов на обработку спутниковых данных обеспечивает пользователю возможность заказа обработки выбранных данных с помощью заданных алгоритмов и их параметров. При этом обеспечивается соответствие стандартам на заказ спутниковых данных, используемых в глобальной ИС SSE. Доступ к существующей распределённой системе обработки спутниковых данных осуществляется через интерфейс, соответствующий стандарту на удалённый вызов процедур обработки данных ДЗЗ. *Сервис обработки* быть задействован как опосредованно, через *сервис заказа данных*, так и напрямую. Первый вариант наиболее удобен для конечных пользователей, в то время как второй использует более распространённый стандарт OGC WPS и предназначен в первую очередь для межсистемного взаимодействия.

Средства доступа к СИРЦ включают в себя веб-интерфейсы для конечного пользователя и стандартизированные *интерфейсы нижнего уровня*, предназначенные для взаимодействия «система-система». *Веб-интерфейс на портале SSE* является основной точкой входа для конечных пользователей данной ИС, в то время как *веб-интерфейс на сайте СЦ* ориентирован на постоянных клиентов СИРЦ. Его наличие делает СИРЦ менее зависимой от особенностей центрального портала SSE, но требует дополнительных затрат труда на разработку и поддержку.

Четвёртая глава посвящена разработке методов создания СИРЦ и их реализации в СЦ ДВО РАН. Для этого производится анализ возможностей и опытная эксплуатация пакетов программ, в которых заявлена полная или частичная реализация стандартов, требуемых ИС SSE; разработка конечной архитектуры СИРЦ; реализация методов в СЦ ДВО РАН.

С учётом возможностей и особенностей применения протестированных пакетов, была предложена архитектура СИРЦ 1-го этапа (рис. 6), обеспечивающая интеграцию в SSE с использованием её базовых стандартов. Её достоинствами являются отсутствие каких-либо модификаций существующей ИС СЦ и простота реализации в силу применения стандартов EOLI и SSE Order. К недостаткам следует отнести сложность поддержки (ограничения используемых стандартов, отдельное хранение правил трансляции), снижение актуальности используемых стандартов, а также невозможность обработки пользовательских данных.

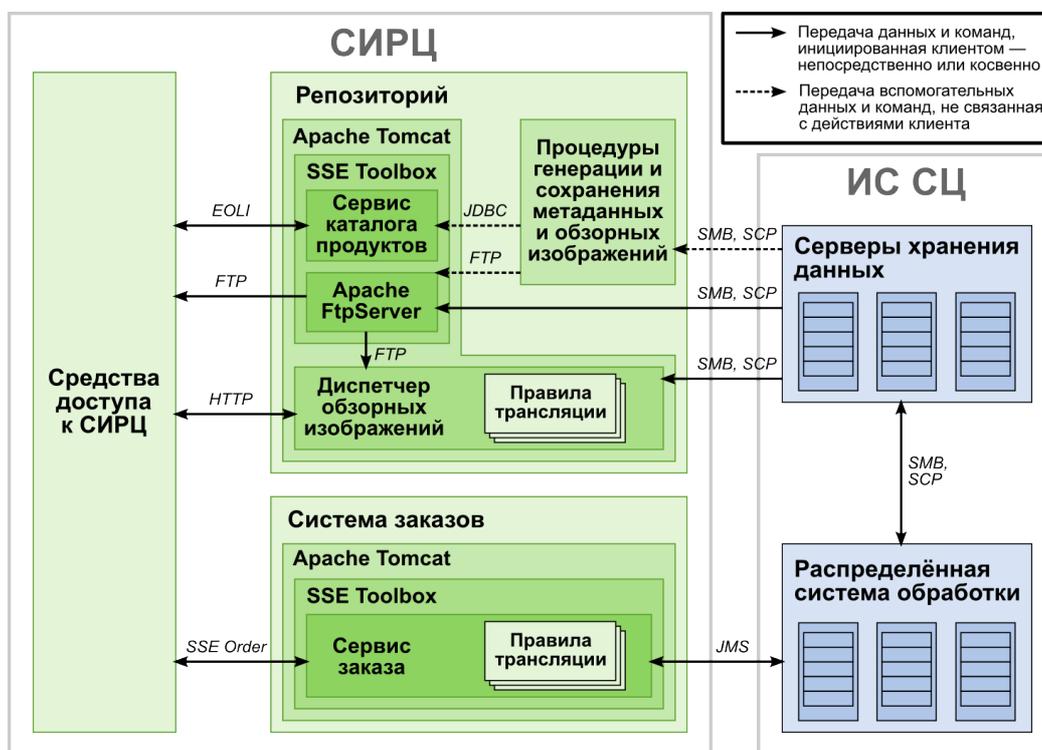


Рис. 6. Архитектура СИРЦ на первом этапе её развития

Архитектура 2-го этапа (рис. 7) более точно соответствует разработанному концептуальному проекту, и обеспечивает поддержку актуальных интерфейсов, разработанных для SSE в рамках проекта НМА. Реализация СИРЦ второго этапа является достаточно сложной технической задачей даже при использовании вспомогательных пакетов программ.

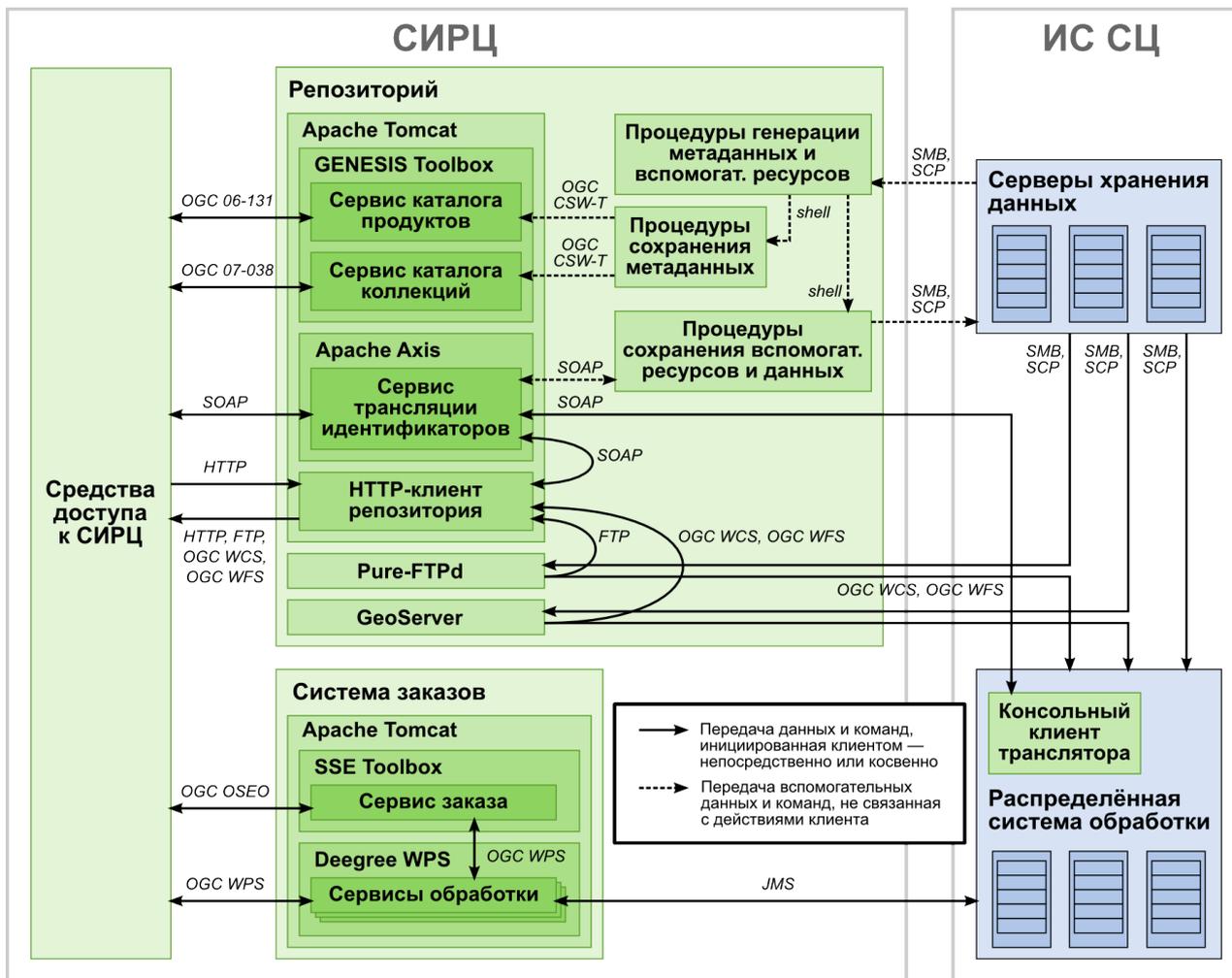


Рис. 7. Архитектура СИРЦ на втором этапе её развития

На рис. 7 также представлен разработанный **метод создания сервиса заказа**, используемого в рамках СИРЦ для заказа обработки данных. Свойства стандартов, используемых для сервисов заказа и обработки, позволяют перенести основные функции по взаимодействию с распределённой системой обработки (PCO) в сервисы обработки. Сервис заказа обеспечивает только функции, необходимые для взаимодействия с пользователем, и не требует модификации при добавлении новых сервисов обработки. **Для создания сервисов обработки предложен метод**, также снижающий трудозатраты на поддержку СИРЦ. В основе метода лежит автоматическая генерация и развёртывание новых сервисов в используемом контейнере, в соответствии с обновлением набора алгоритмов в PCO. Это возможно за счёт присутствия в PCO механизма, позволяющего сопоставлять каждому алгоритму набор описательной информации. Для организации доступа к такому алгоритму в данную информацию должен быть включён набор полей, требуемых стандартом OGC WPS, а также вспомогательные скрипты на языке Groovy.

Реализация разработанных методов в СЦ ДВО РАН потребовала применения как существующего программного обеспечения, так и создания комплекса программ на языках Java, Groovy, Toolbox Scripting Language, PHP, Python, JavaScript, bash, XSLT общим объёмом свыше 20 000 строк.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Разработаны требования к СИРЦ, с учётом опыта СЦ ДВО РАН по работе с пользователями-исследователями и на основе анализа свойств глобальной ИС ДЗЗ Европейского космического агентства.
2. Разработан концептуальный проект СИРЦ и конечная архитектура СИРЦ.
3. Разработаны модели и методы создания репозитория спутниковых данных.
4. Предложены методы создания интерфейса согласно стандарту OGC WPS для распределённой системы обработки спутниковых данных, применения интерфейса заказа спутниковых данных для организации заказа обработки, создания системы заказов на обработку спутниковых данных
5. Созданы программные средства, реализующие разработанные методы и обеспечивающие интеграцию ИС СЦ ДВО РАН в глобальную ИС SSE.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Недолужко И. В. Перспективы интеграции Центра спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в среду поставки и обработки данных Европейского космического агентства // **Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса**. 2008. Вып. 5, Т. II С. 561–567.
2. Шокин Ю. И., Пестунов И. А., Смирнов В. В., Синявский Ю. Н., Скачкова А. П., Дубров И. С., Левин В. А., Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Бабяк П. В., Громов А. В., Недолужко И. В. Распределенная информационная система сбора, хранения и обработки спутниковых данных для мониторинга территорий Сибири и Дальнего Востока // **Научный журнал Сибирского федерального университета. Серия «Техника и технологии»**. 2008. Т. 1. № 4. С. 291–314.
3. Левин В. А., Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Недолужко И. В. Спутниковый мониторинг на Дальнем Востоке: интеграция данных, средств обработки и предоставления услуг // **Горный информационно-аналитический бюллетень**. 2009. Отдельный выпуск № 18. С. 146–149.
4. Недолужко И. В. Заказ спутниковых данных среды SSE: реализация в ЦКП регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН //

- Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.** 2010. Т. 7. № 2. С. 189–192.
5. Недолужко И. В. Интеграция ресурсов Центра коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в среду SSE Европейского космического агентства // **Вычислительные технологии.** 2010. Т. 15. № 4. С. 116–130.
6. Левин В. А., Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Дьяков С. Е., Недолужко И. В., Фомин Е. В. Разработка технологий спутникового мониторинга окружающей среды по данным метеорологических спутников // **Открытое образование.** 2010. № 5. С. 41–49.
7. Лупян Е. А., Саворский В. П., Шокин Ю. И., Алексанин А. И., Назиров Р. Р., Недолужко И. В., Панова О. Ю. Современные подходы и технологии организации работы с данными дистанционного зондирования Земли для решения научных задач // **Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.** 2012. Т.9. № 5. С. 21-44.
8. Недолужко И. В., Бабяк П. В., Тарасов Г. В., Ерёменко В. С. Инфраструктура приёма, распределённой обработки и поставки спутниковых данных в Центре коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга ДВО РАН // **Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.** 2012. Т. 9. №3. С. 324–331.
9. Бабяк П. В., Недолужко И. В. Система удаленного доступа и управления обработкой спутниковой информации // Тез. XXIX Дальневосточной математической школы-семинара имени академика Е.В. Золотова. Владивосток, 2004. С. 141–142.
10. Бабяк П. В., Недолужко И. В. Организация доступа к метаданным и данным архива спутниковых данных Центра коллективного пользования ДВО РАН // Материалы XIV Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС-2005). Алушта, 2005. С. 58–59.
11. Недолужко И. В. Перспективы интеграции ЦКП Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в глобальные системы обмена спутниковыми метаданными // Тез. докл. XXXI Дальневосточной школы-семинара имени академика Е.В. Золотова. Владивосток, 2006. С. 176.
12. Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Бабяк П. В., Недолужко И. В. Развитие информационных и телекоммуникационных технологий ЦКП регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН // Тез. Международной конференции «Региональная информатика». Санкт-Петербург, 2006 г. С. 259.

13. Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Бабяк П. В., Недолужко И. В. Организация информационного обеспечения и телекоммуникационные технологии в спутниковом центре ДВО РАН // Тр. X Санкт-Петербургской Международной конференции «Региональная информатика». Санкт-Петербург, 2007. С. 329–333.
14. Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Бабяк П. В., Боловин Д. А., Недолужко И. В. Информационная система спутникового мониторинга океана и атмосферы Тихоокеанского региона // Сб. тез. Пятой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2007. С. 46.
15. Недолужко И. В. Проблемы интеграции Центра спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в портал Европейского космического агентства // Сб. тез. Пятой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2007. С. 306.
16. Alexanin A. I., Diakov S. E., Eremenko A. S., Naumkin Yu. V., Nedoluzhko I. V. Atmosphere and ocean monitoring in FEB RAS satellite centre: tasks and present state // Proc. of the International Conference "Advances of Satellite Oceanography: Understanding and Monitoring of Asian Marginal Seas". Vladivostok, 2007. P. 15–16
17. Недолужко И. В., Бабяк П. В. Принципы интеграции Центра спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в сеть обмена данными и метаданными Европейского космического агентства // Материалы Всероссийской конференции "Современные информационные технологии для научных исследований". Магадан, 2008. С. 141.
18. Недолужко И. В. Стратегия интеграции центра регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в среду обмена спутниковыми данными Европейского космического агентства // Тез. докл. XXXIII Дальневосточной математической школы-семинара имени академика Е.В. Золотова. Владивосток, 2008. С. 27.
19. Недолужко И. В., Бурый А. А., Поздняк П. Л. Интеграция информационной системы Центра спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН с внешними системами // Сб. тез. Шестой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2008. С. 77.
20. Левин В. А., Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Недолужко И. В., Харитонов Д.И. Спутниковый мониторинг на Дальнем Востоке: интеграция данных, средств обработки и предоставления услуг // Тез. X Всероссийской конференции с участием иностранных ученых «Проблемы мониторинга окружающей среды (ЕМ-2009)». Кемерово, 2009. URL: <http://conf.nsc.ru/reportview/3067>

21. Недолужко И. В., Бурый А. А., Поздняк П. Л. Функционирование Центра спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в качестве сервис-провайдера среды SSE Европейского космического агентства // Сб. тез. Седьмой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2009. С. 87.
22. Nedoluzhko I. V., Pozdnyak P. L., Bury A. A. An approach used to integrate into European Space Agency Service Support Environment using Semantic Web standards // Proceedings of First Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications. Vladivostok, 2010. P. 177–182.
23. Недолужко И. В., Алексанин А. И. Сервис-ориентированный подход к интеграции ресурсов спутникового центра в глобальные информационные системы // Материалы XIII Российской конференции с участием иностранных ученых "Распределенные информационные и вычислительные ресурсы" (DICR'2010). Новосибирск, 2010. URL: http://conf.nsc.ru/files/conferences/dicr2010/fulltext/29466/34565/Недолужко_paper.pdf
24. Бабяк П. В., Недолужко И. В., Фомин Е. В. Подход к предоставлению услуг по обработке спутниковых данных в Центре коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН // Материалы XIV Всероссийской объединённой конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2011). Санкт-Петербург, 2011. С. 27–32.
25. Бабяк П. В., Недолужко И. В., Тарасов Г. В. Инфраструктура приёма, распределённой обработки и поставки спутниковых данных ЦКП Регионального Спутникового Мониторинга ДВО РАН // Сб. тез. Девятой Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2011. С. 73.
26. Недолужко И. В., Коробкова О. О. Средства интеграции каталогов в современных европейских инфраструктурах данных ДЗЗ // Российский научный электронный журнал «Электронные библиотеки». 2012. Т. 15, вып. 3. URL: <http://elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2012/part3/NK>
27. Бабяк П. В., Недолужко И. В., Фомин Е. В. Подход к предоставлению услуг по обработке спутниковых данных в Центре коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН // Российский научный электронный журнал «Электронные библиотеки». 2012. Т. 15, вып. 4. URL: <http://elbib.ru/index.phtml?age=elbib/rus/journal/2012/part4/BNF>
28. Бабяк П. В., Недолужко И. В. Интеграция информационных и вычислительных служб ЦКП Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН в глобальные информационные системы // Материалы конференции «Использование средств и ресурсов Единой

государственной системы информации об обстановке в Мировом океане для информационного обеспечения морской деятельности в Российской Федерации» (ЕСИМО'2012). Обнинск, 2012. С. 34–37.

29. Бабяк П. В., Недолужко И. В. Подход к хранению и обработке данных в Центре коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН // Тр. XV Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2012). Санкт-Петербург, 2012. С. 16–22.

30. Левин В. А., Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Бабяк П. В., Громов А. В., Недолужко И. В. Информационное обеспечение научных и прикладных исследований в Спутниковом центре ДВО РАН // Сб. тез. Десятой Всероссийской открытой ежегодной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2012. С. 112.

31. Алексанин А. И., Антонов В. Н., Добрецов Н. Н., Зеленый Л. М., Левин В. А., Лупян Е. А., Назиров Р. Р., Недолужко И. В., Саворский В. П., Сергеев В. В., Соيفер В. А., Чернов А. В., Шокин Ю. И. Современные подходы к организации работы с данными дистанционного зондирования Земли в научно-исследовательских проектах // Сб. тез. Десятой Всероссийской открытой ежегодной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва, 2012. С. 1.

32. Недолужко И. В. Сервис каталога спутниковых данных, совместимый со стандартом EOLI-XML Европейского космического агентства. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 05 апреля 2013 г. Свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2013613453.

33. Nedoluzhko I. V. Development of Means for Integration of Satellite Center FEB RAS Into All-Russian and International Information Systems // Abstracts of International Conference "Remote Sensing of Environment: Scientific and Applied Research in Asia-Pacific (RSAP2013)". Vladivostok, 2013. P. 34–35.

Личный вклад автора. Все результаты, составляющие основное содержание диссертации, получены автором самостоятельно. В работах [2, 3, 6, 14, 16, 17, 20, 23, 30] автору принадлежит анализ свойств глобальных ИС ДЗЗ. В работах [8-10, 24, 25, 27, 28] автором разработаны требования к СИРЦ и её концептуальный проект. В работах [12, 13, 19, 22, 26, 29] автору принадлежат модели и методы создания репозитория спутниковых данных, в работах [7, 21, 31] — методы создания системы заказов на обработку спутниковых данных.

Недолужко Илья Валерьевич

Интеграция ресурсов спутникового центра
в информационные системы наблюдения за Землёй

Автореферат

Подписано к печати: __. __. 2014 Усл. печ. л. 1,0 Уч.-изд. л. 0,8
Формат 60x84/16 Тираж 100 Заказ __

Издано ИАПУ ДВО РАН. Владивосток, Радио, 5
Отпечатано участком оперативной печати ИАПУ ДВО РАН
Владивосток, Радио, 5