

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук

На правах рукописи

НЕДОЛУЖКО Илья Валерьевич

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

специальность 05.13.11 — математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов, компьютерных сетей

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
д.т.н. Алексанин А.И.



Владивосток — 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ИС ДЗЗ.....	11
1.1. Основные понятия.....	11
1.2. Эволюция подходов к созданию ИС ДЗЗ.....	14
1.2.1. Область применения, особенности и недостатки подхода, ориентированного на данные.....	14
1.2.2. Перспективы применения сервис-ориентированного подхода.....	15
1.2.3. Выводы по разделу 1.2.....	16
1.3. Основные современные стандарты и модели доступа потребителя к ресурсам ИС ДЗЗ.....	17
1.3.1. Доступ к данным и метаданным.....	17
1.3.2. Вызов процедур обработки данных и заказ на получение данных....	19
1.5. Обзор крупнейших международных и российских ИС ДЗЗ.....	20
1.5.1. Развитие глобальных ИС ДЗЗ космических агентств США и ЕС.....	20
1.5.2. Развитие глобальных ИС ДЗЗ в России.....	22
1.5.3. Выводы по разделу 1.5.....	24
1.6. Опыт интеграции в глобальные ИС ДЗЗ в России и в мире.....	24
1.7. Выводы по главе 1.....	26
ГЛАВА 2. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ИНТЕГРАЦИИ РЕСУРСОВ СПУТНИКОВОГО ЦЕНТРА.....	28
2.1. Формирование функциональных требований к ИС СЦ, ориентированной на работу с пользователями-исследователями.....	28
2.1.1. Принципы работы с пользователями-исследователями в СЦ ДВО РАН.....	28
2.1.2. Формирование функциональных требований к ИС на примере СЦ ДВО РАН.....	31
2.2. Анализ свойств, возможностей и требований глобальной ИС ДЗЗ	

Европейского космического агентства.....	34
2.2.1. Общие принципы интеграции в ИС ДЗЗ Европейского космического агентства.....	34
2.2.2. Анализ возможностей и свойств информационно-поисковых интерфейсов.....	36
2.2.3. Анализ возможностей и свойств интерфейсов передачи данных.....	42
2.2.4. Анализ возможностей и свойств интерфейсов заказа данных ДЗЗ и вызова процедур их обработки.....	47
2.2.5. Изучение особенностей совместного функционирования сервисов в SSE.....	51
2.2.6. Формирование требований к ИС СЦ для интеграции в глобальную ИС SSE.....	54
2.3. Разработка конечных требований к СИРЦ.....	57
2.4. Выводы по главе 2.....	62
ГЛАВА 3. МОДЕЛИ СИРЦ И ЕЁ КОМПОНЕНТОВ.....	63
3.1. Концептуальный проект СИРЦ.....	63
3.2. Открытый репозиторий спутниковых данных.....	65
3.2.1. Логическая организация данных репозитория.....	65
3.2.2. Общие модели информации, с которой работает репозиторий.....	67
3.2.3. Трансляция идентификаторов.....	68
3.2.4. Общая функциональная модель репозитория.....	69
3.3. Система заказов на обработку спутниковых данных.....	76
3.4. Выводы по главе 3.....	78
ГЛАВА 4. МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ СИРЦ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В СЦ ДВО РАН	
.....	79
4.1. Анализ свойств и возможностей инструментальных средств.....	79
4.1.1. Анализ и тестирование средств создания каталогов.....	80
4.1.2. Анализ свойств средств для организации передачи данных.....	82
4.1.3. Средства создания сервисов заказа и обработки данных.....	84
4.1.4. Выводы по разделу 4.1.....	85

4.2. Архитектура СИРЦ.....	85
4.2.1. Архитектура СИРЦ первого этапа.....	85
4.2.2. Архитектура СИРЦ второго этапа.....	86
4.2.3. Выводы по разделу 4.2.....	88
4.3. Открытый репозиторий спутниковых данных.....	88
4.3.1. Каталоги коллекций и продуктов.....	88
4.3.2. Интерфейсы передачи данных.....	94
4.3.3. Трансляция идентификаторов и совместная работа сервисов репозитория.....	98
4.3.4. Выводы по разделу 4.3.....	101
4.4. Система заказов на обработку спутниковых данных.....	102
4.4.1. Сервис заказа с интерфейсом SSE Order.....	102
4.4.2. Интерфейс к PCO с применением стандарта OGC WPS.....	105
4.4.3. Сервис заказа с интерфейсом OGC 06-141 (OSEO).....	107
4.4.4. Выводы по разделу 4.4.....	110
4.5. Выводы по главе 4.....	111
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	113
ЛИТЕРАТУРА.....	115

ВВЕДЕНИЕ

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.

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.

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 их параметров. В этом случае СЦ должен предоставить пользователю простой удалённый доступ к средствам обработки, размещаемым 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 подход к созданию ИС СЦ, обеспечивающие совместимость с этими стандартами и интеграцию в глобальные ИС ДЗЗ, при этом предоставляющие 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 в доступе 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 (СЦ) 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 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 произведён анализ возможностей и свойств современных глобальных ИС ДЗЗ.

Для представления моделей СИРЦ был использован язык UML. При создании СИРЦ были использованы методы системного, объектно-ориентированного и модульного программирования.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1. Для интеграции в глобальную ИС ДЗЗ Европейского космического агентства был 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. На основе разработанных в рамках диссертации моделей, методов и средств в Центре коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН создана система СИРЦ, обеспечивающая интеграцию в глобальную информационную систему SSE Европейского космического агентства. 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.

Программное средство «Сервис каталога спутниковых данных, совместимый со стандартом EOLI-XML Европейского космического агентства» зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 05 апреля 2013 г.

(Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2013613453).

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, грантов ДВО РАН (руководитель грантов 10-III-B-01И-012 и 11-III-B-01И-012), гос. контракта №02.518.11.7152 Минобрнауки России.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на следующих международных и российских конференциях и семинарах:

- 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);
- Международной конференции «Достижения в спутниковой океанографии: изучение и мониторинг окраинных морей Азии» (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);
- 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, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования научных результатов, и одна публикация из списка Scopus.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы. Основной объём диссертации составляет 130 страниц, в него входят: библиографический список из 138 наименований и 31 рисунок.

Первая глава посвящена обзору литературы. В ней даются базовые определения, принятые в области ДЗЗ или введённые в рамках диссертации. Исследуется эволюция подходов к созданию информационных систем (ИС), предназначенных для работы с данными дистанционного зондирования Земли из космоса (ДЗЗ). Рассматриваются модели и стандарты взаимодействия потребителя с ИС ДЗЗ. Производится анализ существующих глобальных ИС ДЗЗ в России и мире, а также изучается 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**.

Третья глава посвящена разработке моделей СИРЦ и её компонентов в соответствии с заданными требованиями. Представлен концептуальный проект СИРЦ, а также функциональные и информационные модели открытого репозитория спутниковых данных.

Четвёртая глава посвящена разработке методов создания СИРЦ и их реализации в СЦ ДВО РАН. Представлен результат анализа возможностей и опытной эксплуатации пакетов программ, в которых заявлена полная или частичная реализация стандартов, требуемых ИС SSE. С учётом полученного опыта и на основе концептуального проекта СИРЦ производится разработка конечной архитектуры СИРЦ, а также методов создания её компонентов. Описываются средства, созданные в рамках диссертационной работы для реализации разработанных методов в СЦ ДВО РАН.

Личный вклад автора. Все результаты, составляющие основное содержание диссертации, получены автором самостоятельно. В работах [1, 27, 28, 29, 30, 40, 41, 51, 55] автору принадлежит анализ свойств глобальных ИС ДЗЗ. В работах [6, 7, 9, 10, 11, 12, 42] автором разработаны требования к СИРЦ и её концептуальный проект. В работах [2, 3, 10, 43, 45, 101, 102] автору принадлежит разработка моделей и методов создания репозитория спутниковых данных, в работах [4, 31, 44] — разработка методов создания системы заказов на обработку спутниковых данных.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ИС ДЗЗ

Данная глава посвящена обзору литературы в области создания глобальных информационных систем (ИС), решающих задачу интеграции поставщиков и потребителей данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса в единую информационную сеть. Исследуются эволюция подходов к созданию ИС ДЗЗ, современные стандарты и модели взаимодействия пользователя с ИС ДЗЗ. Рассматривается мировой и российский опыт создания глобальных ИС ДЗЗ, их взаимодействие, а также интеграции в них отдельных спутниковых центров (СЦ).

1.1. Основные понятия

Под *спутниковым центром (СЦ)* обычно понимают организацию, занимающуюся адаптацией имеющихся и разработкой новых технологий для приёма, архивирования, обработки и поставки данных, получаемых спутниками *дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)* из космоса.

Потребителями спутниковых данных (СД) могут являться как конкретные пользователи, так и организации, в т. ч. другие СЦ. Получаемые со спутников массивы данных являются наборами пространственно-привязанных массивов отсчётов сенсоров, поэтому для решения большинства прикладных и исследовательских задач требуется дополнительная обработка. Целью такой обработки является восстановление физических параметров зондируемой среды.

Обработку спутниковых данных разделяют на *первичную* (связанную с восстановлением повреждённых при передаче от спутника данных, калибровкой измерений и географической привязкой) и следующую за ней

тематическую (получение продуктов, непосредственно востребованных в решении прикладных и теоретических задач). В соответствии с этим выделяют различные *уровни обработки спутниковых данных*, где уровень 0 соответствует принятым со спутника необработанным данным, а уровень 2 и выше — различным видам тематической продукции. Ввиду многообразия современных алгоритмов и методик обработки спутниковых данных (СД) невозможно обеспечить решение всех тематических задач в рамках одного СЦ.

Обычно под термином *продукт* подразумеваются любой файл или группа файлов, являющихся результатом обработки спутниковых данных. Для простоты изложения в рамках диссертационной работы это понятие применяется также и к необработанным данным.

Понятие *коллекция* обозначает набор продуктов, объединённых по какому-либо признаку — например, спутник, размещённый на нём прибор дистанционного зондирования или тип обработки данных.

Под *метаданными* в рамках работы понимается структурированное описание данных продукта или коллекции, содержащее информацию о типе, происхождении данных, времени создания и т. д.

Под *каталогом* подразумевается сервис, предоставляющий клиенту функции поиска и просмотра записей метаданных.

Информационная система для работы с данными ДЗЗ (ИС ДЗЗ) — комплекс программных средств, обеспечивающих решение задач приёма, архивирования, обработки и поставки данных дистанционного зондирования. Функционирование системы как комплекса может быть как полностью автоматическим, так и требовать участия персонала.

Рассматривая ИС ДЗЗ, необходимо произвести разделение между *проблемно-ориентированными системами* и *системами общего назначения*. К проблемно-ориентированным следует отнести системы, предназначенные для решения конкретного класса задач — например, оперативный мониторинг

пожаров, разливов нефти, состояния лесов. Системы общего назначения тематически нейтральны и обеспечивают доступ к данным на основе общих принципов, применимым для работы с данными ДЗЗ. В системах общего назначения принципиальной является возможность для пользователя получать доступ не только к тематической продукции, но и к данным, прошедшим только первичную обработку. Это связано с существованием множества алгоритмов получения одного и того же вида продукции, отличающихся точностью и применимостью в условиях, определяемых задачей пользователя, а также используемыми исходными данными. Отличающиеся задачи обуславливают различие в применяемых стандартах, программных средствах, моделях и методах построения этих ИС.

Под термином *глобальная ИС ДЗЗ* подразумевается система систем, обеспечивающая взаимодействие *интегрированных* в неё СЦ. Глобальные ИС ДЗЗ позволяют СЦ обмениваться информацией, а потребителю получать доступ к *ресурсам* территориально распределённых СЦ через единую точку входа.

В рамках настоящей диссертационной работы под *системой интеграции ресурсов спутникового центра* (СИРЦ) в глобальные ИС ДЗЗ понимается набор программных компонентов ИС СЦ, обеспечивающих её интеграцию в глобальную ИС ДЗЗ. При этом вопросы разграничения доступа СИРЦ выходят за рамки работы, поскольку решаются с применением средств общего назначения.

Клиентами СИРЦ могут являться как пользователи, так и программные системы.

Термин *сервис* в рамках настоящей работы обозначает программную систему, предоставляющий набор функций внешним по отношению к нему программным системам. Термин веб-сервис обозначает сервис, созданный с применением технологий SOAP и REST [135].

Понятие *интерфейс* применяется к сервису или системе в целом и

определяет совокупность операций, а также структуры информации, передаваемой между сервисом и его клиентом. Если интерфейс ориентирован на работу с пользователем, применяется понятие *пользовательского интерфейса*. Для пользовательского интерфейса, предоставляемого пользователю через средства веб-браузера, используется термин *веб-интерфейс*.

1.2. Эволюция подходов к созданию ИС ДЗЗ

1.2.1. Область применения, особенности и недостатки подхода, ориентированного на данные

Традиционным в области ИС ДЗЗ является подход (*data-centric vision*), в рамках которого основной задачей СЦ является обеспечение доступа к данным ДЗЗ и продуктам их обработки. Большую важность представляет создание проблемно-ориентированных ИС ДЗЗ, обеспечивающих быстрый доступ к архивам тематической продукции и возможность ретроспективного анализа в различных задачах моделирования природных процессов и мониторинга окружающей среды [15]. В рамках данного подхода пользователю предоставляется информационно-поисковой сервис (каталог), упрощающий поиск необходимых ему данных. Детализация метаданных в каталоге может идентифицировать наборы данных как на более общем уровне — «коллекция» (характеризует тип продукта), так и на более конкретном — «продукт» («набор данных», «файл», «гранула»). Каталогизация на уровне продуктов позволяет различать последние при поиске, и обеспечивает техническую возможность непосредственного перехода от поиска к получению конкретных данных. Передача требуемых наборов данных пользователю может осуществляться как в виде файлов на физическом носителе (магнитные ленты, CD, DVD, и т. д.), так и посредством сети Интернет.

Одним из недостатков подхода, ориентированного на данные, является зависимость качества архивируемых продуктов обработки данных ДЗЗ от использованных для их генерации алгоритмов обработки. Ежегодно в мире

создаются методики и алгоритмы, позволяющие повысить точность восстановления физических параметров, связанных с наблюдаемыми объектами или явлениями. Усовершенствование последних может потребовать повторного пересчёта существующих архивов продукции [75]. Отдельный вид продукции может быть получен с применением различных алгоритмов, при этом выбор конкретного алгоритма в значительной мере зависит от решаемой потребителем задачи и используемых им методик. В связи с этим большую актуальность приобретает возможность построения нужных продуктов по запросу, на основе архивов данных низких уровней обработки.

Другой недостаток подхода, ориентированного на данные, отмечается в работах [56, 66]. Этим недостатком является низкая эффективность взаимодействия организаций, занимающихся обработкой данных с целью получения конечного продукта. Требуется более тесная кооперация организаций с целью исключения дублирующих видов деятельности, отделение поставки данных от их обработки и возможность распределения ролей организаций в процессе обработки и поставки данных ДЗЗ. При этом выделяется ниша для поставщиков услуг по специализированной обработке данных ДЗЗ, не ведущих собственных архивов.

1.2.2. Перспективы применения сервис-ориентированного подхода

Описанных выше недостатков лишены ИС ДЗЗ нового поколения. В их основе лежит сервис-ориентированная архитектура (Service-Oriented Architecture — SOA) [96]. Ресурсом, к которому в этом случае получает доступ клиент, является сервис. Можно выделить два основных класса сервисов: базовые (публикация, обнаружение и доступ к ресурсам) и дополнительные (управление пользователями, контроль доступа к данным, управление заказами, обработка по запросу, принятие решений) [56, 61]. Базовый набор сервисов обеспечивает функционал, аналогичный присутствующему в системах, построенных с применением традиционного подхода (основанного на данных).

Сочленение сервисов в единый поток (workflow) получения, обработки и поставки данных даёт возможность потребителю самостоятельно формировать цепочку вызовов сервисов различных поставщиков с целью получения конечного продукта. Для этого могут быть использованы такие средства, как язык BPEL (Business Process Execution Language) [65, 56]. На основе базовых сервисов могут создаваться составные (complex), включающие в себя цепочки вызовов других сервисов, распределённый вызов, переадресацию — при необходимости с предварительной обработкой запроса и последующей обработкой ответа. Технически такие сервисы могут быть организованы в виде «больших» веб-сервисов, основанных на применении технологий SOAP [120] и WSDL (Web Services Definition Language) [136]. SOAP отвечает за передачу сообщений между клиентом и сервером, кодированных в виде XML-документов [76]. WSDL совместно с технологией XML Schema применяется как язык описания для описания интерфейса сервиса, т. е. способа взаимодействия с ним клиента.

1.2.3. Выводы по разделу 1.2

Традиционным в области построения ИС ДЗЗ является подход, в рамках которого основной задачей, решаемой ИС, является обеспечение доступа к данным ДЗЗ и продуктам их обработки. Самостоятельная обработка данных ДЗЗ требует от пользователя знаний и навыков в применении специализированного программного обеспечения, в связи с чем большую востребованность имеют готовые продукты обработки. Поддержание архива продуктов может потребовать его периодического пересчёта в связи с улучшением алгоритмов обработки. Значительное число разрабатываемых алгоритмов и методик обработки спутниковых данных приводят к разнообразию видов продукции СЦ. Это осложняет применение подхода для построения ИС ДЗЗ общего назначения. В то же время архивы тематической продукции, доступные по запросу, способны обеспечить быстрый доступ к

ретроспективной информации и широко применяются в проблемно-ориентированных системах.

Сервис-ориентированные ИС ДЗЗ нового поколения обеспечивают выполнение базовых функции традиционных ИС ДЗЗ (поиск и доступ к данным), но также содержат и сервисы, решающие задачи запуска обработки по запросу, принятия решений и т. д. При этом присутствует возможность построения цепочек вызовов сервисов для организации комплексной обработки информации. Сервис-ориентированные ИС ДЗЗ позволяют обеспечить пользователю возможность самостоятельного управления процессом получения необходимого ему результата.

1.3. Основные современные стандарты и модели доступа потребителя к ресурсам ИС ДЗЗ

В настоящий момент в мире разработано значительное число стандартов, применимых для работы с данными ДЗЗ. Часть из этих стандартов разработана непосредственно для работы с данными ДЗЗ и другими данными, имеющими географическую привязку. Все упомянутые стандарты можно сгруппировать согласно моделям взаимодействия клиента с ИС. Они описывают организацию поиска данных, доступа к данным, заказа данных, удалённого вызова процедур обработки данных.

Основной вклад в развитие современных стандартов и принципов, используемых в области построения и интеграции ИС ДЗЗ, вносит Открытый геопространственный консорциум (OGC) [106]. Консорциум был создан в 1994 году и на настоящий момент включает в себя свыше 400 организаций по всему миру [105].

1.3.1. Доступ к данным и метаданным

Значительное количество развиваемых консорциумом OGC стандартов

связано с доступом к пространственно-привязанным данным и их описанием в виде метаданных. Метаданные могут быть использованы пользователем или ИС с целью определения пригодности данных для решения конкретной задачи. Модель доступа к метаданным в OGC определяется интерфейсом каталога CSW (Catalogue Service for the Web) [63]. Интерфейс позволяет внешнему клиенту производить поиск данных по набору критериев (тип данных, пространственные и временные ограничения и т. д.) и осуществлять просмотр соответствующих им метаданных. Набора возможных и требуемых элементов, а также ограничения на принимаемые ими значения задаётся различными стандартами. Среди таких стандартов широкое распространение получил профиль метаданных ISO/FDIS 19115 [85]. Другими достаточно широко распространёнными стандартами в данной области являются протокол Z39.50 [22] и профиль CIP [62]. Протокол предоставляет клиенту унифицированный язык запросов для взаимодействия с распределённой сетью гетерогенных СУБД. Точкой доступа к отдельной СУБД является т. н. шлюз, обеспечивающий трансляцию запросов Z39.50 с учётом её специфики, а также обратное преобразование.

Из наиболее распространённых стандартов OGC в области доступа к данным можно выделить тройку стандартов WMS (Web Map Service) [134], WCS (Web Coverage Service) [131], WFS (Web Feature Service) [133]. Каждый из этих стандартов описывает взаимодействие между клиентом и сервером при доступе к картам (пространственно-привязанным растровым изображениям), покрытиям (пространственно-привязанным наборам измерений) и векторным объектам соответственно. Протокол OpeNDAP (Open-source Project for a Network Data Access Protocol) [108] предназначен для передачи фрагментов файлов и агрегации данных из нескольких файлов в рамках одной операции. В силу простоты и распространённости для передачи данных остаются востребованными такие протоколы общего назначения, как FTP [77], HTTP [84] и WebDAV [130].

Вопросы управления данными и метаданными в рамках единой системы

рассматриваются группой моделей открытого архива — OAIS (Open Archival Information System) [122]. OAIS рассматривает архив данных как комплекс, включающий в себя как аппаратное и программное обеспечение, так и персонал. Модель подразумевает хранение дополнительной атрибутивной информации (метаданных) наряду с самими данными. Эта информация может быть использована как при управлении архивом, так и при доступе потребителя к данным. При этом делается различие между помещаемыми, хранимыми и извлекаемыми данными.

Руководство LTDP (Long Term Data Preservation) [95] опирается на применение моделей OAIS для работы с данными ДЗЗ. В то же время LTDP не описывает организацию программной системы, обеспечивающей реализацию базовых принципов OAIS при соответствии стандартам, принятым в области работы с данными ДЗЗ. OAIS и LTDP рассматривают только долговременное хранение данных и не затрагивают вопросы оперативного (временного) хранения и передачи данных.

1.3.2. Вызов процедур обработки данных и заказ на получение данных

Отдельное семейство стандартов OGC описывает механизмы удалённого вызова процедур, ориентированные на работу с пространственными данными. Такие механизмы описываются стандартами WPS (Web Processing Service) [113] и WCPS (Web Coverage Processing Service) [132] и ориентированы в первую очередь на взаимодействие система–система.

В последние годы получают развитие стандарты на сервисы заказа продуктов обработки данных ДЗЗ, такие как SSE Order [119] и OGC 06-141 [114]. Доступ к таким сервисам может быть бесплатным или осуществляться на коммерческой основе. Эти стандарты предназначены для заказа пользователем готовой продукции, подписки на её получение и формирования заявки на проведения съёмки определённого географического региона.

Существующие стандарты не описывают такой модели взаимодействия пользователя с СЦ, как заказ на обработку спутниковых данных, где пользователь мог бы самостоятельно задавать технологию обработки (алгоритмы и их параметры). Такое взаимодействие востребовано пользователями, неудовлетворёнными ассортиментом предлагаемой СЦ продукции либо ведущими исследовательские работы, связанные с подбором алгоритмов и уточнением их параметров для получения желаемого результата. Заказ и обработка спутниковых данных стандартами рассматриваются как отдельные задачи.

1.5. Обзор крупнейших международных и российских ИС ДЗЗ

1.5.1. Развитие глобальных ИС ДЗЗ космических агентств США и ЕС

Крупнейшими глобальными информационными системами общего назначения, обеспечивающими доступ к данным ДЗЗ, являются системы EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) NASA [90, 99] и INFEO (INformation on Earth Observation) ESA [93]. Создание системы EOSDIS было начато в 1990 году. В 1992 году уже функционировало 8 узлов системы — центров DAAC (Distributed Active Archive Centers), каждый из которых был ответственным за хранение и распространение данных, связанных с конкретными научными дисциплинами [117]. Важной частью EOSDIS является международный реестр GCMD (Global Change Master Directory), хранящий информацию об организациях, предоставляющих доступ к разнообразным данным наблюдения за Землёй [100]. Регистрация в GCMD является первым шагом по интеграции в EOSDIS и INFEO.

Основа INFEO была создана ESRIN (центр по наблюдению за Землёй ESA) в рамках проекта EWSE (European Wide Service Exchange) в 1995 году и уже включала в себя функции распределённого поиска и просмотра метаданных. Разработка основы INFEO была закончена в 1999 году. Ключевыми особенностями INFEO явились возможность взаимодействия с

системой EOSDIS, а также возможность просмотра не только метаданных, но и обзорных изображений для спутниковых данных [68].

Интеграция в глобальные информационные системы EOSDIS и INFEO требовала развёртывания так называемого шлюза (gateway) на стороне поставщика данных. При этом не только данные, но и метаданные должны находиться на стороне поставщика [90]. Доступ к метаданным с целью поиска данных, обладающих необходимыми для пользователя характеристиками, в таких системах осуществляется посредством протокола CIP. CIP разработан в рамках проекта CINTEX (Catalogue Interoperability Experiment) [94] на основе протокола Z39.50, созданного для доступа к библиографическим базам данных [62].

Функцией шлюза, размещаемого на стороне каждого отдельного поставщика данных, является трансляция запросов Z39.50 в запросы к реляционной базе данных определённой структуры. Встроенные в протокол Z39.50 функции по распределённой передаче запросов и их переадресации на другие узлы дают возможность создания глобальных распределённых информационных систем [22]. При этом пользователь обеспечивается возможностью поиска по всем каталогам спутниковых данных через единую точку входа вне зависимости от физического размещения поставщиков.

Для решения задачи интероперабельности (способности к взаимодействию) каталогов данных ДЗЗ в рамках проекта CINTEX были разработаны специальные словари (тезаурусы, *valids*). Следование последним позволяло точно охарактеризовать отдельный набор данных, однако осложняло процесс каталогизации новых видов продукции (получаемых впервые созданными алгоритмами, и не имеющих соответствующей регистрации в тезаурусе).

В основе современных глобальных ИС ДЗЗ — ECHO (Earth observing system ClearingHOuse) NASA [117] и SSE (Services Support Environment) ESA [65, 67] лежит сервис-ориентированная архитектура (Service-Oriented Architecture — SOA) [96]. ECHO и SSE являются системами общего назначения

и представляют собой платформу, интегрирующую сервисы для работы с данными ДЗЗ. Конкретные задачи могут решаться с применением интегрированных в них сервисов доступа к метаданным, данным и средствам их обработки.

До недавнего времени ECHO и SSE в основном ориентировались на применение внутренних стандартов, разработанных исходя из собственных потребностей. Работы последних лет связаны с постепенным переходом к применению открытых стандартов. Так, поверх инфраструктуры ECHO был создан сервис каталога согласно стандарту OGC CSW (Catalogue Service for the Web) [59]. В рамках проекта HMA (Heterogeneous Mission Accessibility) [67], развиваемого на базе SSE, используются только открытые стандарты. При этом значительная их часть была разработана в HMA и впоследствии получила утверждение OGC.

Выработанные в ходе проектов методы и стандарты находят применение в предметно-ориентированных региональных и глобальных информационных системах. Так, в рамках 7-й рамочной программы ЕС был запущен проект GENESIS (GENeric European Sustainable Information Space for environment), ставящий своей целью выработку решения по интеграции информационных сетей в строгом соответствии с Европейскими инициативами (INSPIRE, SEIS и GEOSS) по гармонизации [125]. В рамках проекта используются стандарты и средства, разработанные в рамках проекта HMA.

1.5.2. Развитие глобальных ИС ДЗЗ в России

Федеральным космическим агентством (Роскосмос) ведутся работы по созданию ЕТРИС ДЗЗ, Единой территориально-распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли из космоса. ЕТРИС ДЗЗ создаётся как национальная информационная система, объединяющая наземные комплексы приёма, обработки и распространения данных ДЗЗ различных организаций и ведомств [46, 47]. В рамках системы

разработан профиль метаданных на основе общепринятых стандартов ISO 19115 и ISO 19139, однако механизм взаимодействия с каталогом данных в настоящий момент не формализован. Также отсутствует механизм распределённого поиска — все метаданные должны выгружаться поставщиком непосредственно на FTP-сервер Роскосмоса. Единственным средством взаимодействия с системой на текущий момент является геопортал Роскосмоса, где продукты обработки спутниковых данных доступна через интерфейс OGC WMS. При этом вопрос доступа к данным низких уровней обработки не проработан.

В Институте космических исследований (ИКИ) РАН создан автоматизированный центр приема, обработки и распространения спутниковых данных, работающий на постоянной основе с 1994 года. Его услугами пользуются как научные, так и производственные организации [24]. Специалистами ИКИ РАН и Фрязинского отделения Института радиотехники электроники РАН (ФирЭ) разработана технология построения автоматизированных систем для хранения и доступа к спутниковым данным. На базе данной технологии созданы проблемно-ориентированные информационные системы в ИКИ РАН, Центре космических наблюдений Росавиакосмоса, научно-исследовательском центре «Планета» и Госцентре «Природа» [21]. Сервис ВЕГА (VEGetation Analysis — анализ вегетации), также разработанный в ИКИ РАН, предназначен для решения задач, связанных с анализом изменений в лесном покрове и оценкой породной структуры лесов. В рамках проекта обеспечивается быстрый доступ к продуктам обработки спутниковых данных и сервиса для их анализа с применением геоинформационных технологий [15].

Развиваемая в Сибирском отделении РАН информационная система [50] обеспечивает пользователя возможностями распределённого поиска пространственных данных с применением протоколов Z39.50 и SRW/SRU [123], предоставляет ему различные средства для обработки, анализа и визуализации пространства с использованием геоинформационных технологий. Одним из

ключевых компонентов системы является собственная разработка СО РАН — платформа ZooSPACE, разработанная для интеграции разнородных информационных ресурсов [23].

Общероссийская система ЕСИМО (Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане) ставит своей целью обеспечение доступа к разнородным архивам данных, объединённых тематикой исследования океана [17]. В последние годы получили развитие спутниковая компонента ЕСИМО [14], а также технология интеграции ресурсов с применением принципов сервис-ориентированной архитектуры [16]. Портал системы обеспечивает доступ к различным источникам данных, сгруппированным по тематическим категориям, аналогично реестру GCMD. В настоящий момент в ЕСИМО отсутствует механизм распределенного поиска среди ресурсов интегрированных поставщиков данных, равно как и механизм непосредственного перехода от поиска конкретных наборов данных к их получению.

Стандартизированная и децентрализованная среда управления пространственной информацией «ГеоМета» [5] разрабатывается для доступа к базам геоданных, картографическим продуктам и связанным с ними метаданным из различных источников. Созданы не только профиль метаданных [49] на базе стандартов ISO 19115, ISO 19139 и ГОСТ Р 52573-2006; но и пакет для развёртывания узла такой системы. На текущий момент широкого распространения среда не получила.

1.5.3. Выводы по разделу 1.5

Крупнейшими глобальными ИС ДЗЗ являются системы EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) NASA и INFEO (INFormation on Earth Observation) ESA. Интеграция в такие системы достаточно трудоёмка и в последние годы потеряла актуальность ввиду развития систем-преемниц ЕСНО (NASA) и SSE (ESA). Основная часть существующих в России ИС ДЗЗ не

является системами общего назначения. Такой системой должна стать система ЕТРИС ДЗЗ, разрабатываемая Роскосмосом. Система SSE, получившая развитие в рамках европейско-канадского проекта НМА, в настоящий момент является единственной ИС ДЗЗ общего назначения, целиком основанной на применении открытых стандартов. Интеграция в такую глобальную ИС для СЦ, ориентированного на работу с пользователями-исследователями, является наиболее перспективной.

1.6. Опыт интеграции в глобальные ИС ДЗЗ в России и в мире

В настоящий момент в рассмотренные глобальные ИС ДЗЗ различным образом интегрированы ресурсы значительного числа спутниковых центров и космических агентств. Интерес представляет европейская система SSE, куда интегрированы ресурсы как европейских поставщиков (например, оператора EUMETSAT [129] и Германского аэрокосмического центра DLR [69]), так и организаций по всему миру. Свои сервисы в SSE интегрируют KARI (Корейский институт аэрокосмических исследований) [88] и JAXA (Японское агентство аэрокосмических исследований) [89].

Крайне важной представляется возможность взаимодействия глобальных информационных систем, созданных NASA и ESA. Так, в рамках проекта SINTEX была обеспечена интеграция информационных систем EOSDIS и INFEO с использованием протокола CIP [62]. Впоследствии аналогичная задача была решена для систем ECHO и SSE за счёт применения протокола EOLI [98]. Другим примером взаимодействия глобальных информационных систем является наличие обратной совместимости между системами более новыми и более старыми: каталоги INFEO доступны в качестве отдельного сервиса в системе SSE [74].

Вопрос об интеграции российских архивов спутниковых данных в международные глобальные ИС начал решаться в конце 1990-х [58] во Фрязинском отделении Института радиотехники и электроники (ФирЭ) РАН. В

2000 году был запущен проект по интеграции INTAS (Международная ассоциация по содействию сотрудничеству с учёными новых независимых государств бывшего Советского Союза) [25, 91, 92]. В проекте участвовали Институт космических исследований (ИКИ) РАН, Институт радиотехники и электроники (ИРЭ) РАН и Институт автоматики и процессов управления (ИАПУ) Дальневосточного отделения РАН [54]. Значительные успехи были достигнуты в ФИРЭ РАН, где был развёрнут шлюз (Gateway) системы EOSDIS [48].

Интерес к проблеме интеграции российских СЦ в глобальные информационные системы не утерян и сейчас. Так, в ИКИ РАН в последние годы ведутся работы по исследованию европейских информационных систем нового поколения (SSE и НМА) [26], однако опыт интеграции в такие системы в настоящий момент не был получен. Возможность взаимодействия развиваемой инфраструктуры СО РАН с системой INFEO упоминается в статье [50], интеграция в эту же систему рассматривается как одно из направлений развития системы ЕТРИС ДЗЗ Роскосмоса [32].

1.7. Выводы по главе 1

Проведённый обзор литературы позволяет сделать следующие выводы:

1. Традиционным в области построения ИС ДЗЗ является подход, ориентированный на обеспечение доступа к данным. Наличие значительного числа альтернативных алгоритмов и методик обработки спутниковых данных осложняет применение подхода при построении ИС ДЗЗ общего назначения. Сервис-ориентированные ИС ДЗЗ нового поколения реализуют базовые функции традиционных ИС ДЗЗ (поиск и доступ к данным), а также дают возможность создания сервисов для автоматического принятия решений, удалённого запуска обработки, заказа данных пользователем.
2. Существующие стандарты, используемые в области создания ИС ДЗЗ, можно сгруппировать согласно моделям взаимодействия пользователя с ИС.

Основными такими моделями являются поиск данных, доступ к данным и доступ к обработке данных ДЗЗ. Заказ и обработка спутниковых данных в литературе рассматриваются как отдельные задачи. Поиск и доступ к данным рассматриваются в рамках модели OAIS, описывающей различные аспекты создания, поддержки и доступа к архивам данных. Попытка учесть специфику данных ДЗЗ в архиве OAIS предпринимается в руководстве LTDP. В то же время OAIS и LTDP не затрагивают вопросы оперативного (временного) хранения и передачи данных, а также не рассматривают создание такого архива как программной системы.

3. Крупнейшими глобальными ИС ДЗЗ общего назначения являются системы EOSDIS (Earth Observing System Data and Information System) NASA и INFEO (INformation on Earth Observation) ESA. Интеграция в такие системы достаточно трудоёмка и в последние годы потеряла актуальность ввиду развития систем-преемниц ECHO (NASA) и SSE (ESA). SSE является основой для европейско-канадского проекта НМА, отличительной чертой которого является полный переход к применению открытых стандартов.

4. Основную часть существующих в России ИС ДЗЗ нельзя отнести к системам общего назначения. Такой системой должна стать система ЕТРИС ДЗЗ, разрабатываемая Роскосмосом. На территории России аналоги глобальных ИС ДЗЗ общего назначения ECHO (NASA) и SSE (ESA) отсутствуют.

Таким образом, актуальной является разработка моделей, методов и средств интеграции СЦ в глобальную ИС ДЗЗ в SSE с применением открытых стандартов нового поколения, разработанных в рамках проекта НМА. При этом необходимо учесть потребности пользователей-исследователей в доступе к обработке спутниковых данных по запросу в соответствии с выбираемой ими технологией.

ГЛАВА 2. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ИНТЕГРАЦИИ РЕСУРСОВ СПУТНИКОВОГО ЦЕНТРА

Глава посвящена разработке требований к СИРЦ. Для этого на основе опыта работы Центра коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН (СЦ ДВО РАН) формулируются общие функциональные требования к ИС, ориентированной на обеспечение потребностей пользователей-исследователей. Далее анализируются особенности глобальной ИС ДЗЗ Европейского космического агентства и формализуется набор требований, необходимых для интеграции поставщика данных и сервисов в эту глобальную ИС. На основе этих двух наборов требований разрабатываются конечные требования к СИРЦ.

2.1. Формирование функциональных требований к ИС СЦ, ориентированной на работу с пользователями-исследователями

2.1.1. Принципы работы с пользователями-исследователями в СЦ ДВО РАН

Центр коллективного пользования регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН создан на базе лаборатории спутникового мониторинга Института автоматики и процессов управления ДВО РАН. Центр получил статус ЦКП с 2003 года и имеет регистрацию в международном реестре GCMD (Global Change Master Directory) [100] — RU/RAS/IACP/SML. Центр обеспечивает информационную поддержку фундаментальных и прикладных научных исследований в области физики океана и атмосферы, океанологии, морской биологии и экологии. Ведётся разработка новых методов обработки и поставки спутниковых данных. В Центре круглосуточно работают службы приёма полярно-орбитальных и геостационарных спутников на основе четырёхантенного комплекса; обеспечиваются накопление архивов, распределённая обработка и поставка через Интернет базовых видов информации, принимаемой со спутников NOAA,

FY-1D, MTSAT-1R, AQUA, TERRA, МЕТОР-А, МЕТОР-В, SUOMI-NPP, Метеор-М № 1. Реализованы автоматические цепочки обработки данных спутников серии NOAA (температурные и структурные карты поверхности моря, профили температуры и влажности атмосферы), AQUA и TERRA (около 200 параметров морской воды и атмосферы), MTSAT-1R (температура воды, облачности, мониторинг морского льда) на основе пакетов SeaDAS, AAPP, RTTOV, MetOffice-1Dvar и собственных программных разработок [27, 28, 51, 55]. Данные средства функционируют совместно в рамках гетерогенной распределённой системы обработки (PCO) спутниковых данных, являющейся разработкой СЦ ДВО РАН. Взаимодействие PCO с Центром коллективного пользования «Дальневосточный вычислительный ресурс» (ДВВР) обеспечивает оперативную обработку больших объёмов данных с производительностью до 18 терафлопс [13].

Объём архива спутниковых данных, ведущегося в Центре с 1993 года, превышает 20 ТБ. Основой архива является сетевое хранилище, построенное на базе технологии RAID общей ёмкостью 76 ТБ. При долговременном хранении в СЦ ДВО РАН предпочтение отдаётся данным низких уровней обработки (L0, L1). При этом поддерживается небольшой оперативный архив, содержащий наиболее популярные виды продукции высоких уровней обработки за последние несколько месяцев. Значительное количество продукции СЦ ДВО РАН предоставляет за счёт обработки по запросу, при этом вид обработки и её параметры могут быть заданы заказчиком. Заказ может быть сформирован через форму заказа, размещённую на сайте Центра, либо при личном обращении. В обоих случаях формирование заказа для PCO и передача результата обработки выполняются с участием оператора и требуют автоматизации. Общая архитектура существующей информационной системы Центра представлена на рисунке 1.

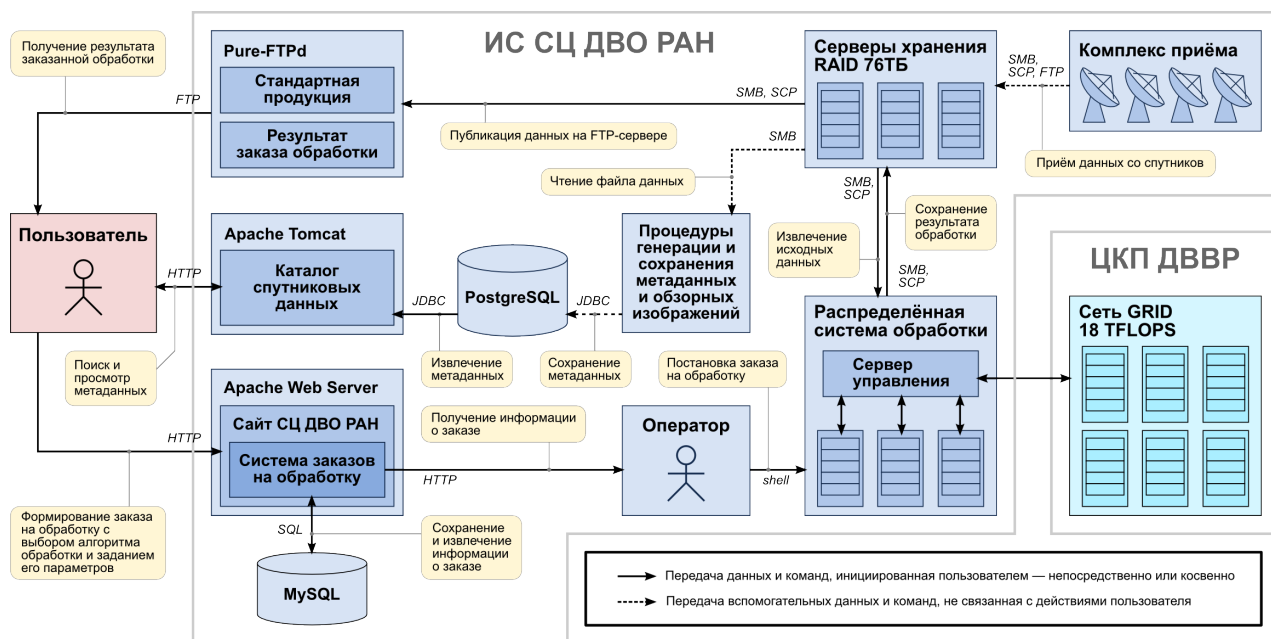


Рисунок 1. Архитектура существующей ИС СЦ ДВО РАН, обеспечивающая потребности пользователей-исследователей

На основе поступившего заказа оператор СЦ ДВО РАН формирует задание на обработку. Обработка выполняется гетерогенной распределённой системой обработки Центра, где развёрнуты реализации алгоритмов обработки спутниковых данных — как общепринятые, так и разработанные в СЦ ДВО РАН. Исходные данные извлекаются из архива и по окончании обработки помещаются оператором в директорию пользователя, где они доступны для загрузки [1, 13, 42].

Недостатками существующей ИС СЦ ДВО РАН являются:

1. Участие оператора в различных стадиях обработки заказа. С ежегодным увеличением числа заказов на 20 % и выше оперативная обработка становится затруднительной.
2. Сложность поддержки системы заказов за счёт отсутствия непосредственной связи с РСО. Форма заказа не содержит актуальной информации о фактическом наполнении РСО теми или иными алгоритмами обработки спутниковых данных.
3. Отсутствие возможности перехода от поиска к заказу данных для пользователя. Таким образом, при заказе пользователь не имеет

возможности оценить пригодность данных для решения его задачи.

4. Отсутствие интеграции в глобальные ИС ДЗЗ ограничивает круг пользователей СЦ ДВО РАН.

2.1.2. Формирование функциональных требований к ИС на примере СЦ ДВО РАН

Для решения выявленных проблем при сохранении принципов работы с пользователями-исследователями необходимо обеспечить соответствие ИС СЦ ДВО РАН следующим выработанным требованиям [8, 9, 10]:

Требование 1. ИС должна предоставлять клиенту возможность поиска спутниковых данных на основе значений атрибутов (включая спутник-источник, время приёма, охватываемые географический регион, вид обработки и т. д.), а также возможность просмотра этих атрибутов.

Обоснование. Объём данных, полученных в течение одного сеанса приёма со спутника, или объём соответствующего файла конечной продукции может достигать нескольких десятков или сотен мегабайт. Необходимо предоставить пользователю способ быстро оценивать пригодность конкретных наборов данных для решения его задачи без загрузки самих данных.

Требование 2. ИС должна обеспечивать возможность непосредственного перехода от поиска данных к их получению.

Обоснование. Конечной целью клиентов СЦ является доступ к данным. Выбрав пригодные для решения его задачи данные, клиент должен иметь возможность их получения. В противном случае механизмы поиска и просмотра метаданных, описанные в требовании 1, носят только функцию рекламы данных и не используются в полном объёме.

Требование 3. ИС должна предоставлять клиенту возможность получения стандартной продукции и необработанных данных в удобном для него формате.

Обоснование. Возможность применения данных в задаче клиента

определяется не только видом продукции и способом её предоставления. Необходимо учитывать значительное количество стандартов и средств, используемых в различных областях применения данных ДЗЗ. При этом пользователи, не удовлетворённые ассортиментом стандартной продукции, должны иметь возможность получения исходных данных для самостоятельной обработки.

Требование 4. ИС должна предоставлять пользователю возможность заказа на обработку спутниковых данных в соответствии с его требованиями. Эти требования могут включать выбор алгоритма обработки, задание их параметров и формата представления результата.

Обоснование. Пользователи, не удовлетворённые ассортиментом стандартной продукции, но не располагающие знаниями и/или ресурсами для самостоятельной обработки, должны иметь возможность заказа обработки для получения желаемой продукции. Наличие подобного механизма особенно важно для пользователей-исследователей, ряд задач которых связан с подбором параметров и комбинаций алгоритмов обработки, обеспечивающих получение необходимого результата. Осуществление оперативной обработки также может требовать привлечения значительных вычислительных мощностей, отсутствующих у клиента. Кроме того, СЦ может пожелать скрыть внутренние особенности реализации алгоритмов обработки от пользователя или предоставить услуги по обработке на коммерческой основе.

Требование 5. ИС должна предоставлять клиенту возможность загрузки собственных данных на сторону СЦ для их обработки с применением алгоритмов и вычислительных ресурсов, присутствующих в ИС СЦ.

Обоснование. Возможен сценарий, в котором в СЦ отсутствуют данные по определённому географическому региону, за определённый период и полученные с определённого спутника. Это может быть связано с зоной приёма, обеспечиваемой приёмными станциями СЦ, их возможностями или коммерческими ограничениями на получение исходных данных. При этом

технологии обработки, развёрнутые в СЦ, оказываются пригодными для обработки данных, имеющихся в наличии у пользователя. В этом случае последний должен иметь возможность заказа обработки собственных данных на стороне СЦ.

Требование 6. ИС СЦ должна являться ИС ДЗЗ общего назначения, т. е. не должна зависеть от программного обеспечения и получаемой продукции, ориентированных на решение задач конкретной предметной области.

Обоснование. Такой подход обеспечит возможность простого расширения ИС средствами обработки и поставки данных, ориентированных на применение в конкретной предметной области. При этом модификация самой системы не требуется. Это же свойство упростит повторение разработанных моделей, методов и средств в других СЦ без модификации под решаемый ими круг задач.

Требование 7. ИС должна функционировать полностью автоматически, однако при необходимости допускать выполнение ряда работ оператором.

Обоснование. Объём круглосуточно принимаемых и обрабатываемых СЦ данных требует полного отказа от участия оператора в работе ИС СЦ. Большинство современных алгоритмов обработки спутниковых данных способно функционировать полностью автоматически, однако часть из них может требовать принятия решения оператором. Участия оператора может также потребовать управление заказами на обработку.

Требование 8. ИС должна предоставлять как пользовательский интерфейс на основе веб-портала, так и средства для межсистемного взаимодействия.

Обоснование. Функции, предоставляемые ИС СЦ, могут быть интересны как непосредственно конечному пользователю, так и разработчику сторонней ИС, желающему организовать взаимодействие с ИС СЦ.

Требование 9. СИРЦ должна опираться там, где это возможно, на применение существующих моделей и стандартов.

Обоснование. Применение существующих моделей и стандартов снижает

трудозатраты на развитие и поддержку ИС, а также даёт больше перспектив для взаимодействия с ИС других СЦ.

Требование 10. ИС должна обеспечивать интеграцию информационных и вычислительных ресурсов СЦ в глобальную ИС ДЗЗ Европейского космического агентства.

Обоснование. Согласно проведённому в главе 1 обзору интеграция в данную глобальную ИС ДЗЗ является наиболее перспективной для СЦ с точки зрения минимизации трудозатрат.

Предъявленные требования требуют создания СИРЦ как надстройки над ИС СЦ, обеспечивающий необходимые пользователю функции и интеграцию глобальную ИС ДЗЗ Европейского космического агентства. Для формирования конечных требований к СИРЦ необходимо изучить свойства и принципы функционирования самой глобальной системы и проанализировать требования используемых в ней стандартов.

2.2. Анализ свойств, возможностей и требований глобальной ИС ДЗЗ Европейского космического агентства

Значительную часть работы по выработке конечных требований к СИРЦ составляет анализ свойств и возможностей глобальной ИС SSE (Service Support Environment) Европейского космического агентства, в которую производится интеграция. Отдельной частью этого анализа является изучение назначения и требования современных стандартов, применимых для интеграции в эту ИС. При этом необходимо рассмотреть также стандарты, используемые в более широком контексте — вплоть до стандартов общего назначения, применяемых в сети Интернет. Поскольку информация по стандартам и самой системе SSE представлена в значительном числе разрозненных документов, необходимо на основе такого анализа сформулировать краткие требования по интеграции поставщика в эту глобальную систему.

2.2.1. Общие принципы интеграции в ИС ДЗЗ Европейского космического агентства

Интеграция в глобальную информационную систему SSE требует организации на стороне поставщика (т. е. СЦ) набора сервисов [64]. Интерфейс отдельного сервиса (набор операций и структуры данных) определяется соответствующими стандартами. В основе каждого из таких интерфейсов лежит обмен XML-сообщениями [76] посредством протокола SOAP [120]. Сам интерфейс описывается с применением языков WSDL [136] и XML Schema. В зависимости от назначения сервиса отдельные его операции могут обеспечивать синхронную или асинхронную модель взаимодействия (рисунок 2).

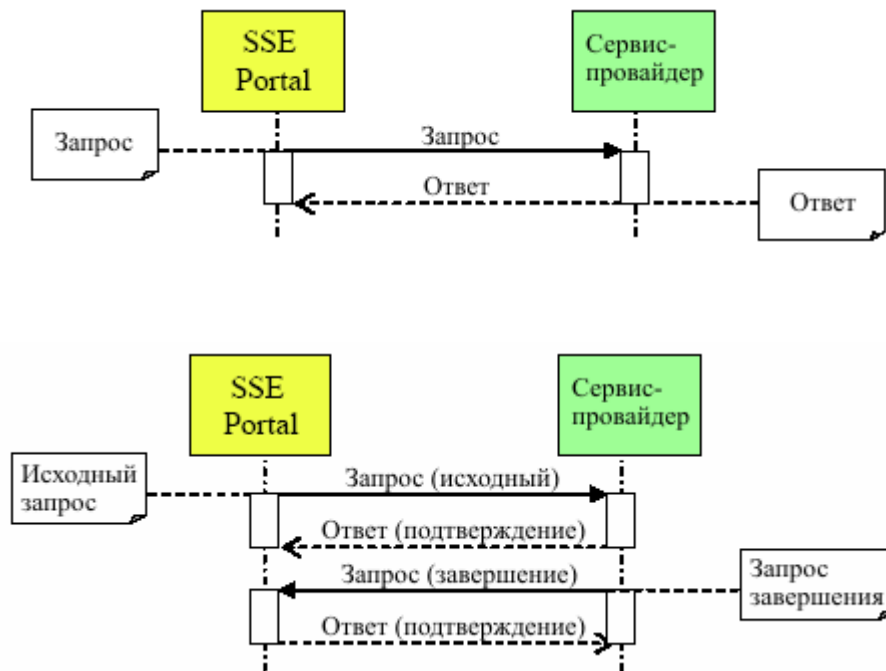


Рисунок 2. Синхронная и асинхронная модель взаимодействия клиента (SSE Portal) и сервера (поставщик) в глобальной ИС SSE

Синхронный запрос подразумевает немедленный ответ от сервера. Время обработки асинхронных запросов никак не ограничивается, что даёт возможность участия персонала при выполнении части функций сервиса. Не накладывается никаких ограничений на то, каким образом сервис-провайдер будет получать и обрабатывать информацию. Фактическая реализация сервиса может подразумевать как последовательность самостоятельных действий,

необходимых для получения результата; так и опосредованный вызов сервисов других сервис-провайдеров.

Конечный пользователь получает доступ к сервисам интегрированных поставщиков через единый веб-портал системы — SSE Portal. При этом подразумевается, что поставщик может иметь также свой собственный портал, ориентированный на работу с региональными пользователями. Для интеграции в SSE поставщик должен:

1. создать сервис(ы) в соответствии со стандартами, требуемыми SSE;
2. получить регистрацию на портале и запросить права поставщика (service provider);
3. загрузить на сторону портала набор файлов, описывающих сервис.

Данный набор включает в себя файл WSDL и файл XSD, описывающие интерфейс сервиса, а также файл XSLT, определяющий правила генерации пользовательского веб-интерфейса, прямое и обратное преобразование данных при взаимодействии с сервисом.

2.2.2. Анализ возможностей и свойств информационно-поисковых интерфейсов

Функции поиска наборов данных по архивам, а также получения информации о них в современных ИС ДЗЗ выполняются каталогами. Можно выделить два основных вида стандартов, связанных с созданием такого вида сервисов:

- стандарты, описывающие способ взаимодействия клиента с сервисом каталога (интерфейсы);
- стандарты, описывающие правила формирования записей, содержащих информацию об элементах архива данных (профили метаданных).

2.2.2.1. Внутренний европейский стандарт EOLI-XML

Стандарт EOLI (Earthnet OnlIne) [70] изначально описывал механизм взаимодействия между одноимённой клиентской и серверной частью

поискового интерфейса каталога eoPortal [72] на поздних стадиях развития системы INEFO. В дальнейшем EOLI стал основным интерфейсом доступа к каталогам продуктов в проекте MASS [65], на основе которого в дальнейшем была создана система SSE [64].

EOLI описывает как интерфейс, так и профиль метаданных для создания каталога продуктов обработки данных ДЗЗ и обеспечивает поиск конкретного продукта среди коллекции однотипных данных. Интерфейс требует реализации двух синхронных операций:

- Search — поиск продуктов обработки данных ДЗЗ по набору критериев;
- Present — получение метаданных по конкретному продукту.

Отдельный продукт в EOLI-каталогах может быть однозначно задан сочетанием собственного идентификатора и идентификатора содержащей его коллекции. Профиль метаданных EOLI включает сравнительно небольшой набор необходимых атрибутов, унаследованных из профилей ISO 19115, FGDC и CIP.

Стандарт EOLI сыграл свою роль в развитии среды SSE, однако в настоящий момент устарел. Последняя его версия, дополненная функциями по заказу продуктов, была представлена [97] в 2005 году на рассмотрение в качестве минимального профиля каталогов OGC для работы с продуктами ДЗЗ (05-057r4, OpenGIS Catalogue Services – Best Practices for Earth Observation Products), однако дальнейшего развития не получила.

Спецификация EOLI, в силу своей простоты, может быть использована как временное решение по интеграции каталогов СЦ в глобальную информационную систему SSE. Перспективным же является применение технологий следующего поколения, разработанных в рамках проекта НМА.

2.2.2.2. Стандарты OGC 06-131 и OGC 06-080

Стандарт OGC 06-131 (OGC® Catalogue Services Standard 2.0 Extension Package for ebRIM Application Profile: Earth Observation Products) [104] был разработан в рамках проекта НМА как альтернатива устаревшему интерфейсу EOLI. Как и EOLI, OGC 06-131 описывает способ доступа к каталогам

продуктов обработки данных ДЗЗ. В отличие от EOLI, OGC 06-131 получил утверждение консорциума OGC и целиком основан на открытых стандартах:

- OpenGIS® Catalogue Services Specification (OGC 07-006, «Catalogue Service for the Web» (CSW)) [63] — общая модель доступа к каталогам пространственно-привязанных данных;
- OASIS ebXML Registry Information Model v3.01 — модель реестра, используемого для хранения XML-документов [87].

Интерфейс OGC 06-131 требует реализации набора синхронных операций, большая часть которых унаследована от стандарта OGC CSW:

- GetCapabilities — получение метаданных о самом сервисе;
- GetRecords — поиск продуктов обработки данных ДЗЗ по набору критериев;
- DescribeRecord — получение метаданных об информационной модели и типах данных, используемых каталогом;
- GetRecordById — получение метаданных по конкретному продукту;
- Harvest — запрос на публикацию записи метаданных в каталоге (операция является необязательной).

Вспомогательные операции CSW Transaction (создание, изменение и удаление записей каталога) и GetDomain (получение информации об ограничениях на значения параметров запросов) в явном виде стандартом OGC 06-131 не описываются.

В дополнение к этим операциям стандарт OGC 06-131 определяет операцию GetRepositoryItem, которая позволяет извлекать записи метаданных именно в том виде, а каком они были помещены в каталог, а не согласно модели ebRIM.

Способ формирования записей для каталога OGC 06-131 описывается стандартом OGC 06-080r4 (GML 3.1.1 Application Schema for EO products) [109], определяющим прикладную схему для языка OGC GML (Geography Markup Language) [79]. Основное назначение стандарта – создание унифицированного

способа представления метаданных о продуктах ДЗЗ от различных поставщиков, который бы включал набор общих атрибутов и имел возможность расширения за счёт определения набора дополнительных атрибутов, необходимых для описания различных тематических продуктов (рисунок 3).

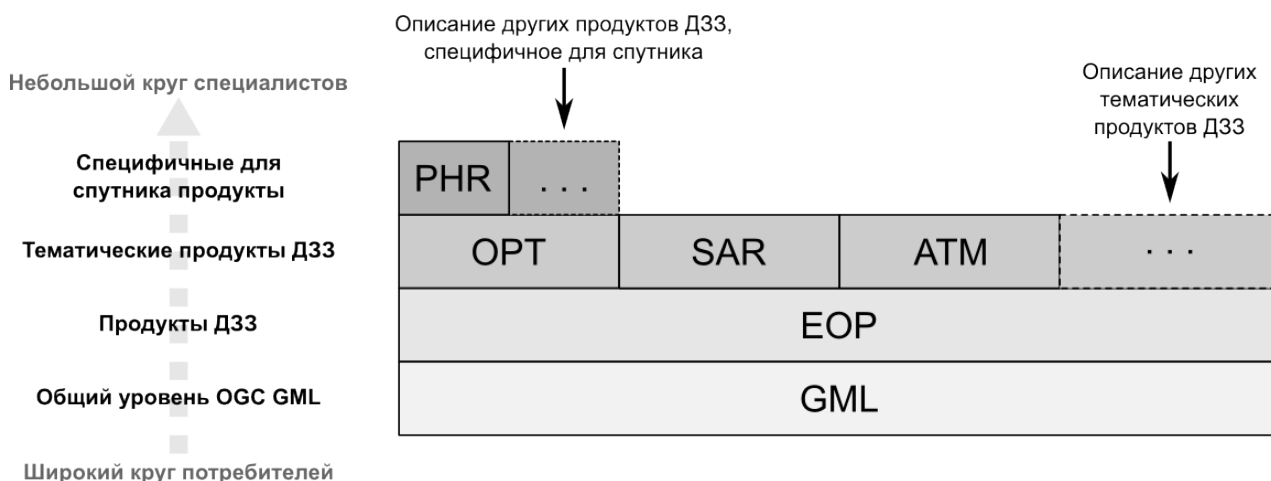


Рисунок 3. Уровни совместимости метаданных, создаваемых с применением стандарта OGC 06-080r4

Стандарт OGC 06-080 позволяет достигнуть совместимости описаний данных:

- на базовом уровне языка GML (что может быть востребовано при изображении границ снимка на карте);
- на уровне описания продуктов обработки данных ДЗЗ (EOP — Earth Observation Product);
- на уровне описания тематических продуктов конкретного типа.

Стандарты OGC 06-131 и OGC 06-080 были разработаны группой европейских компаний, возглавляемой ESA, и в настоящий момент носят статус “Implementation specification” (техническое задание на реализацию). Реализация их в СЦ, по сравнению с EOLI, является более сложной и требует привлечения существующих пакетов программ.

2.2.2.3. Стандарты OGC 07-038, ISO 19115, ISO 19119

Подобно SSE, в НМА присутствуют два уровня детализации при описании данных метаданными: коллекция и продукт. В то время как описание коллекций

в SSE фактически хранится на портале и не соответствует каким-либо стандартам, в НМА с этой целью применяется широко распространённый профиль метаданных ISO 19115 [85]. С использованием этого профиля, а также упомянутых выше стандартов OASIS ebXML Registry Information Model v3.01 и OpenGIS® Catalogue Services Specification (07-006) специально для НМА был разработан стандарт OGC 07-038r3 (OGC® Cataloguing of ISO Metadata (CIM): Using the ebRIM profile of CS-W) [112]. Стандарт описывает интерфейс каталога коллекций. Такой каталог обеспечивает поиск коллекций данных нужного типа среди значительного числа архивов данных ДЗЗ. Ещё одной функцией стандарта является каталогизация произвольных сервисов (в дополнение к UDDI-реестру системы SSE). Формирование метаданных в этом случае производится с применением стандарта ISO 19119 [86].

Стандарт OGC 07-038 использует набор операций, унаследованный от стандартов CSW и ebRIM: GetCapabilities, GetRecords, GetRecordById, DescribeRecord, GetDomain, GetRepositoryItem, Harvest и Transaction. Их назначение совпадает с назначением одноимённых операций стандарта OGC 06-131.

Таким образом, в НМА появился стандартизированный механизм обнаружения коллекций и сервисов путём прямого взаимодействия с ИС СЦ в автоматическом режиме в обход портала SSE. Сложность создания каталога коллекций и сервисов по стандарту OGC 07-038 сопоставима со сложностью создания каталога продуктов OGC 06-131.

2.2.2.4. Другие актуальные стандарты для каталогов данных ДЗЗ

Рассматривая интеграцию СЦ в европейские ИС ДЗЗ, необходимо учитывать не только особенности используемых в них стандартов, но также и отслеживать общемировые тенденции в данной области. В связи с этим необходимо рассмотреть ряд стандартов, распространённых в мировой практике создания каталогов данных ДЗЗ.

Широкое распространение в области работы с пространственно-

привязанными данными получил стандарт метаданных ISO 19115 [85], последняя редакция которого датируется 2003 годом. На основе данного стандарта в России созданы профили ГОСТ Р 52573-2006 [19], профиль ЕБГД (Единый банк географических данных) Роскомоса [18], а также «Академический профиль пространственных метаданных «ГеоМЕТА»» [49].

Доступ к каталогам, содержащим записи ISO 19115, описывается следующими стандартами:

- OGC 04-038r4 v1.0, ISO Application Profile for CSW 2.0.1. В настоящий момент этот интерфейс признан устаревшим и имеет статус "Deprecated – Best Practices Document" (установившаяся практика, устаревший документ) [110].
- OGC 07-045 v1.0, ISO Application Profile for CSW 2.0.2. Имеет статус "Specification Application Profile – Approved" (прикладной профиль для спецификации, одобрен) [111].

Отдельно стоит упомянуть интерфейс OpenSearch и его развивающееся расширение OpenSearch-GEO [103]. Поддержка данного интерфейса присутствует в ряде программ и поисковых систем (таких как Google). Его применение может помочь обнаружению коллекций продуктов через поисковые системы общего назначения.

2.2.2.5. Выводы по подразделу 2.2.2

Значительная часть современных стандартов, связанных с созданием каталогов, использует в качестве основы интерфейс OGC CSW. Широкое распространение получили стандарт ISO 19115 и различные его модификации.

Изначально стандарт ISO 19115 также рассматривался как модель описания наборов данных в разрабатываемой системе НМА. Он был признан пригодным для описания наборов данных на уровне коллекций, однако недостаточным для описания на уровне продуктов. В частности, стандарт ISO 19115 не позволяет указывать URL описываемых данных, что делает такие метаданные менее полезными для конечного пользователя. В то же время

стандарт OGC 06-080 позволяет ссылаться как на сами описываемые данные, так и на вспомогательные ресурсы — такие, как маска облачности. Такая ссылка может указывать непосредственно на файл данных или ресурс сервера WMS/WCS [104].

Для интеграции каталогов в систему SSE с использованием современных открытых стандартов проекта HMA необходимо создание каталогов продуктов и коллекций согласно описанным выше требованиям стандартов OGC 06-131 и OGC 07-038 соответственно. Стандарт OGC 07-045 по-прежнему является одним из наиболее распространённых в мире, при этом используется стандарт метаданных ISO 19115 так же, как каталог коллекций OGC 07-038.

Наиболее простым в реализации стандартом, позволяющим интегрировать каталог продуктов обработки данных ДЗЗ в ИС SSE, является интерфейс EOLI. Его реализация менее перспективна для СЦ, однако позволяет изучить основные особенности создания и интеграции сервисов в систему SSE.

2.2.3. Анализ возможностей и свойств интерфейсов передачи данных

Данные, получаемые от СЦ в ИС SSE, могут быть бинарными файлами значительного объёма, векторным изображением или текстовой информацией. Для этого могут применяться как общепринятые, так и специализированные стандарты, разработанные для данных ДЗЗ.

2.2.3.1. Включение данных в сообщение от сервера

SSE предусматривает такой способ поставки результата работы сервиса, как непосредственное включение данных в тело SOAP-сообщения. Способ пригоден для поставки векторных изображений в формате SVG или текстовой информации [64]. Формат SVG (Scalable Vector Graphics) разработан консорциумом World Wide Web и в настоящий момент является одним из наиболее распространённых форматов представления векторной графики [118]. Формат основан на XML, что даёт возможность генерации SVG-документов с

использованием библиотек программ общего назначения. Способ представления данных в тестовом виде произволен, поскольку отображение данных на портале SSE определяется самим поставщиком (СЦ).

2.2.3.2. Протоколы FTP и HTTP

Ещё одним способом поставки данных пользователю, использующим только средства общего назначения, является включение в тело SOAP-сообщения URL файла данных, размещённого на сервере FTP или HTTP.

FTP является одним из старейших протоколов передачи файлов по сети [77]. Отличительной особенностью FTP является разделение передачи команд и данных по отдельным потокам и портам.

HTTP [84] можно назвать самым распространённым на сегодняшний момент протоколом передачи данных и файлов в Интернете. К недостаткам протокола следует отнести необходимость применения кодировки Base64 [124] в случае передачи двоичных данных, что приводит к увеличению объёма передаваемой информации на 33 %.

SSE не накладывает ограничений на формат данных, предоставляемых СЦ через протоколы FTP и HTTP. Они могут быть использованы для передачи данных пользователю как на ранних, так и на более поздних стадиях создания СИРЦ в силу простоты и широкой поддержки со стороны существующего программного обеспечения.

2.2.3.3. Протоколы OGC WCS и OGC WFS

Поставка данных в рамках системы SSE может выполняться с применением специализированных стандартов, ориентированных на работу с пространственными данными.

Для поставки растровых данных, массивов измерений и восстановленных значений физических параметров в системе SSE предлагается применение

открытого стандарта OGC WCS (Web Coverage Service) [131]. Интерфейс WCS требует от сервиса реализации в себя следующих операций:

- `GetCapabilities` — получение метаданных о самом сервисе;
- `DescribeCoverage` — получение метаданных об отдельном покрытии (например, данных снимка);
- `GetCoverage` — получение данных указанного покрытия, заданного пространственными ограничениями.

Расширение стандарта, содержащее операцию `Transaction`, позволяет пользователю загружать данные на сторону СЦ.

Поставка векторных данных в SSE может выполняться с применением открытого стандарта OGC WFS (Web Feature Service) [133]. Интерфейс WCS версии 2.0 требует от сервиса реализации в себя следующих операций:

- `GetCapabilities` — получение метаданных о самом сервисе;
- `DescribeFeatureType` — получение списка используемых типов слоёв (например, векторного объекта);
- `ListStoredQueries` — получение списка хранимых на сервере запросов;
- `DescribeStoredQueries` — получение метаданных о хранимом запросе;
- `GetFeature` — запрос данных конкретных слоёв.

Вспомогательный список операций позволяет клиенту сервиса редактировать слои и хранимые запросы:

- `GetPropertyValue` — извлечение свойств слоёв;
- `LockFeature` — блокировка изменений слоя для последующего обновления операцией `Transaction`;
- `GetFeatureWithLock` — запрос данных конкретных слоёв и их блокировка для последующего обновления операцией `Transaction`;
- `Transaction` — изменение хранимых на сервере слоев;

- CreateStoredQuery — создание хранимого запроса;
- DropStoredQuery — удаление хранимого запроса.

Следует отметить, что стандарт WMS [134], входящий в тройку стандартов WMS/WCS/WFS, для поставки данных в системе SSE не используется. Причиной может являться ориентированность стандарта на задачи картографии. WMS не предназначен для поставки массивов величин с плавающей запятой, используемых в задачах обработки данных ДЗЗ.

Реализация протоколов WCS и WFS достаточно сложна и требует привлечения существующего программного обеспечения. В то же время данные стандарты активно развиваются и широко применяются, что говорит от целесообразности их поддержки в рамках СИРЦ.

2.2.3.4. Другие актуальные стандарты, применимые для передачи данных ДЗЗ

Общим недостатком описанных средств обмена данными является отсутствие механизмов организации распределённого хранения данных. Задача построения распределённой сети хранилищ представляет большой интерес ввиду значительных объёмов данных ДЗЗ. Построение системы распределённой обработки данных даже в рамках отдельного СЦ делает эту задачу одной из первоочередных. Одним из наиболее распространённых стандартов, обеспечивающих доступ к распределённой сети хранилищ данных, является протокол WebDAV [130]. Он расширяет протокол HTTP, обеспечивая возможность публикации ресурсов, однако сохраняет совместимость с протоколом HTTP. Из основных особенностей WebDAV можно выделить поддержку базовых и расширенных файловых операций над объектами на сервере, поддержку метаданных и коллекций объектов.

Рассмотренные протоколы передачи файлов способны обеспечить передачу только файла целиком или его фрагментов. При этом не учитывается структура файла, поэтому для извлечения тех или иных полей данных требуется полная загрузка файла или его фрагмента, содержащего нужные данные. В то

же время данные ДЗЗ характеризуются значительным объёмом, в связи с чем прямая пересылка файлов может занять значительное время. Протокол OPeNDAP (Open-source Project for a Network Data Access Protocol) [108], также основанный на HTTP, позволяет решить эту проблему. Главным его достоинством является возможность передачи фрагментов файлов и агрегации данных из нескольких файлов в рамках одной операции передачи. При этом подразумевается оперирование не с произвольным участком двоичных данных, а с логическими структурами внутри файла данных вне зависимости от их способа хранения. Протокол OPeNDAP не накладывает никаких ограничений на используемые форматы файлов данных. Другим несомненным преимуществом протокола является возможность организации распределённой сети хранилищ. Протокол применяется ESA и NASA для организации доступа к ряду архивов спутниковых данных. Несмотря на видимые преимущества протокола, следует отметить, что ряд из них (например, работа с фрагментами файлов) требует соответствующей поддержки со стороны программного обеспечения для обработки данных. То же самое касается поставки данных конечным пользователям.

2.2.3.3. Выводы по подразделу 2.2.3

Данные, получаемые от СЦ, могут быть представлены как бинарным файлом значительного объёма, векторным изображением или текстовой информацией. SSE не накладывает жёстких ограничений на формат данных, получаемых пользователем от поставщика (СЦ). Способ представления данных на портале может быть задан самим поставщиком.

Для поставки данных потребителям в рамках глобальной ИС SSE можно использовать следующие механизмы:

- пересылка данных в SOAP-сообщении, получаемом клиентом от сервера (произвольные данные в текстовом формате или векторная графика в формате SVG — способ отображения задаётся поставщиком данных);
- включение в SOAP-сообщение URL данных, размещённых на сервере

FTP или HTTP (формат данных не оговаривается);

- OGC WFS для поставки векторных данных;
- OGC WCS для поставки растровых данных.

Наиболее простым (и наиболее пригодным для данных низких уровней обработки) способом является применение протоколов общего назначения — FTP и HTTP. Поставка данных с применением интерфейсов WFS и WCS наиболее сложна в организации, однако наиболее перспективна и востребована для продуктов высоких уровней обработки.

В системе SSE вопрос о передаче данных от пользователя к СЦ не рассматривается. Это необходимо для организации обработки пользовательских данных по запросу согласно сформулированным выше функциональным требованиям к СИРЦ. Развитие технологий распределённой обработки в СЦ также может потребовать от СИРЦ организации передачи данных на сторону конкретного обрабатывающего узла. Для этой цели можно предложить использование таких стандартов, как WebDAV и OGC WCS/WFS.

2.2.4. Анализ возможностей и свойств интерфейсов заказа данных ДЗЗ и вызова процедур их обработки

Согласно функциональным требованиям, сформулированным ранее, в рамках СИРЦ пользователю-исследователю необходимо предоставить возможность заказа обработки выбранных спутниковых данных в соответствии с задаваемой пользователем технологией обработки. Как было показано ранее в главе 1, такая модель взаимодействия пользователя с ИС СЦ не описывается ни одним из существующих стандартов. В связи с этим необходимо оценить принципиальную возможность организации такого взаимодействия с применением существующих стандартов.

2.2.4.1. Внутренний европейский интерфейс заказа данных SSE Order

Интерфейс SSE Order описывается в спецификации SSE ICD [119] и является основным механизмом заказа данных ДЗЗ в системе SSE. Интерфейс позволяет пользователю оформить заказ на получение одного или нескольких продуктов обработки данных ДЗЗ (любого уровня обработки, включая «сырые» данные). Интерфейс поддерживает как синхронный, так и асинхронный режимы взаимодействия и требует от поставщика реализации одной из следующих операций:

- `processOrder` (синхронный) — отправляет форму заказа на сервер и ожидает немедленного ответа;
- `sendOrder` (асинхронный) — отправляет форму заказа на сервер, который впоследствии сообщает клиенту о готовности заказа путём вызова операции `returnOrderResult` на стороне клиента. Этим клиентом, как правило, является сервер SSE Portal.

При наличии ограничений на доступ к данным (включая коммерческий доступ) необходима реализация одной из следующих операций:

- `processRFQ` (синхронный) — запрос стоимости и возможности заказа указанных данных, требует немедленного ответа;
- `sendRFQ` (асинхронный) — запрос стоимости и возможности заказа указанных данных с указанными параметрами, с ожиданием сигнала путём вызова операции `returnRFQResult` на стороне клиента (аналогично `sendOrder`).

Как для Order, так и для RFQ (Request For Quotation) пользователь имеет возможность задания дополнительных опций заказа. В качестве таковых опций можно передавать на сторону СЦ параметры алгоритмов, которые будут использоваться при обработке выбранных данных.

Как видно из набора операций, у интерфейса SSE Order нет механизма передачи информации о возможных параметрах заказа на сторону клиента. Эта

информация, а также способ её предоставления пользователю хранится на портале SSE, что осложняет поддержку сервиса заказа для поставщика. Полноценная работа с сервисом в обход портала сильно затруднена, поскольку возникает необходимость передачи клиенту актуальной информации о возможностях сервиса нестандартными средствами. В то же время простота интерфейса SSE Order позволяет рассматривать его как временное решение по организации сервиса заказа на обработку в рамках СИРЦ.

2.2.4.2. Стандарт заказа данных OGC 06-141 (OSEO)

Стандарт OGC 06-141 (OSEO, Ordering Services Framework for Earth Observation Products) [114] был разработан группой европейских организаций для проекта НМА и в 2012 году получил утверждение Открытого геопространственного консорциума (OGC). Его основное назначение — предоставить пользователю возможность единовременного заказа продуктов, оформления подписки на их получение или формирования заявки на съёмку определённого географического региона (планирование).

Интерфейс определяет следующий набор операций:

- `GetCapabilities` — получение метаданных о самом сервисе, включает информацию о синхронности/асинхронности конкретных операций;
- `GetOptions` — получение списка возможных опций для заказа данных, подписки на их получение, планирования съёмки;
- `GetQuotation` — запрос стоимости и возможности заказа указанных данных с указанными параметрами, в асинхронном режиме – с ожиданием сигнала путём вызова операции `GetQuotationResponse` на стороне клиента (аналогично операциям интерфейса SSE Order);
- `Submit` — оформление заказа/подписки/планирования, в асинхронном режиме – с ожиданием сигнала путём вызова операции `SubmitResponse` на стороне клиента (аналогично операциям интерфейса SSE Order);

- `GetStatus` — получение статуса выполнения заказа;
- `DescribeResultAccess` — получение URL результатов заказа;
- `Cancel` — оформление заказа/подписки/планирования, в асинхронном режиме – с ожиданием сигнала путём вызова операции `CancelResponse` на стороне клиента (аналогично операциям интерфейса `SSE Order`).

Необходимость реализации той или иной операции определяется классами требований (*requirements classes*), описание которых приведено в документации по стандарту.

Возможности стандарта OGC 06-141 (OSEO) позволяют применить его для организации сервиса заказа на обработку спутниковых данных в соответствии с требованиями, разработанными для СИРЦ. Реализация интерфейса OSEO значительно сложнее реализации интерфейса `SSE Order`. В то же время его поддержка необходима для интеграции СИЦ в ИС нового поколения SSE/HMA и в силу общепризнанности стандарта более перспективна.

2.2.4.3. Стандарт вызова процедур обработки данных OGC WPS

Стандарт OGC WPS (*Web Processing Service*) [113] не описывается в требованиях SSE и HMA, однако достаточно широко используется (например, в проекте GENESIS в рамках 7-й рамочной программы Евросоюза [125]) и решает схожую задачу. Стандарт описывает интерфейс доступа к службам обработки пространственных данных в стиле удалённого вызова процедур. WPS позволяет задавать параметры обработки, а также реализовать асинхронную модель взаимодействия.

Интерфейс WPS требует от веб-сервиса реализации следующих операций:

- `GetCapabilities` — получение метаданных о самом сервисе, включает список доступных процессов (процедур обработки);
- `DescribeProcess` — получение метаданных об указанных процессах;
- `Execute` — запуск процесса на выполнение или проверка статуса уже

выполняющегося процесса (реализация асинхронной модели взаимодействия организована без обратного вызова).

Стандарт WPS достаточно прост в реализации, однако ориентирован на работу в стиле удалённого вызова процедур и плохо приспособлен для непосредственного взаимодействия с конечным пользователем. В то же время WPS целесообразно использовать как основной интерфейс СИРЦ для предоставления служб по обработке данных при межсистемном взаимодействии.

2.2.4.4. Выводы по подразделу 2.2.4

Рассмотренные интерфейсы SSE Order и OGC 06-141 (OSEO) предназначены для заказа данных ДЗЗ, однако поддержка асинхронной модели взаимодействия и возможность задания опций обработки позволяют использовать их при решении задачи заказа на обработку спутниковых данных. При этом пользователь получает возможность выбора алгоритмов обработки и их параметров. Интерфейс SSE Order более прост в реализации может рассматриваться как промежуточное решение для интеграции СЦ в SSE. Стандарт OGC WPS не нацелен на непосредственную работу с пользователем, однако может быть использован как основной интерфейс вызова процедур обработки данных СЦ при межсистемном взаимодействии.

2.2.5. Изучение особенностей совместного функционирования сервисов в SSE

2.2.5.1. Взаимодействие сервисов каталога и заказа на портале SSE

Основным способом взаимодействия пользователя с сервисами интегрированных в SSE поставщиков является доступ через веб-интерфейс сервера SSE Portal. Типовой сценарий взаимодействия пользователя с сервисами каталога EOLI и заказа SSE Order представлен на рисунке 4.

Результатом поиска (Search) по каталогу является список идентификаторов продуктов, соответствующих заданным поисковым критериям. Пользователь

имеет возможность просмотра метаданных конкретного продукта (Present), а также формированию заявки на заказ выбранных им продуктов (RFQ) и последующего подтверждения заказа (Order).

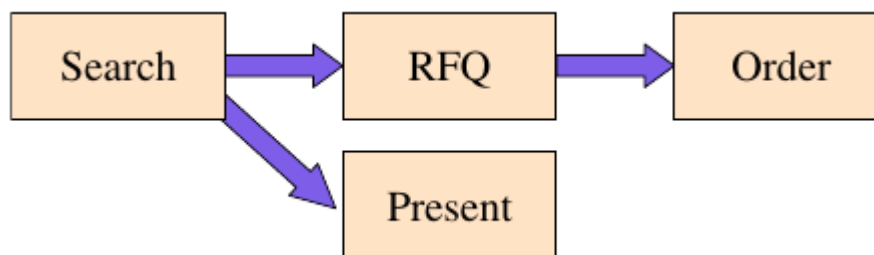


Рисунок 4. Последовательность вызова операций сервисов каталога (Search, Present) и заказа (RFQ, Order) при работе пользователя с SSE

Механизм Workflow Engine на портале SSE позволяет передавать результат поиска по каталогу в качестве входной информации для сервиса заказа, при этом переход от работы с одним сервисом к работе с другим незаметен для пользователя. Для этого поставщик должен [64, 119]:

1. обеспечить применение единых идентификаторов продуктов и коллекций как для сервиса каталога, так и для сервиса заказа;
2. настроить соответствующим образом пользовательский интерфейс портала.

Поскольку входной информацией для сервиса заказа являются идентификаторы продуктов, на стороне поставщика должен присутствовать механизм определения имён и размещения соответствующих им файлов данных.

Следует отметить, что как SSE/HMA, так и используемые стандарты допускают применение сервиса заказа в самостоятельной форме без каталога. В этом случае пользователь лишается возможности поиска и выбора данных, удовлетворяющих его требованиям, и вынужден заказывать получение/обработку большего числа файлов (что также неудобно и для СЦ). В то же время при работе в режиме подписки такой вариант использования сервиса заказа является обоснованным и единственно возможным, поскольку

требуемые данные ещё не получены.

2.2.5.2. Идентификация коллекций и продуктов

В рамках SSE отдельный продукт можно однозначно идентифицировать сочетанием его идентификатора и идентификатора коллекции [119]. Формат идентификаторов SSE определяется самим поставщиком. Согласно неофициальным рекомендациям идентификатор коллекции SSE должен состоять из букв латинского алфавита, цифр, знаков подчёркивания и точек. Последние используются для структурирования коллекций согласно рекомендуемому шаблону:

ПОСТАВЩИК.МИССИЯ.ТИП_ПРОДУКТА

Идентификатор коллекции должен быть уникален в рамках всей ИС SSE или как минимум на уровне поставщика. Идентификатор продукта должен быть уникален на уровне коллекции и состоять из того же набора символов. Рекомендуемый формат идентификатора продукта должен включать указание на тип данных и время его получения:

ТИП_ПРОДУКТА_ДАТА_ВРЕМЯ

При этом из даты и времени необходимо убрать символы-разделители, наличие которых в строке недопустимо.

В стандартах нового поколения, разработанных в рамках проекта НМА [109, 114], идентификаторы продуктов и коллекций задаются в формате URN (Universal Resource Name) [78]. Это делает идентификатор отдельного продукта уникальным не только в рамках отдельной коллекции, но и на глобальном уровне — в том числе вне области ДЗЗ. Достигается это за счёт того, что любой URN включает в себя идентификатор пространства имён, в котором он определён — будь то коллекция, поставщик или тип описываемого метаданными ресурса. Таким образом, идентификатор коллекции в НМА может иметь следующий вид:

urn:ogc:def:ЕОР:ПОСТАВЩИК.МИССИЯ.ТИП_ПРОДУКТА

При этом продукт, входящий в эту коллекцию, должен иметь следующий вид:

urn:ogc:def:ЕОР:ПОСТАВЩИК.МИССИЯ.ТИП_ПРОДУКТА:ПРОДУКТ

Знак двоеточия является служебным символом URN, разделяющим области видимости. Остальные символы, задающие идентификатор, также должны являться буквами латинского алфавита, цифрами, знаками подчёркивания. Роль точки однозначно нигде не определяется. В ряде существующих реализаций её заменяют на двоеточие, что не противоречит сути URN, но нарушает совместимость с традиционным способом идентификации. Суффикс «ПРОДУКТ» в URN может формироваться способом, аналогичным традиционному.

2.2.5.3. Выводы по подразделу 2.2.5

Для совместной работы сервисов, интегрируемых в ИС SSE/НМА, необходимо выполнить ряд дополнительных требований. Основным из них является необходимость согласования способа идентификации данных между сервисами каталога и заказа. Исходя из этих требований можно сделать вывод о необходимости наличия в СИРЦ механизма, обеспечивающего взаимоднозначное соответствие между идентификаторами и хранящимися в СЦ файлами данных.

2.2.6. Формирование требований к ИС СЦ для интеграции в глобальную ИС SSE

На основе проведённого анализа свойств и возможностей глобальной ИС Европейского космического агентства и используемых в ней стандартов был сформулирован следующий набор требований для интеграции ИС СЦ без учёта его специфики [33, 36]:

Требование 1. В рамках ИС СЦ должны быть развёрнуты сервисы на основе технологий SOAP и WSDL.

Обоснование. Интеграция в SSE подразумевает организацию удалённого

вызов сервисов, выполняющихся на стороне поставщика (СЦ) и получающих запросы со стороны механизма Workflow Engine, являющегося ядром ИС SSE.

Требование 2. Интерфейс сервисов должен соответствовать предопределённому в рамках SSE набору стандартов, особенности каждого из которых должны рассматриваться отдельно.

Обоснование. Стандартизация обеспечивает единообразный вызов сервисов различных поставщиков для механизма Workflow Engine, а также при непосредственном межсистемном взаимодействии с ИС поставщика.

Требование 3. Для организации поиска данных поставщика (и просмотра метаданных по ним) на стороне последнего должен быть развёрнут сервис, отвечающий требованиям одного из стандартов сервисов каталога.

Обоснование. Сервис каталога включает операции, позволяющие клиентской стороне формировать запрос на получение метаданных согласно набору ограничений на значения атрибутов этих метаданных.

Требование 4. Для организации получения данных на стороне поставщика должен быть развёрнут один из общепринятых в области ДЗЗ сервис поставки данных.

Обоснование. SSE не накладывает жёстких ограничений на формат и способ предоставления данных пользователю, в связи чем их выбор определяется потребностями клиентов конкретного поставщика.

Требование 5. Ограничение доступа к данным, а также предоставление пользователю механизма для выбора способа их получения требует от поставщика создания сервиса, отвечающего требованиям одного из стандартов заказа.

Обоснование. Сервис заказа включает возможность формирования заказа на основе указания желаемых данных и различных опций их получения. До отправки заказа возможно также формирование предварительного запроса, позволяющего уточнить у поставщика возможность получения указанных

данных в соответствии с заданными опциями.

Требование 6. Для организации доступа пользователей к сервисам каталога, получения данных, заказа необходима регистрация данных сервисов на центральном веб-портале SSE.

Обоснование. Портал является основной точкой входа для конечных пользователей и обеспечивает доступ к ресурсам всех зарегистрированных поставщиков. При регистрации поставщик имеет возможность настраивать веб-интерфейс собственного сервиса на портале и управлять его взаимодействием с механизмом Workflow Engine и самим сервисом, функционирующим в рамках ИС поставщика.

Требование 7. Базовая интеграция в SSE требует от поставщика создания и регистрации каталога.

Обоснование. Каталог позволяет поставщику продемонстрировать потенциальным потребителям ассортимент и качество продукции, при этом создание соответствующего сервиса наименее трудозатратно для поставщика.

Требование 8. Интеграция в SSE с поставкой данных пользователю требует от поставщика создания и регистрации каталога, а также развёртывания сервиса поставки данных.

Обоснование. Каталог обеспечивает поиск конкретных продуктов, сервис поставки данных позволяет пользователю получить сами данные продуктов. Сервис поставки данных не может быть интегрирован в ИС SSE самостоятельно, в отсутствии каталога.

Требование 9. Интеграция в SSE с возможностью заказа данных пользователем требует создания и регистрации сервиса заказа, а также развёртывания сервиса поставки данных.

Обоснование. Сервис заказа обеспечивает пользователю задание опций заказа на получение данных, сервис поставки данных позволяет пользователю получить сами данные продуктов.

Требование 10. Интеграция в SSE с возможностью заказа данных пользователем, с предварительной оценкой их пригодности для решения его задачи, требует создания и регистрации сервисов каталога и заказа, а также развёртывания сервиса поставки данных.

Обоснование. Данный набор сервисов обеспечивает возможности поиска и выбора данных, пригодных для решения задачи, их заказа с указанием опций и получения через выбранный сервис в выбранном формате.

Требование 11. Взаимодействие сервиса каталога с сервисом заказа требует использования единой системы идентификации данных, совместимой с используемыми стандартами каталога и заказа.

Обоснование. Единый способ идентификации данных обеспечивает возможность передачи результата поиска по каталогу в сервис заказа. Для этого способ представления идентификационной информации должен соответствовать требованиям обоих стандартов, а используемая идентификационная информация должна указывать на один и тот же набор данных в контексте обоих сервисов.

Требование 12. Взаимодействие сервисов каталога и заказа с сервисом поставки данных требует наличия механизма, обеспечивающего взаимоднозначное соответствие между идентификационной информацией, используемой для данных, и физическим размещением самих данных.

Обоснование. При генерации метаданных для конкретного продукта необходимо поставить в соответствие его файлу (файлам) данных идентификационную информацию согласно требованиям стандарта каталога. При обработке заказа необходимо произвести обратную операцию, определив имя и физическое размещение файла (файлов) данных, соответствующих идентификационной информации.

2.3. Разработка конечных требований к СИРЦ

На основе двух наборов требований, сформированных с учётом потребностей клиентов с СЦ ДВО РАН (раздел 2.1), и свойств глобальной ИС SSE Европейского космического агентства (раздел 2.2) был разработан **конечный набор требований к СИРЦ** [12, 42]:

Требование 1. Создание СИРЦ должно происходить в несколько этапов, с учётом трудоёмкости разработки, создания и внедрения требуемых сервисов.

Обоснование. Система SSE позволяет интегрировать различные комбинации сервисов, предоставляющие пользователю те или иные функции. В связи с этим целесообразным является их постепенное введение в строй в соответствии с потребностями и возможностями СЦ.

Требование 2. На первом этапе создания СИРЦ необходимо ориентироваться на соответствие стандартам SSE первого поколения.

Обоснование. В силу простоты стандартов SSE первого поколения реализация соответствующих интерфейсов требует наименьших усилий от разработчика. В то же время они не являются общепринятыми в мировом сообществе и обладают рядом ограничений, осложняющих поддержку СИРЦ.

Требование 3. На втором этапе развития СИРЦ необходимо ориентироваться на соответствие стандартам, предложенным в рамках проекта НМА.

Обоснование. Все стандарты, разработанные и применяемые в рамках европейско-канадского проекта НМА, являются открытыми и применяются также и вне SSE/НМА. В то же время соответствующие интерфейсы сложнее в реализации.

Требование 4. СИРЦ должна обеспечивать возможность расширения за счёт добавления новых интерфейсов.

Обоснование. Наличие такой возможности даёт возможность СИРЦ эволюционировать в соответствии с требованиями SSE и НМА, а также интегрироваться в с другими ИС ДЗЗ в перспективе.

Требование 5. Необходимо организовать доступ к системе обработки спутниковых данных, функционирующей в существующей ИС СЦ, на основе интерфейса OGC WPS.

Обоснование. Стандарт OGC WPS является общепризнанным средством организации удалённого вызова процедур в области работы с данными ДЗЗ. Он предоставляет клиенту набор средств для получения от сервера формализованного описания доступных алгоритмов и их параметров, возможность асинхронного вызова этих алгоритмов и отслеживания статуса их выполнения. Данный сервис наиболее удобен при межсистемном взаимодействии.

Требование 6. В рамках СИРЦ необходимо создание сервиса заказа согласно требованиям стандартов ИС SSE.

Обоснование. Используемые в SSE стандарты для сервисов заказа определяют способ передачи опций заказа, которые могут быть использованы для указания конечным пользователем алгоритма обработки и его параметров. Данный сервис нацелен в первую очередь на непосредственную работу с пользователем. Соответствие требованиям стандарта позволит интегрировать его в саму систему SSE.

Требование 7. При разработке и создании СИРЦ необходимо ориентироваться на применение существующего программного обеспечения.

Обоснование. Проведённый анализ интерфейсов выявил сложность большинства стандартов, применимых для интеграции в ИС SSE. В то же время получили достаточно широкое распространение пакеты программ, обеспечивающие частичную или полную реализацию требуемых интерфейсов. Часть из этих пакетов разрабатывается непосредственно компаниями, сотрудничающими с Европейским космическим агентством по вопросам развития SSE и НМА. Применение подобного программного обеспечения должно упростить как создание, так и поддержку СИРЦ в рамках произвольного СЦ.

Требование 8. Доступ к СИРЦ необходимо обеспечить как через портал

SSE, так и через веб-интерфейс, расположенный на сайте разработчика; а также через стандартизированные средства межсистемного взаимодействия.

Обоснование. Портал SSE является основной точкой входа для пользователей этой глобальной ИС. Веб-интерфейс на сайте СЦ может частично дублировать функции портала SSE и обеспечивать доступ к СИРЦ сложившегося круга пользователей в случае неисправности портала SSE. Создание такого веб-интерфейса требует дополнительных трудозатрат, но в то же время даёт больше возможностей для отладки сервисов. Низкоуровневые интерфейсы, соответствующие требованиям общепринятых стандартов, могут применяться для интеграции СИРЦ с ИС других СЦ.

Требование 9. В рамках СИРЦ необходимы разработка и создание подсистемы, решающей вопросы управления данными и метаданными.

Обоснование. Значительное количество современных стандартов, связанных с хранением и поиском данных ДЗЗ, требует выделения отдельной подсистемы, решающей соответствующие вопросы в рамках СИРЦ.

Подсистема СИРЦ, решающая вопросы управления данными и метаданными, была названа *репозиторием спутниковых данных*. Были разработаны следующие **требования к репозиторию**:

Требование 1. Репозиторий должен обеспечивать оперативное и долговременное хранение спутниковых данных.

Обоснование. Ключевым отличием кратковременного хранения данных от долговременного является необходимость в регулярном удалении устаревших данных. При этом политика работы с метаданными также может быть различна для оперативного и долговременного хранения.

Требование 2. Репозиторий должен работать с классификацией данных, используемой в SSE: «продукт» (данные) и «коллекция» (группа однотипных продуктов).

Обоснование. Данная классификация упрощает организацию сервисов каталога и заказа согласно используемым в SSE стандартам.

Требование 3. Репозиторий должен обеспечивать совместимость со

способом идентификации данных, используемым в SSE.

Обоснование. Использование такого способа идентификации при помещении, поиске и извлечении данных упрощает взаимодействие с SSE.

Требование 4. Репозиторий должен предоставлять возможность поиска и просмотра метаданных через интерфейс каталога согласно требованиям SSE.

Обоснование. Наличие соответствующего интерфейса позволит обеспечить поиск по репозиторию со стороны глобальной ИС SSE, а также других ИС ДЗЗ.

Требование 5. Метаданные, хранимые в каталоге, должны содержать актуальную информацию о состоянии хранилищ спутниковых данных репозитория.

Обоснование. Наличие актуальной информации о составе хранимых в репозитории данных необходимо для функционирования репозитория как единой системы и даёт возможность непосредственного перехода от поиска к получению данных.

Требование 6. Репозиторий должен предоставлять различные механизмы поставки данных пользователю в соответствии с его предпочтениями.

Обоснование. Современные стандарты, применимые для поставки данных ДЗЗ, разнообразны. Применение конкретного стандарта обусловлено задачами пользователя и набором используемых им программных средств.

Требование 7. Репозиторий должен предоставлять механизм получения данных от пользователя.

Обоснование. На стороне СЦ может быть организована необходимая пользователю обработка спутниковых данных, однако должны отсутствовать сами данные. В этом случае репозиторий должен обеспечивать пользователю возможность предоставлять собственные данные.

Требование 8. Репозиторий должен быть открытым, т. е. позволять расширение за счёт включения новых интерфейсов каталогов и передачи данных.

Обоснование. Данное свойство позволит репозиторию эволюционировать в соответствии с изменяющимися внешними требованиями при дальнейшем

развитии глобальной ИС SSE, а также при интеграции в другие ИС ДЗЗ.

Требование 9. Репозиторий должен иметь возможность обслуживания нескольких хранилищ данных.

Обоснование. Хранение данных ДЗЗ на нескольких узлах, организованных по технологии RAID, в рамках одной организации является распространённой практикой ввиду значительных объёмов данных.

Требование 10. Организация репозитория поверх существующих хранилищ не должна требовать немедленной реорганизации их структуры.

Обоснование. Сохранение физической структуры включаемых в репозиторий хранилищ спутниковых данных позволит сохранить существующие потоки данных в СЦ. За счёт этого становится возможным существенно снизить трудоёмкость внедрения репозитория в СЦ и избежать перерывов в его работе.

2.4. Выводы по главе 2

В главе на примере СЦ ДВО РАН сформулированы функциональные требования к ИС СЦ, ориентированной на работу с пользователями-исследователям. Произведён анализ свойств и возможностей глобальной ИС SSE Европейского агентства и используемых в ней стандартов, на основе чего формализован краткий набор требований по интеграции в эту ИС. Показана возможность интеграции в SSE при сохранении основных принципов работы с пользователями-исследователями, применяемых в СЦ ДВО РАН. На основе двух наборов сформулированных требований были разработаны конечные требования к СИРЦ.

ГЛАВА 3. МОДЕЛИ СИРЦ И ЕЁ КОМПОНЕНТОВ

Глава посвящена разработке моделей СИРЦ и её компонентов в соответствии с разработанными требованиями. Особое внимание уделяется открытому репозиторию спутниковых данных, объединяющему средства поиска и доступа к данным. При этом обеспечивается соответствие основным принципам моделей открытого архива OAIS, а также способу логической организации данных, используемой в глобальной ИС SSE.

3.1. Концептуальный проект СИРЦ

Основным назначением СИРЦ является организация промежуточного программного слоя между существующей ИС СЦ и средствами глобальной ИС ДЗЗ Европейского космического агентства. Согласно разработанным требованиям был предложен концептуальный проект СИРЦ, представленный на рисунок 5.

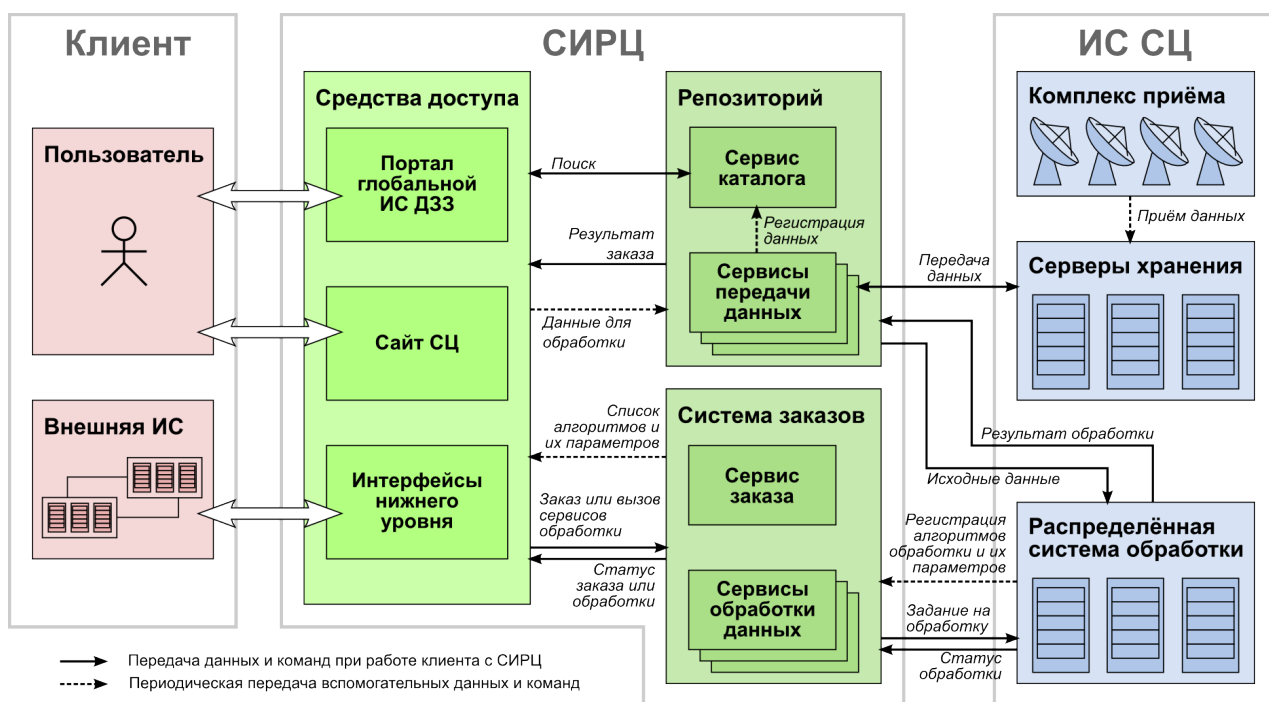


Рисунок 5. Концептуальный проект СИРЦ. Взаимодействие СИРЦ с клиентом и существующей информационной системой спутникового центра.

Компонентами СИРЦ являются [11, 42, 101]:

- *репозиторий спутниковых данных* — решает задачи, связанные с передачей и хранением данных, а также поиском и просмотром метаданных. Содержит сервисы каталога и передачи данных;
- *система заказов* — включает в себя сервис заказа, ориентированный на работу с пользователем, и сервисы обработки, предоставляющие интерфейс к распределённой системе обработки (РСО) спутниковых данных;
- *средства доступа к СИРЦ* — представлены веб-интерфейсом на портале глобальной ИС ДЗЗ, веб-интерфейсом на сайте СЦ и интерфейсами нижнего уровня, предназначенными для межсистемного взаимодействия.

Основная часть компонентов СИРЦ может быть размещена как на стороне СЦ, так и на выделенных серверах вне его.

Взаимодействие клиента с СИРЦ определяется набором операций:

- *поиск и просмотр метаданных* — реализуется каталогом репозитория;
- *извлечение данных* (стандартной продукции результата обработки заказа) — 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.

Данный набор операций реализуется в том или ином виде в рамках любого из перечисленных средств доступа к СИРЦ.

Взаимодействие СИРЦ с существующей ИС СЦ определяется набором операций:

- *помещение данных в хранилище* — реализуется локально и посредством файл-ориентированных протоколов (SMB, FTP и т. д.);
- *извлечение данных из хранилища* — реализуется локально и посредством файл-ориентированных протоколов (SMB, FTP и т. д.);
- *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;
- *помещение результата обработки в репозиторий* — реализуется средствами репозитория;
- *регистрация списка доступных алгоритмов и их параметров* — обеспечивается средствами системы заказов;
- *передача статуса выполнения обработки* — обеспечивается средствами системы заказов.

3.2. Открытый репозиторий спутниковых данных

Репозиторий является подсистемой СИРЦ, решающей вопросы поиска, хранения и передачи данных в соответствии с разработанными требованиями. Репозиторий содержит сервисы каталога и передачи данных, соответствующие требованиям международных стандартов. Открытость репозитория подразумевает возможность замены реализаций сервисов каталога и передачи данных в соответствии с изменяющимися требованиями пользователей, внешних ИС и самого СЦ [42, 101].

Наиболее полно требованиям к репозиторию соответствуют существующие модели открытого архива OAIS (Open Archival Informational System) [122] и рекомендации по долговременному хранению данных LTDP (Long Term Data Preservation) [95] рассмотренные в главе 1. В связи с этим были разработаны функциональная и информационная модели репозитория согласно общим принципам соответствующих моделей OAIS. 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.

3.2.1. Логическая организация данных репозитория

Логическая организация данных, с которой работает репозиторий, основана на применяемой в SSE классификации данных «поставщик–коллекция–продукт» (рисунок 6а). Иерархия была расширена за счёт включения понятий «файл» и «узел хранения» («хранилище»), что необходимо при организации физического управления данными (рисунок 6б). Отдельный продукт обработки спутниковых данных может быть представлен как одним файлом, так и их группой. Ввиду значительного объёма архивов спутниковых данных (десятки ТБ) распространённой практикой является размещение данных различного типа на отдельных серверах, поэтому в рамках репозитория необходимо ввести понятие узла хранения. Поскольку СИРЦ разрабатывается для ИС ДЗЗ общего назначения, репозиторий также не накладывает никаких ограничений на структуру и содержимое самих данных. При этом предполагается применение форматов и интерфейсов передачи данных ДЗЗ, описанных в подразделе 2.2.3.

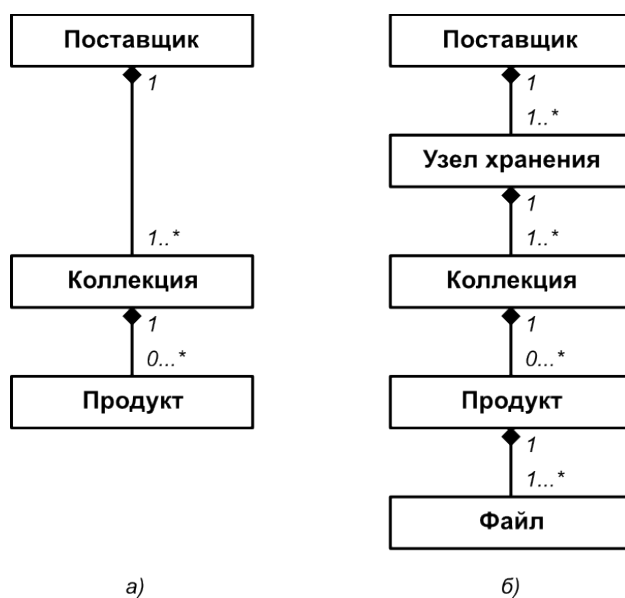


Рисунок 6. Логическая организация данных в глобальной ИС SSE (а)
и в репозитории (б)

Предложенная организация данных в репозитории определяет логическое структурирование, максимально приближенное к требованиям ИС SSE.

3.2.2. Общие модели информации, с которой работает репозиторий

Для обеспечения цикла работы с данными согласно требованиям OAIS, в рамках репозитория необходимо также определить понятия:

- данных, предоставляемых клиентом для помещения в репозиторий — SIP (Submitted Information Package);
- данных, хранимых в репозитории — AIP (Archived Information Package);
- данных, извлекаемых клиентом из репозитория — DIP (Disseminated Information Package).

Первое и третье понятия относятся к внешнему аспекту работы репозитория, второе — отражает внутренний аспект.

Информационная модель OAIS описывает SIP как объединение самих данных (Content Information) и информации об их хранении — PDI (Preservation Description Information). В рамках репозитория только продукт может являться полноценным пакетом SIP, поскольку содержит сами данные. Коллекция является абстракцией, объединяющей однотипные продукты. Поэтому для SIP коллекции включает только пакет PDI, включающий информацию, общую для всех продуктов коллекции (рисунок 7).

Модель сохраняемых данных (AIP) и предоставляемых клиенту данных (DIP) имеют идентичную структуру (рисунок 8), т. к. сохраняемые данные могут быть интерпретированы (согласно OAIS) пользователем без помощи экспертов. Хранимые в репозитории данные либо представляют собой готовые продукты для конечного пользователя, либо предназначены для обработки в соответствии с задаваемой им технологией.

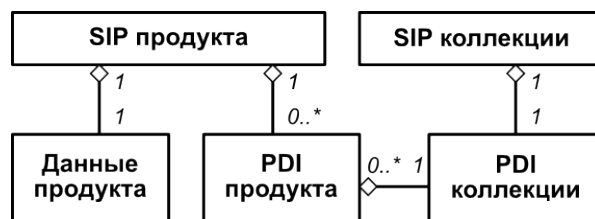


Рисунок 7. Общая модель информации, помещаемой в репозиторий



Рисунок 8. Общая модель информации, сохраняемой в репозитории и предоставляемой клиенту

3.2.3. Трансляция идентификаторов

Согласно конечным требованиям к СИРЦ, сформулированным в главе 2, репозиторий должен обеспечивать совместимость со способом идентификации данных, используемым в глобальной ИС SSE. Как сервисы каталога, так и сервисы заказа данных используют в качестве идентификаторов продуктов и коллекций текстовые строки, формат которых определяется поколением используемых стандартов (SSE или HMA). Некоторые интерфейсы передачи данных, такие как OGC WCS и OGC WFS, также используют строки символов для идентификации данных. В то же время любые действия, производимые с данными, требуют знания их физического размещения. Ряд интерфейсов передачи данных, таких как FTP, также опирается на применение физического адреса файла данных. Типовой способ вызова сервисов обработки OGC WPS подразумевает передачу данных в теле запроса или в виде адреса файлов.

В качестве выхода из сложившейся ситуации можно предложить организацию в рамках репозитория специализированного сервиса, обеспечивающего преобразование (трансляцию) идентификаторов данных в

адреса их физического размещения. Данная трансляция должна производиться в момент запроса данных из репозитория при работе любого из указанных сервисов. При использовании интерфейсов, не рассчитанных на применение идентификаторов, такая трансляция должна производиться клиентом вне репозитория; в остальных случаях она осуществляется внутри самого репозитория. Помимо трансляции в задачи сервиса входит также изначальная генерация идентификаторов, которая должна выполняться в момент помещения данных в репозиторий.

Наличие сервиса трансляции позволяет ссылаться на конкретные данные, абстрагируясь от их физического размещения и способа доступа к ним. Благодаря этому становится возможным:

- использовать разные интерфейсы для доступа к одним и тем же данным, предоставив клиенту возможность выбора;
- не менять файловой структуры хранилища при создании репозитория, реализовав необходимую структуру «коллекция–продукт» на уровне сервиса трансляции;
- обеспечить простое подключение к репозиторию хранилищ сторонних организаций или организовать передачу данных со стороны пользователя;
- реорганизовывать файловую структуру хранилища при его модернизации, сохранив способ доступа неизменным.

3.2.4. Общая функциональная модель репозитория

Определив понятия SIP, AIP и DIP, можно предложить общую функциональную модель репозитория (рисунок 9) по аналогии с функциональной моделью OAIS [122]. Модель включает в себя следующие **компоненты**:

- *Сервис трансляции идентификаторов.* Обеспечивает преобразование

идентификаторов данных в адреса их фактического размещения, и наоборот.

- *Интерфейсы усвоения предоставляемых клиентом пакетов SIP.* Обеспечивают реализацию стадии усвоения (Ingest) OAIS. В результате их работы на основе пакета предоставляемых данных (SIP) формируется и помещается в хранилище пакет хранимых данных (AIP).
- *Хранилище.* Данный объект физически может быть представлен несколькими узлами хранения согласно предложенной логической структуре организации данных (рисунок 6).
- *Интерфейсы доступа.* Обеспечивают клиенту возможность запроса хранимых данных согласно функциональной модели OAIS. При этом поиск и предоставление метаданных осуществляются с привлечением интерфейсов каталогов данных ДЗЗ.
- *Интерфейсы администрирования.* Обеспечивают управление всеми компонентами репозитория на всех стадиях работы с данными.

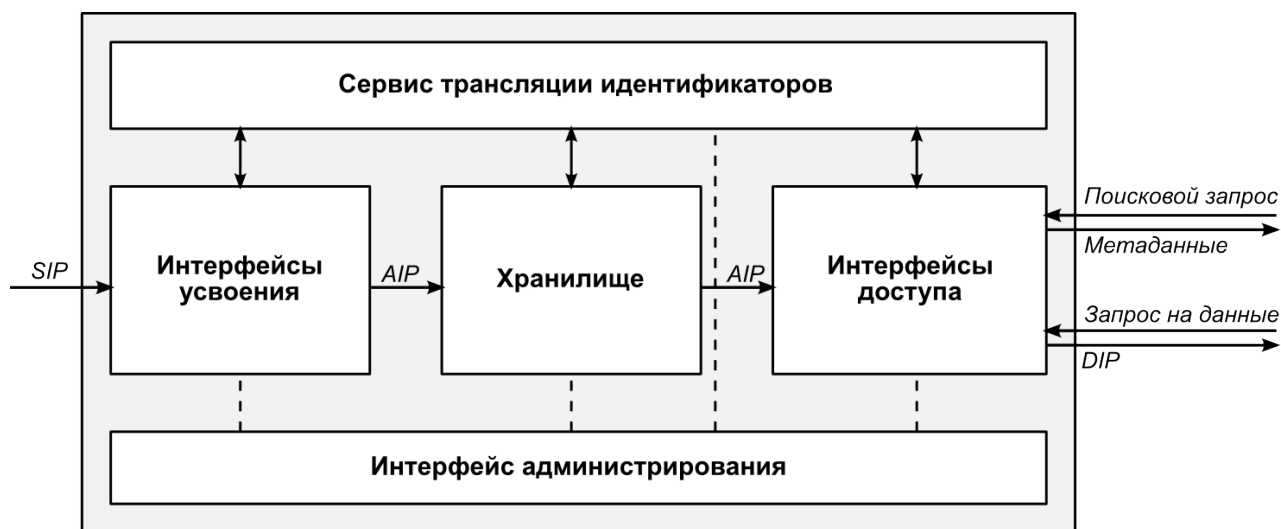


Рисунок 9. Общая функциональная модель репозитория, представленная в терминах OAIS

Базовыми операциями по работе с репозиторием являются, как и OAIS, *помещение* и *извлечение* данных. Применение репозитория для оперативного

хранения, а также применение классификации данных «коллекция–продукт» позволяют сформулировать **полный набор операций**:

- *Регистрация коллекции в репозитории.* Обеспечивает помещение в репозиторий информации и процедур, необходимых для осуществления трансляции идентификаторов, усвоения, хранения и предоставления информации в рамках отдельно взятой коллекции. При вызове операции клиент предоставляет пакет SIP коллекции (рисунок 8), состоящий только из пакета PDI коллекции (рисунок 10), который описан ниже.
- *Помещение продукта в коллекцию.* Обеспечивает физическое помещение данных ДЗЗ в репозиторий. Клиент может предоставить метаданные, включающие идентификатор продукта, либо положиться на их автоматическую генерацию, если соответствующие *правила* (процедуры и/или их конфигурация) определены на уровне коллекции. При вызове операции клиент предоставляет полный пакет SIP продукта (рисунок 8), включающий как пакет PDI продукта (рисунок 11), так и сами данные ДЗЗ.
- *Регистрация продукта в коллекции без его физического перемещения.* Позволяет регистрировать данные существующих хранилищ СЦ, подключать внешние по отношению СИРЦ архивы данных. При этом клиент получает возможность предоставления собственных данных в СИРЦ. Предполагается, что данные сохраняют прежнее размещение и постоянно доступны с момента регистрации. При вызове операции клиент предоставляет SIP продукта, содержащий только PDI продукта.
- *Изменение продукта или коллекции.* Обеспечивает обновление информации о хранении продукта или коллекции (PDI) или самих хранимых данных ДЗЗ. При вызове операции клиент предоставляет соответствующий пакет SIP продукта или коллекции (рисунок 8).
- *Удаление продукта или коллекции.* Позволяет удалять регистрацию или

сами данные ДЗЗ. Это необходимо для удаления устаревших данных при оперативном хранении или для удаления временной регистрации данных клиента. При вызове операции клиент предоставляет соответствующий идентификатор.

- *Поиск и просмотр метаданных о продукте* реализуется набором операций, заданных используемым интерфейсом каталога (рассмотрены в подразделе 2.2.2). При вызове операций клиент предоставляет либо набор поисковых критериев, либо идентификатор(ы).
- *Извлечение продукта* реализуется набором операций, заданных используемым интерфейсом передачи данных (рассмотрены в подразделе 2.2.3). При вызове операции клиент предоставляет идентификатор продукта, который может быть транслирован физическое размещение файла, если того требует интерфейс.



Рисунок 10. Модель информации, описывающей хранение коллекции (PDI коллекции)

Структура и содержимое *метаданных коллекции* определяются используемым стандартом — например, ISO 19115. В случае использования

репозитория для передачи данных необходимо указание только *идентификатора коллекции*. *Обзорные изображения* дают пользователю возможность визуальной оценки пригодности продуктов коллекции для решения его задач. Важную часть PDI коллекции составляют *правила*, определяющие конфигурацию встроенных в репозиторий процедур или содержащие новые процедуры. При необходимости перед публикацией новые процедуры могут быть проверены *администратором* на предмет наличия вредоносного кода. На уровне коллекции могут быть определены *правила сохранения* данных, метаданных и вспомогательных ресурсов; а также *правила генерации* метаданных продуктов и вспомогательных ресурсов, если такие не предоставлены при помещении продукта (рисунок 11). Регистрация коллекции подразумевает загрузку её PDI во временную директорию, где она будет обработана правилами сохранения коллекций, определённых на уровне репозитория администратором. Важную роль в работе репозитория играют *правила трансляции идентификаторов*, обеспечивающие взаимоднозначное преобразование физического размещения данных в идентификатор. Идентификаторы используются при выполнении операций *поиска и просмотра метаданных*, а также *получения данных* — вместо передачи путей физического размещения файлов. Если средствами *интерфейса доступа к данным* невозможно обеспечить непосредственную работу с идентификаторами (например, для протокола FTP), идентификатор должен быть транслирован в путь к файлу (файлам) непосредственно перед их получением, что может быть реализовано в простейшем клиентском приложении. Переход к использованию идентификаторов вместо путей размещения данных 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 (рисунок 11) в обязательном порядке включает *идентификатор коллекции*, в которую необходимо поместить продукт. Он либо содержится в *метаданных продукта*, содержимое и структура которых

определяются соответствующими стандартами (EOLI, OGC 06-080, ISO 19115 и т. д.), либо задаётся в явном виде. В последнем случае подразумевается использование репозитория в качестве временного средства хранения при передаче данных от пользователя или между узлами распределённой системы обработки (рисунок 5).

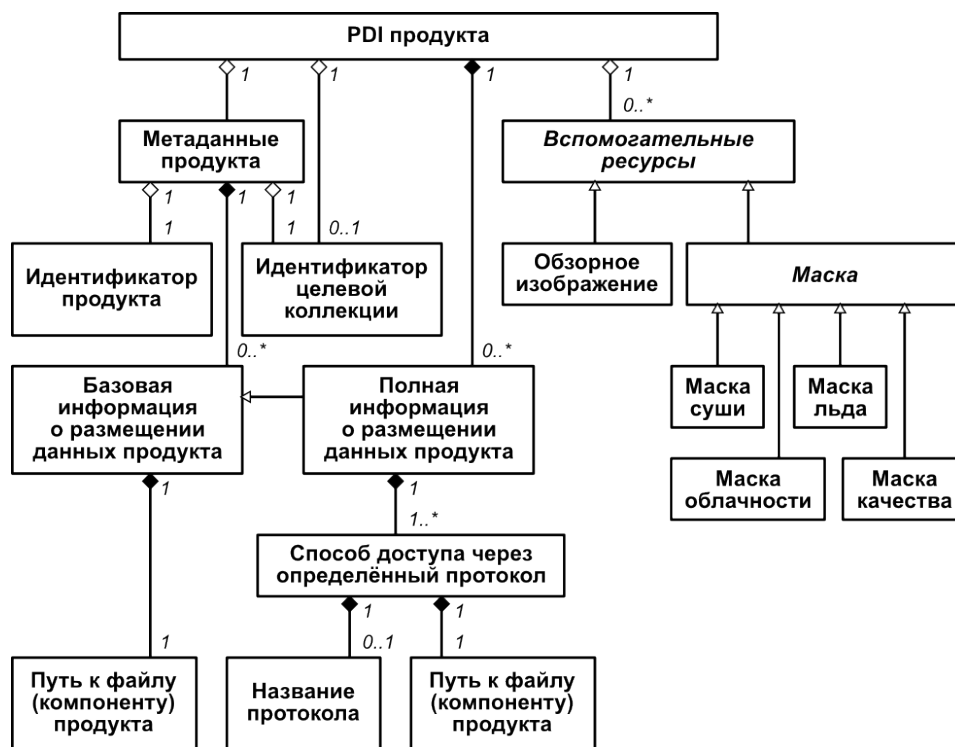


Рисунок 11. Модель информации, описывающей хранение продукта (PDI продукта)

Идентификатор продукта либо входит в метаданные, либо генерируется репозиторием автоматически согласно заданным ранее правилам. *Вспомогательные ресурсы* могут представлять собой как *обзорные изображения*, используемые пользователем для визуальной оценки пригодности данных, так и набор *масок*, которые могут быть применены для выполнения аналогичной оценки в автоматическом режиме. Отдельный продукт может быть как помещён в репозиторий физически, так и зарегистрирован по месту текущего размещения, что в ряде случаев позволит избежать излишней пересылки данных.

На рисунке 12 графически представлена детализированная

функциональная модель репозитория спутниковых данных. Данная модель показывает связь всех объектов репозитория и учитывает различие между пакетами SIP коллекции и продукта. Для обеспечения функционирования *каталога коллекций* администратором должны быть заданы *правила сохранения метаданных коллекции* и *правила сохранения вспомогательных ресурсов коллекции*. При помещении *SIP коллекции* в репозиторий клиент имеет возможность задания *правила сохранения* и *генерации* для данных, метаданных и вспомогательных ресурсов продуктов.

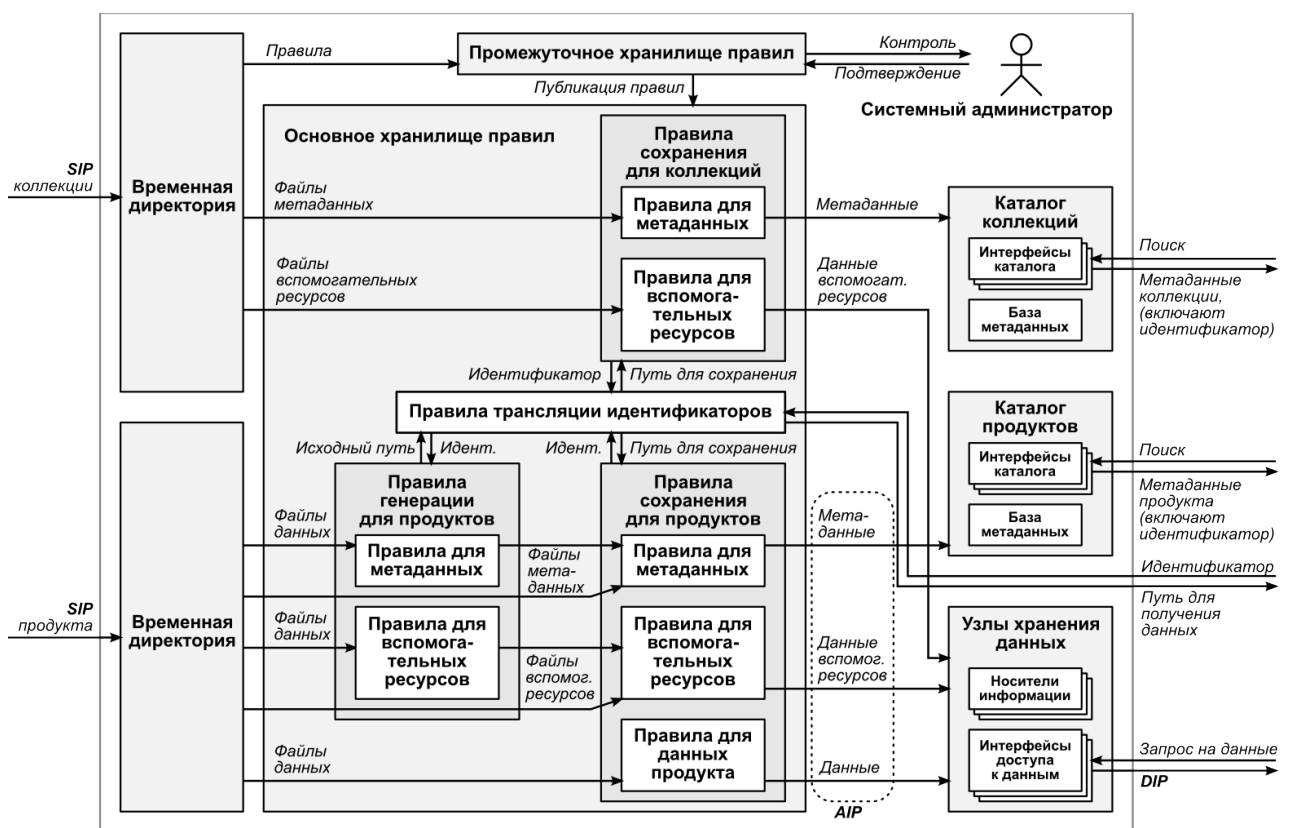


Рисунок 12. Детализированная функциональная модель открытого репозитория спутниковых данных

При помещении пакета *SIP продукта* клиент может предоставить помимо самих данных метаданные и вспомогательную информацию. Метаданные и вспомогательные ресурсы также могут быть сгенерированы автоматически, если соответствующие правила заданы на уровне коллекции (предоставлены ранее при помещении *SIP коллекции*). Правила сохранения для продуктов обеспечивают помещение метаданных в *каталог продуктов* и организацию

доступа к данным и вспомогательным продуктам через поддерживаемые репозиторием *интерфейсы доступа к данным*. Формируемый в момент помещения пакет информации является пакетом AIR в терминах OAIS. На всех этапах работы с данными используются *правила трансляции идентификаторов*, задаваемые администратором для всего репозитория или определяемые в рамках коллекции при её регистрации.

Репозиторий реализует поиск и доступ к данным, предоставляя клиенту пакет SIP согласно модели OAIS. При этом репозиторий является открытым и состоит из самостоятельных компонент, таких как носители информации, интерфейсы доступа к данным и интерфейсы каталогов. Реализация каждого из них остаётся на усмотрение разработчика при создании СИРЦ в рамках конкретного СЦ. При этом становятся возможными применение существующего программного обеспечения для реализации каждого из компонентов, а также организация репозитория как надстройки над уже существующими каталогами и хранилищами данных.

3.3. Система заказов на обработку спутниковых данных

Система заказов (СЗ) на обработку является подсистемой СИРЦ, обеспечивающей клиенту (пользователю или ИС) возможность заказа данных, а также удалённого запуска алгоритмов обработки спутниковых данных с возможностью задания её параметров. Заказ и запуск обработки реализуются соответствующими сервисами, отвечающими требованиям международных стандартов, описанным ранее в разделе 2.2. Данные стандарты (SSE Order, OGC OSEO, OGC WPS) описывают как набор предоставляемых сервисами, так и структуры информации, передаваемые от клиента при запросе на заказ или обработку. В упрощенном виде модели этой информации представлены на рисунке 13. *Информация о заказчике* является обязательной и может включать в себя контактные данные пользователя, информацию о представляемой им организации, выполняемом проекте и т. д. *Опции заказа* позволяют

пользователю задать формат и способ получения данных, оформить подписку на последующее получение принимаемых данных, задать желаемые характеристики данных (вид продукции, пространственные или временные ограничения). Поскольку глобальная ИС позволяет поставщику интегрировать каталог с сервисом заказа, пользователь имеет возможность в момент заказа указать список идентификаторов интересующих его *продуктов*, самостоятельно выбрав их по каталогу. Набор возможных опций заказа задаётся самим поставщиком. Содержимое каждого из объектов рассматривается в документации по стандартам SSE Order и OGC WPS.

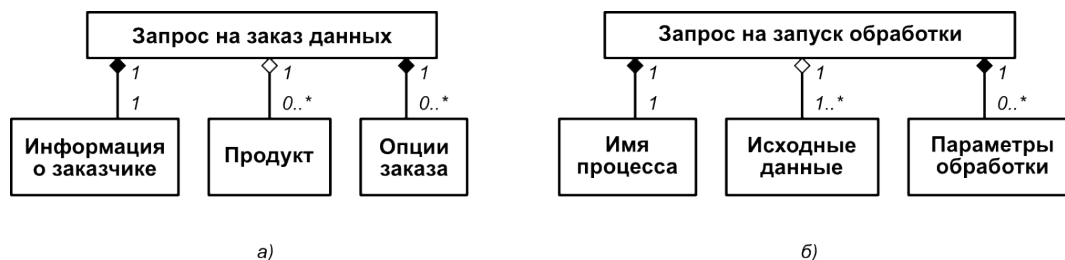


Рисунок 13. Упрощенные модели информации, предоставляемой клиентом сервиса заказов (а) и клиентом сервиса обработки (б)

Входной информацией для сервиса обработки являются *имя процесса* (вызова алгоритма внутри WPS-сервиса), *исходные данные* и *параметры обработки*. Исходные данные представляют собой ссылку на ресурс или включаются в тело запроса, а параметры обработки задаются в виде пар «ключ=значение». Список доступных процессов и их параметров определяется поставщиком услуг по обработке. При доступе к WPS-сервису клиент имеет возможность выбора процесса и задания параметров. Распределённая система обработки спутниковых данных [13] при постановке задания на обработку требует от клиента задания *имени схемы* (алгоритма обработки), *исходных данных* и *параметров обработки* (рисунок 14). Способ передачи данных в схему при её запуске аналогичен вызову WPS-сервиса.



Рисунок 14. Упрощенная модели информации, предоставляемой клиентом распределённой системы обработки спутниковых данных

Таким образом, создание интерфейса с использованием технологии OGC WPS для PCO достаточно прозрачно и сводится к преобразованию WPS-запросов в запросы к PCO.

3.4. Выводы по главе 3

В главе представлен концептуальный проект СИРЦ, разработанный с учётом предложенных требований. Детально рассматриваются функциональные и информационные модели открытого репозитория спутниковых данных, разработанные на основе соответствующих моделей открытого архива OAIS. При разработке моделей репозитория учтены требования по интеграции в глобальную ИС SSE Европейского космического агентства.

Применение репозитория для работы с исходными данными и результатами их обработки, согласно разработанным требованиям к СИРЦ, требует разработки соответствующих методов по взаимодействию с репозиторием. Создание сервиса заказа в соответствии с предложенным концептуальным проектом СИРЦ требует разработки методов передачи информации, позволяющей передавать от пользователя информацию о выбранном им алгоритме и заданных им параметрах.

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ СИРЦ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ В СЦ ДВО РАН

В данной главе приводится результат анализа свойств и возможностей программного обеспечения, потенциально пригодного для создания части компонентов СИРЦ. В соответствии с требованиями двух этапов создания СИРЦ (глава 2) рассматриваются два варианта её архитектуры, разработанных с учётом выявленных особенностей программного обеспечения. Описываются предложенные методы создания компонентов СИРЦ и их программная реализация в СЦ ДВО РАН.

4.1. Анализ свойств и возможностей инструментальных средств

Создание промежуточного программного обеспечения (middleware), реализующего соответствие большинству из рассмотренных стандартов, является достаточно нетривиальной задачей. Частичная или полная реализация каждого из стандартов заявлена разработчиками в существующем свободно распространяемом программном обеспечении. Его применение позволит сократить труд разработчика по созданию и поддержке СИРЦ. Специфика сформулированных функциональных требований, ориентированных на работу с пользователями-исследователями, требует доработки и адаптации данного ПО и применения в рамках СИРЦ. В связи с этим для разработки архитектуры СИРЦ потребовались проведение анализа возможностей и опытной эксплуатации существующих пакетов программ.

4.1.1. Анализ и тестирование средств создания каталогов

4.1.1.1. Анализ свойств пакета ebRR

Пакет ebRR (Buddata ebXML Registry/Repository) [60] разрабатывается kZen Labs, подразделением компании 4C Technologies N.V. (Бельгия) и

финансируется ESA для поддержки каталогизации в проекте НМА. Пакет распространяется по лицензии GNU GPL v3 и является реализацией реестра XML-документов OASIS ebXML Registry и интерфейса каталога OGC CSW, при этом основной упор делается на поддержку интерфейсов OGC 07-038 и OGC 06-131. Пакет написан на языке программирования Java и может быть развёрнут под управлением пакета Apache Tomcat [57]. Метаданные при этом должны храниться во внешней СУБД PostgreSQL [116] с расширением PostGIS [115].

Настройка и отладка каталога возможны через веб-интерфейс, а для взаимодействия с каталогом в автоматическом режиме можно использовать специально созданный API. Помещение метаданных может быть инициировано клиентом путём вызова операции Harvest. При этом файл метаданных должен быть опубликован на HTTP- и FTP-сервере. Важным свойством пакета является поддержка расширения CSW-T, позволяющего удалять записи через операцию Transaction – что является необходимым при каталогизации оперативного архива данных. Данные из такого архива удаляются по достижении определённого срока хранения, что должно находить отражение и в каталоге.

4.1.1.2. Анализ свойств пакета GI-cat

Пакет GI-cat [81] позиционируется разработчиками (ESSI-Lab) как универсальное средство для создания каталогов, поддерживающих широкий набор интерфейсов и средств для усвоения метаданных. Пакет написан на Java и может быть развёрнут под управлением пакета Apache Tomcat. GI-cat хранит метаданные во встроенной СУБД HyperSQL [83] и не имеет возможности подключения внешней СУБД. Это упрощает установку и настройку пакета, однако может затруднить масштабирование и поддержку системы в дальнейшем.

В пакете заявлена поддержка интерфейсов OGC 06-131 и OGC 07-038. Расширение CSW-T не поддерживается. При этом и присутствует возможность усвоения («харвестинга») метаданных:

1. Из локальной папки. Уже добавленные файлы метаданных игнорируются, а записи об исчезнувших файлах также удаляются и из базы данных.
2. С внешнего URL. Файл метаданных должен быть опубликован на HTTP- и FTP-сервере.
3. Харвестинг с внешних ресурсов, поддерживающих интерфейс OAI-PMH (Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting) версии 2.0 [126].
4. Собственный, одноимённый интерфейс GI-cat пакета.

В случаях 1–3 харвестинг инициируется самим пакетом по расписанию. Недостатком такой стратегии является пониженная оперативность обновления метаинформации в каталоге, особенно при значительном количестве записей.

4.1.1.3. Анализ свойств пакетов SSE Toolbox 8 и GENESIS Toolbox 9

Пакет SSE Toolbox [128] позиционируется как основное средство интеграции сервисов в SSE. Пакет написан на Java включает в себя два независимых компонента: среда разработки скриптов на базе платформы Eclipse [71] и сам сервер, предназначенный для развёртывания в рамках контейнера Apache Tomcat.

Важным свойством пакета является возможность развёртывания произвольного числа любых сервисов в рамках одного экземпляра пакета. Поддержка интерфейса EOLI состоит в наличии шаблона для создания сервиса на основе встроенного языка Toolbox Scripting Language, разработчик должен самостоятельно реализовать скрипты для взаимодействия со своей ИС. Toolbox версии 8 включает в себя ядро пакета ebRR, однако возможность удаления записей не реализована. Пакет Toolbox 9 [127] лишён этого недостатка. Он является развитием пакета SSE Toolbox 8 и разрабатывается в рамках Европейского проекта GENESIS [125].

4.1.1.4. Опытная эксплуатация пакетов, предназначенных для создания каталогов, в ЦС ДВО РАН

В рамках данной работы в Центре был развёрнут пакет GI-cat версии 9.1-

beta-4 под управлением контейнера Apache Tomcat 6 и настроен ежечасный харвестинг GML-метафайлов. Тестирование выявило некорректность усвоения метаданных, сформированных согласно стандарту OGC 06-080. В частности, теряется ссылка на одно из обзорных изображений и информация географическом полигоне, обозначающем границы снимка. Это делает пакет непригодным для решаемой задачи.

Пакет ebRR версии 2.3.0 был также развёрнут под управлением контейнера Apache Tomcat 6. На СУБД PostgreSQL 8.3, функционирующую в СЦ ДВО РАН, установлено требуемое пакетом расширение PostGIS. Обеспечена связь пакета с СУБД. Тестирование пакета ebRR выявило ошибки в работе с текущей версией портала SSE, за счёт чего поиск по каталогу через портал становится невозможен.

Пакет Toolbox версии 9 был развёрнут под управлением контейнера Apache Tomcat 7 и продемонстрировал совместимость с порталом SSE. Ранние версии этого пакета (SSE Toolbox 7 и 8) были применены при тестировании работоспособности EOLI-интерфейса [2, 3]. Тестирование путём создания сервиса-заглушки, формально отвечающего требованиям стандарта, показало его применимость для интеграции в глобальную ИС SSE [121].

4.1.2. Анализ свойств средств для организации передачи данных

Организация передачи данных в рамках СИРЦ с применением протоколов FTP и HTTP является наиболее простой задачей в силу их широкого применения в рамках сети Интернет и распространённости соответствующих средств для организации клиента и сервера. В рамках работы были протестированы пакеты для организации FTP сервера: Pure-FTPd, NcFTPd, Apache FtpServer. Последний пакет входит в поставку пакета SSE Toolbox, что упрощает его развёртывание. Полезным свойством пакета Pure-FTPd является наличие простого механизма уведомления о загрузке файла на сервер (запуск выбранного bash-скрипта), что может быть востребовано при организации

автоматического запуска правил репозитория, описанных в главе 3. Используемый в качестве контейнера пакет Apache Tomcat обеспечивает реализацию HTTP-сервера. Пакет был выбран как основной для организации HTTP-интерфейса в отсутствие специальных требований к нему.

Свободно распространяемые пакеты для организации сервисов поставки данных, совместимых со стандартами OGC, достаточно многочисленны. Наиболее популярными среди таких пакетов можно назвать GeoServer [80], MapServer [137] и Deegree [53]. Разработчиками SSE также рекомендуется применение европейского пакета EOxServer [73]. Разработка пакета частично финансируется ESA в рамках проектов HMA-FO [82] и O3S (Open-standard Online Observation Service) [107]. Для публикации данных пакет может использовать интерфейсы WMS и WCS. Пакеты GeoServer и Deegree написаны на Java и предназначены для развёртывания в рамках контейнера Apache Tomcat. Пакет MapServer написан на C++ и не требует применения контейнера. EOxServer написан на Python и включает в себя компоненты пакета MapServer. В то же время в пакете EOxServer отсутствует поддержка интерфейса OGC WFS, присутствующая в MapServer. Пакет Deegree не поддерживает интерфейса OGC WCS. Пакеты MapServer и GeoServer поддерживают оба требуемых стандарта (OGC WCS и OGC WFS), при этом последний пакет поддерживает также расширение WCS-T, предоставляющее возможность управления данными через HTTP/SOAP-интерфейс (по аналогии с расширением CSW-T). Анализ позволяет сделать вывод о целесообразности применения GeoServer в качестве основного пакета для организации интерфейсов OGC WCS и OGC WFS. В то же время пакет EOxServer рекомендован разработчиками SSE и также может быть использован для организации WCS-интерфейса. Применение любого из рассмотренных пакетов требует создания вспомогательных средств для организации автоматического помещения и удаления данных в рамках репозитория.

4.1.3. Средства создания сервисов заказа и обработки данных

В настоящий момент актуальную версию стандарта OGC WPS 1.0.0 поддерживают следующие пакеты: deegree (Java, лицензия LGPL), PyWPS (Python, лицензия GNU), ZOO Project WPS (C + JavaScript, лицензия MIT/X-11), WPS.NET (.NET, GNU Lesser GPL), 52° North WPS (Java, GNU GPL v2). Анализ свойств этих пакетов рассматривается в [52]. Поддержка стандарта также была заявлена разработчиками в GENESIS Toolbox 9. Пакет обладает возможностью динамического добавления и удаления сервисов, которое никак не затрагивает состояние других развёрнутых сервисов. Тестовая эксплуатация пакета выявила некорректную передачу параметров входящих запросов в ряде случаев, что ограничивает применение пакета для создания СИРЦ. В пакете deegree WPS присутствует возможность создания реализаций WPS-сервисов в виде компонентов, написанных на языке Java. Пакет также допускает динамическое развёртывание сервисов, для чего используется документированный REST-интерфейс. Таким образом, пакет пригоден для организации интерфейса к PCO в соответствии с требованиями стандарта OGC WPS.

Пакет SSE/GENESIS Toolbox является единственным средством создания сервисов заказа данных в соответствии с требованиями стандартов SSE Order и OGC 06-141 (OSEO). При этом пакет предоставляет только шаблон для создания сервиса, а его реализация остаётся на усмотрение разработчика. Опытная эксплуатация пакета показала его применимость для создания сервисов заказ в соответствии с обоими стандартами. Для этого были созданы сервисы-заглушки, имитирующие работу полноценных сервисов. Тестирование также выявило невозможность интеграции сервиса с интерфейсом OGC OSEO, с любым из интерфейсов каталога при использовании текущей версии портала SSE, в то время как отдельный сервис заказа функционирует корректно [34, 44].

4.1.4. Выводы по разделу 4.1

Анализ и опытная эксплуатация рассмотренных пакетов говорят о возможности создания части компонентов СИРЦ с их привлечением. Часть пакетов содержит готовые реализации требуемых сервисов (OGC 06-131, OGC 07-038, FTP, HTTP, OGC WCS, OGC WFS), часть предоставляет только контейнер и шаблон для создания сервисов (EOLI, SSE Order, OGC OSEO, OGC WPS). Применение каждого из этих пакетов для организации соответствующих сервисов в рамках СИРЦ требует создания методов и вспомогательных средств, реализующих соответствие разработанным требованиям и моделям.

4.2. Архитектура СИРЦ

Полученный в результате анализа свойств и тестовой эксплуатации пакетов программ опыт, описанный в разделе 4.1, позволил разработать конечную архитектуру СИРЦ. В соответствии с предложенными двумя этапами создания СИРЦ были разработаны два варианта архитектуры СИРЦ.

4.2.1. Архитектура СИРЦ первого этапа

Архитектура СИРЦ первого этапа (рисунок 15) обеспечивает интеграцию в глобальную ИС SSE с применением стандартов первого поколения [29, 30, 35, 40]. Архитектура включает в себя базовую реализацию репозитория на основе FTP-сервера и каталога с интерфейсом EOLI. При этом механизм трансляции присутствует в виде программного кода и применяется только для доступа к обзорным изображениям. Этот же механизм продублирован в рамках сервиса заказа, реализующего интерфейс SSE Order. При этом сама PCO функциями репозитория не пользуется.

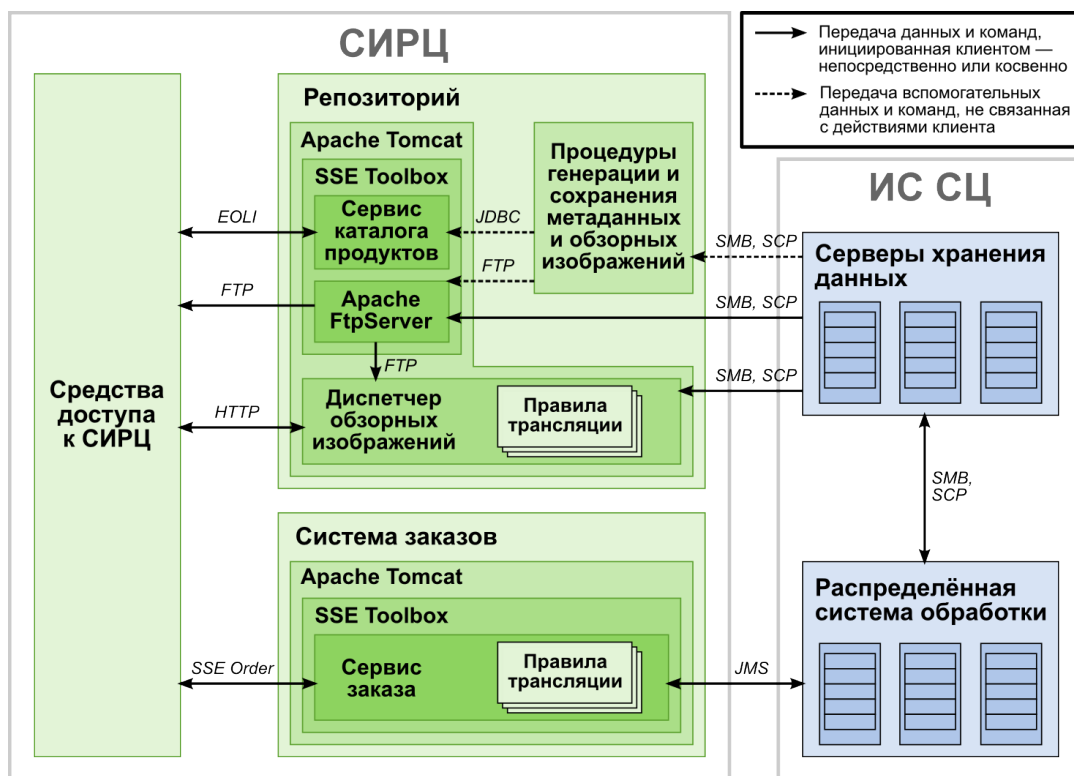


Рисунок 15. Архитектура СирЦ на первом этапе её развития

Таким образом, достоинствами архитектуры первого этапа создания СирЦ являются:

- отсутствие каких-либо модификаций существующей ИС СЦ;
- простота реализации в силу применения стандартов EOLI и SSE Order.

К недостаткам следует отнести:

- ограничения используемых стандартов, усложняющие поддержку;
- раздельное хранение правил трансляции, усложняющее поддержку;
- снижение актуальности используемых стандартов;
- невозможность обработки пользовательских данных.

Методы создания каждого из компонентов, а также их реализация рассмотрены далее в разделах 4.3 и 4.4.

4.2.2. Архитектура СирЦ второго этапа

Архитектура второго этапа создания СирЦ (рисунок 16) более точно соответствует разработанному концептуальному проекту, и обеспечивает поддержку актуальных интерфейсов, разработанных для SSE в рамках европейско-канадского проекта НМА [101]. Реализация СирЦ второго этапа является достаточно сложной технической задачей даже при использовании

существующих пакетов программ для организации требуемых интерфейсов.

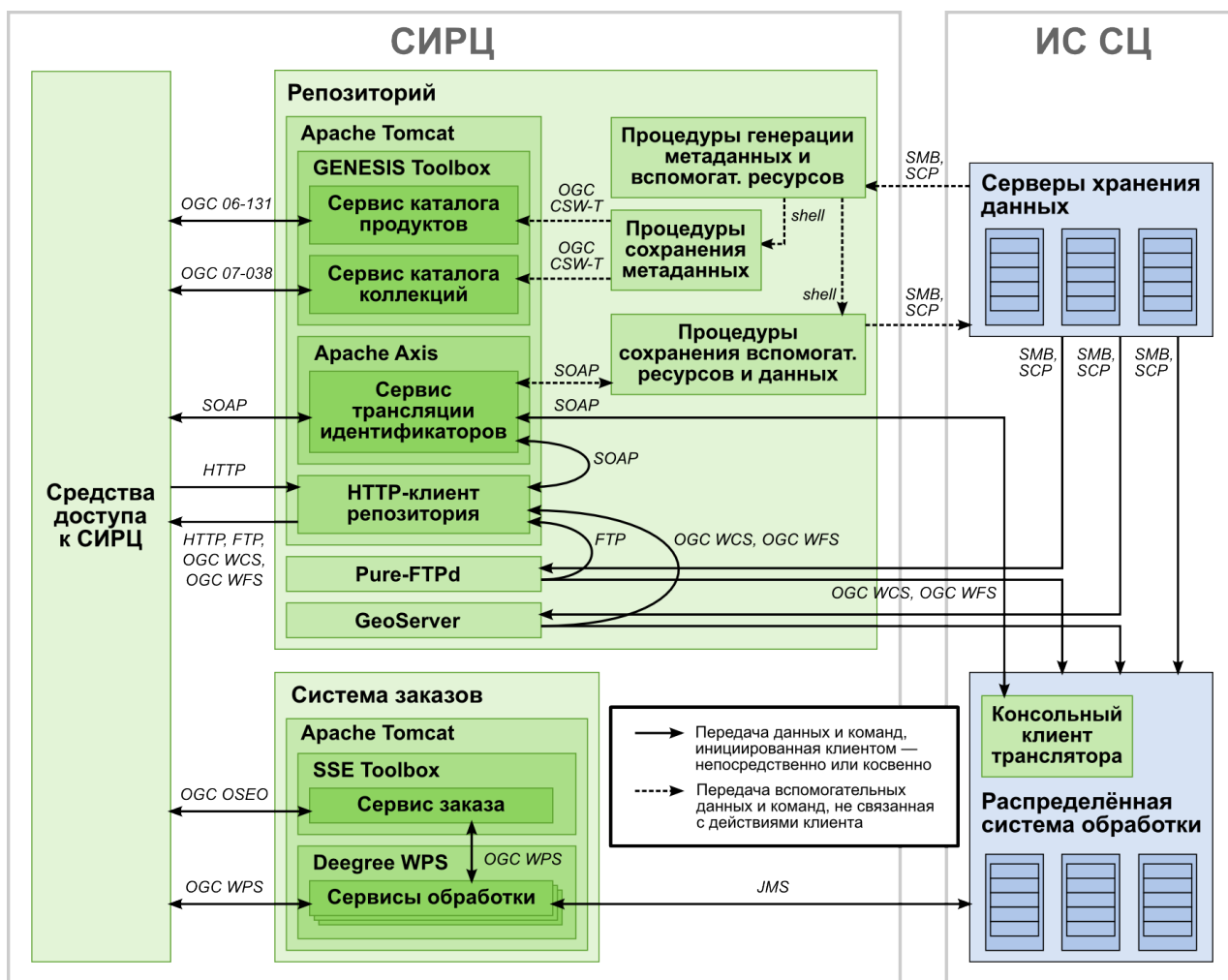


Рисунок 16. Архитектура СИРЦ на втором этапе её развития

Репозиторий в рамках СИРЦ второго этапа включает полный набор данных сервисов доступа к данным и применяется для решения всех задач, связанных с данными и вспомогательными изображениями. Транслятор представляет собой отдельный сервис, доступный напрямую или косвенно через HTTP-клиент репозитория. Функции поиска реализуются каталогами коллекций и продуктов, реализованных в пакете GENESIS Toolbox. Пакеты Pure-FTPd и GeoServer используются для передачи клиенту данных как низких, так и высоких уровней обработки. Встраивание клиента транслятора или репозитория позволяет схемам PCO осуществлять обмен данными средствами репозитория. Это упрощает разработку схем обработки данных и позволяет использовать в обработке данные клиента СИРЦ или любые другие данные из внешних источников.

Интерфейс к PCO обеспечивает соответствие требованиям стандарта

OGC WPS, при этом каждой схеме обработки данных ставится в соответствие отдельный сервис обработки. Сервис заказа не содержит дублирующегося с WPS-сервисами кода, а является их клиентом. При этом список доступных для заказа алгоритмов и их параметров автоматически обновляется за счёт получения соответствующей информации от сервисов обработки. Методы создания каждого из компонентов, а также их реализация рассмотрены далее в разделах 4.3 и 4.4.

4.2.3. Выводы по разделу 4.2

В соответствии с разработанными ранее требованиями и моделями предложено два варианта архитектуры СИРЦ. Архитектура первого этапа реализует интерфейсы SSE первого поколения и наиболее проста в реализации, однако ограничена в расширении. Архитектура второго этапа включает полный набор интерфейсов, разработанных в рамках проекта НМА, и наиболее перспективна.

4.3. Открытый репозиторий спутниковых данных

4.3.1. Каталоги коллекций и продуктов

4.3.1.1. Каталог продуктов, соответствующий требованиям стандарта EOLI

Согласно требованиям первого этапа создания СИРЦ в рамках СЦ ДВО РАН был создан каталог продуктов, удовлетворяющий требованиям стандарта EOLI [2, 36, 102]. Для этого под управлением контейнера Apache Tomcat 5.5 был развёрнут пакет SSE Toolbox 6. Пакет предоставляет только каркас для создания сервиса, в связи с чем потребовалось создание скриптов на встроенном в пакет языке, а также вспомогательной библиотеки на языке Java (рисунок 17).

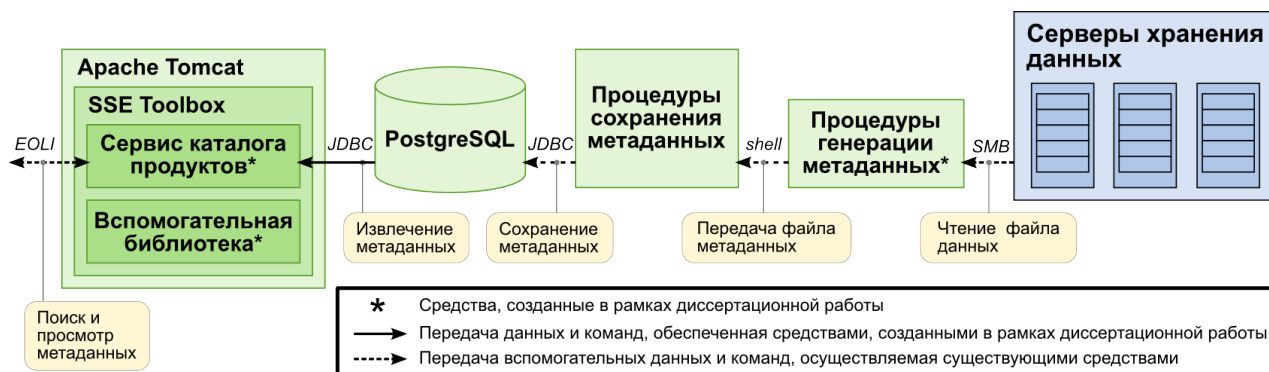


Рисунок 17. Организация каталога, обеспечивающего совместимость со внутренним европейским стандартом EOLI

Созданный сервис [38] обеспечивает обработку запросов Search (поиск записи метаданных на основе критериев) и Present (получение метаданных об указанной записи), взаимодействуя с реляционной базой данных. База данных заполняется метаданными, генерируемыми автоматически. Сама база на основе СУБД PostgreSQL, процедуры генерации метаданных для данных спутников серии NOAA, а также процедуры сохранения метаданных были созданы автором [7, 9]. Также в рамках настоящей диссертационной работы была обеспечена генерация метаданных и обзорных изображений для спутников AQUA и TERRA [102]. Для этого были использованы языки PHP, Java, Python и язык командного процессора bash. Работа с обзорными изображениями рассмотрена далее в подразделах 4.3.2 и 4.3.3.

Для организации доступа к каталогу через глобальную ИС SSE потребовался запрос прав поставщика у администрации портала SSE. Для регистрации каталога на портале потребовались указание конечной точки (endpoint) созданного сервиса каталога, а также указание ряда настроек отображения. Генерируемый в результате веб-интерфейс обеспечил пользователю поиск по каталогу продуктов СЦ ДВО РАН через портал SSE (рисунок 18) [39].

Используя созданный каталог, пользователь может задавать коллекцию, временные и пространственные ограничения при поиске данных. Результатом поиска является список идентификаторов продуктов. Для каждого продукта

доступен просмотр метаданных и обзорных изображений, позволяющих пользователю оценить пригодность данных для решения его задачи.

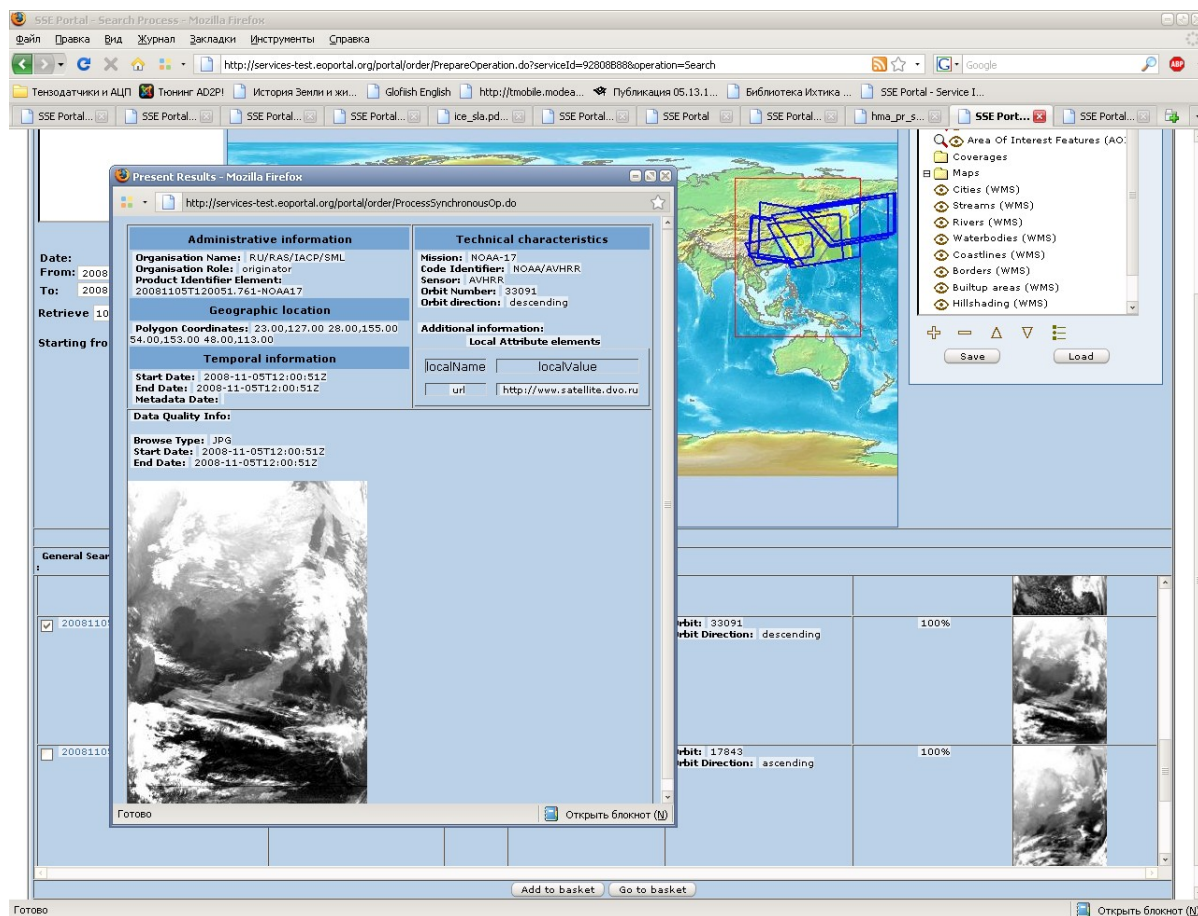


Рисунок 18. Поиск и просмотр метаданных из EOLI-каталога СЦ ДВО РАН через портал Европейского космического агентства

4.3.1.2. Каталоги коллекций и продуктов, соответствующие требованиям стандартов нового поколения

Согласно требованиям второго этапа создания СИРЦ в рамках СЦ ДВО РАН были созданы [45]:

- каталог продуктов с интерфейсом OGC 06-131;
- каталог коллекций и сервисов с интерфейсом OGC 07-038.

Реализация интерфейсов OGC 06-131 и OGC 07-038 целиком обеспечивается пакетом GENESIS Toolbox 9 за счёт наличия ядра ebRR. Данный пакет был развёрнут под управлением контейнера Apache Tomcat 7. Для создания соответствующих сервисов потребовались установка расширения PostGIS для

СУБД PostgreSQL, а также ряд настроек пакета GENESIS Toolbox. Основная работа по созданию автоматически функционирующего каталога сводится к созданию вспомогательных программных средств, обеспечивающих автоматическую генерацию метаданных и обзорных изображений, а также их усвоение каталогом.

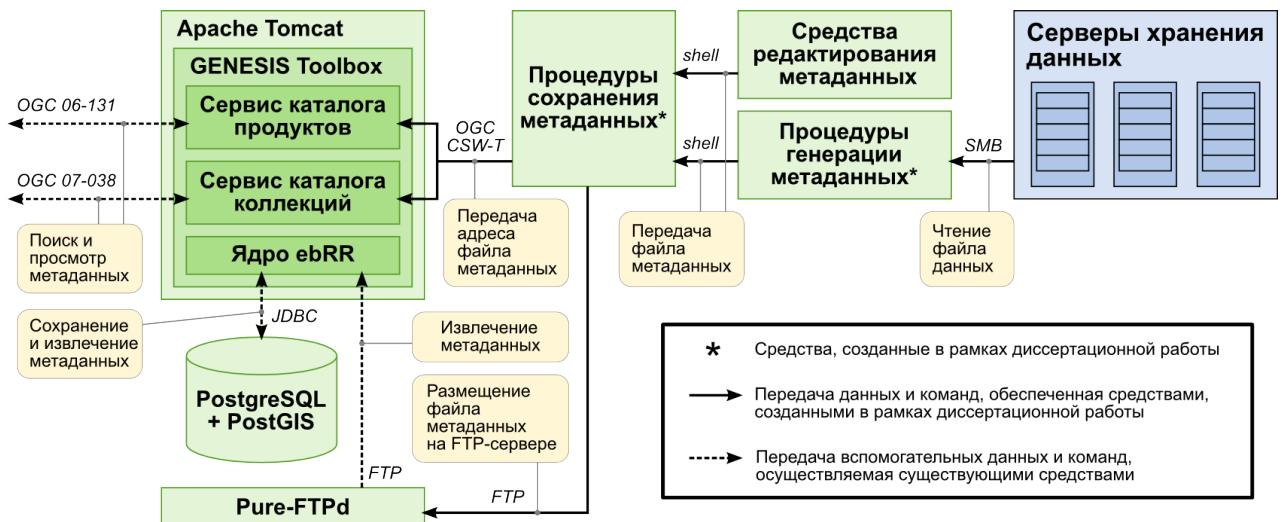


Рисунок 19. Организация каталогов, обеспечивающих совместимость со стандартами нового поколения

Генерация метаданных в соответствии с требованиями стандарта OGC 06-080 обеспечена для данных спутников Aqua и Terra, по мере их приёма 4-х антенным комплексом СЦ ДВО РАН. Метаданные о коллекциях согласно требованиям стандарта ISO 19115 формируются вручную, с применением таких средств, как интегрированная среда разработки Eclipse. Автоматическое усвоение файлов метаданных каталогом происходит в три этапа:

1. публикация файла на FTP-сервере, организованного с этой целью на базе пакета Pure-FTPd;
2. посылка запроса на извлечение метаданных из файла (харвестинг) путём вызова операции Harvest;
3. чтение метаданных самим ядром ebRR.

Для создания необходимых средств были использованы языки программирования PHP, Java и язык командного процессора bash. Работа с

обзорными изображениями рассмотрена далее в подразделах 4.3.2 и 4.3.3.

Отладка создаваемых средств потребовала применения инструмента для взаимодействия с SOAP веб-сервисами, для чего была использована программа SoapUI [121]. Программа позволяет разработчику отправлять SOAP-сообщения на указанную конечную точку (endpoint) сервиса и получать от него ответ. Для отладки использовались файлы метаданных, полученные от представителей компании Intex (Италия), занимающейся разработкой пакета SSE Toolbox.

Интеграция созданного каталога нового поколения в глобальную ИС SSE произведена аналогично интеграции EOLI-каталога. На рисунке 20 приведён пример работы пользователя с каталогом OGC 061-131, размещённым на стороне СЦ ДВО РАН, через веб-интерфейс на портале SSE.

The screenshot shows the SSE Test Portal interface. At the top, there's a navigation bar with 'Home > Services > SML EOP Catalogue > Search'. Below this, a search filter panel allows users to select 'SML', 'AQUA', and 'TERRA' datasets, and filter by 'EOP', 'Opt', 'Atm', and 'Radar'. A map of East Asia is displayed with several blue search area polygons overlaid. To the right of the map is a 'Layers' panel with various WMS layers like 'Cities (WMS)', 'Streams (WMS)', etc. Below the map, there's a search button and a 'Store the search query as a default query:' checkbox.

The search results table is as follows:

Filter page by:	Product Information	Platform	Preview
Page: 1	Parent Id: urn:ogc:def:EOP:SML:TERRA:L0 Product Id: urn:ogc:def:EOP:SML:TERRA:L0:Terra_20130307_005027 Start Date: 2013-03-07T00:50:27Z Completion Date: 2013-03-07T00:58:57Z Metadata:	Short Name: TERRA Instrument Name: MODIS Sensor Type: OPTICAL	No preview
	Parent Id: urn:ogc:def:EOP:SML:TERRA:L0 Product Id: urn:ogc:def:EOP:SML:TERRA:L0:Terra_20130306_230702 Start Date: 2013-03-06T23:07:02Z Completion Date: 2013-03-06T23:15:15Z	Short Name: TERRA Instrument Name: MODIS Sensor Type: OPTICAL	No preview

Рисунок 20. Пример доступа пользователя к каталогу нового поколения СЦ ДВО РАН через портал Европейского космического агентства

Согласно требованию 10 был создан веб-интерфейс для доступа к каталогу с интерфейсом OGC 06-131. Веб-интерфейс размещён на одном из серверов СЦ РАН РАН под управлением контейнера Apache Tomcat. При его создании были использован язык JavaScript и открытые библиотеки ExtJS 4.1.3 и OpenLayers 2.12. Созданный веб-интерфейс на сайте СЦ (рисунок 21) предоставляет пользователю функции, аналогичные функциям веб-интерфейса каталога на портале SSE, но обладает рядом преимуществ. Такими преимуществами являются поддержка русского языка, автоматическое получение списка коллекций от сервиса (на портале их необходимо задавать вручную), более удобный способ задания временных и пространственных ограничений при поиске. При просмотре метаданных возможен быстрый переход к следующей записи без возвращения к общему списку. Ряд параметров поиска и просмотра автоматически сохраняется на стороне клиента с помощью механизма Cookies, что также делает работу пользователя более удобной.

The screenshot shows a web browser window with the URL `toolbox.satellite.dvo.ru/EOP-Client/`. The interface is divided into several sections:

- Left Sidebar:**
 - Коллекция (тип данных):** A tree view showing folders for SML, AQUA, TERRA, MODIS_AQUA, and ESA.
 - Пространственные ограничения:** Input fields for spatial coordinates (e.g., 141, 52, 160) and a dropdown menu for 'Курильская гряда'.
 - Временной интервал:** Date range selection (2012-11-13 to 2012-12-13).
 - Найти:** Search button.
- Map:** A 3D topographic map of the region around the Kuril Islands and Japan. It displays several overlapping orange semi-transparent polygons representing satellite swaths. Navigation controls like 'Приблизить', 'Отдалить', and zoom buttons are visible.
- Table:** A table listing search results with the following columns:

Идентификатор продукта	Время начала съёмки	Время окончания съёмки	Тип продукта	Статус
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121201_004842	2012-12-01T00:48:42Z	2012-12-01T00:54:44Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121211_125700	2012-11-21T12:57:00Z	2012-11-21T13:08:20Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121211_012548	2012-12-11T01:25:48Z	2012-12-11T01:36:49Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121211_012023	2012-12-11T01:20:23Z	2012-12-11T01:32:01Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121210_234259	2012-12-10T23:42:59Z	2012-12-10T23:52:59Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.AQUA.L0:Aqua_20121212_035052	2012-12-12T03:50:52Z	2012-12-12T04:02:00Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.AQUA.L0:Aqua_20121212_021705	05Z	2012-12-12T02:21:48Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121211_092208	08Z	2012-12-11T09:31:41Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121211_105811	11Z	2012-12-11T11:09:26Z	PDS	ACQUIRED
<input type="checkbox"/> urn:ogc:def:EOP.SML.TERRA.L0:Terra_20121211_123244	2012-12-11T12:32:44Z	2012-12-11T12:43:51Z	PDS	ACQUIRED

Рисунок 21. Созданный веб-интерфейс для доступа пользователя к каталогу через сайт СЦ ДВО РАН

4.3.1.3 Выводы по подразделу 4.3.1

С целью организации репозитория спутниковых данных в СЦ ДВО РАН были созданы сервисы (каталоги), обеспечивающие пользователю возможность удалённого поиска и просмотра метаданных о хранимых в СЦ данных. Сервисы соответствуют требованиям международных стандартов, определяющих способ взаимодействия «система–система» для клиента и сервера. Обеспечена интеграция созданных каталогов в портал глобальной ИС Европейского космического агентства, где пользователю предоставлен соответствующий веб-интерфейс. Созданы вспомогательный веб-интерфейс для доступа к каталогу через сайт СЦ ДВО РАН, а также средства для подготовки метаданных и управления созданными сервисами.

Создание рассмотренных средств потребовало как применения существующего программного обеспечения, так и создания комплекса программ на языках Java, Toolbox Scripting Language, PHP, Python, bash, JavaScript общим объёмом свыше 8 000 строк.

4.3.2. Интерфейсы передачи данных

4.3.2.1. Организация доступа к спутниковым данным с применением протоколов FTP и HTTP

На первом этапе создания СИРЦ в качестве FTP-сервиса был использован сервер Apache FtpServer, встроенный в пакет SSE Toolbox. С использованием дополнительных атрибутов `addInfo`, предусмотренных в стандарте EOLI, организована выдача пользователю ссылки для непосредственной загрузки соответствующего файла спутниковых данных (рисунок 22). Для организации доступа обзорным изображениям в СИРЦ первого этапа был использован HTTP-сервис, предоставляемый используемым пакетом Apache Tomcat [33, 37].


<p style="text-align: center;">Administrative information</p> <p>Organisation Name: RU/RAS/IACP/SML Organisation Role: originator Product Identifier Element: NOAA_15_20100510_072358</p> <p style="text-align: center;">Geographic location</p> <p>Polygon Coordinates: 22.65,121.16 26.46,149.11 66.01,148.69 58.24,94.04</p> <p style="text-align: center;">Temporal information</p> <p>Start Date: 2010-05-10T07:23:58Z End Date: 2010-05-10T07:35:24Z Metadata Date: 2010-09-19T17:31:22Z</p>	<p style="text-align: center;">Technical characteristics</p> <p>Mission: NOAA-15 Code Identifier: NOAA/AVHRR Sensor: AVHRR Orbit Number: 62335 Orbit direction: ascending</p>
<p>Data Quality Info:</p> <p>Browse Type: JPG Start Date: 2010-05-10T07:23:58Z End Date: 2010-05-10T07:35:24Z</p>	<p style="text-align: center;">File from operative archive</p> <p>Download: NOAA_15_20100510_072358.zip Format description: documentation</p>
	

Рисунок 22. Возможность загрузки данных при просмотре метаданных

На втором этапе создания СИРЦ для организации FTP-сервиса был использован пакет Pure-FTPd, функционирующий независимо от SSE Toolbox. Это даёт возможность размещать FTP-сервис на отдельном компьютере. Другой причиной смены реализации сервиса является возможность создания обработчика события загрузки данных на сервер, что рассмотрено в подразделе 4.3.3. Доступ к обзорным изображениям в рамках второго этапа создания СИРЦ реализован с применением протоколов HTTP и FTP, для чего использованы пакеты Apache Tomcat и Pure-FTPd. Методика применения каждого из них при работе с обзорными изображениями описана в подразделе 4.3.3.

4.3.2.2. Разработка методов и средств поставки спутниковых данных с применением интерфейсов OGC WCS и OGC WFS

На втором этапе создания СИРЦ, в дополнение к организации FTP и HTTP сервисов, были созданы средства для предоставления пользователю данных с

применением протоколов OGC WCS и OGC WFS. Основное назначение данных интерфейсов — доступ к продуктам высоких уровней обработки в виде массивов целочисленных значений и значений с плавающей точкой; а также наборов данных, представленных в виде наборов векторов.

Для организации поставки продуктов обработки данных радиометра MODIS уровня L1B через WCS-сервис был использован европейский пакет EOxServer. Предварительная подготовка данных для усвоения пакетом потребовала создания вспомогательных программ на языке Python. В рамках этой подготовки осуществляются конвертация данных из формата HDF EOS в формат GeoTIFF согласно требованиям пакета, а также построение гистограммы, используемой в веб-интерфейсе (рисунок 23).

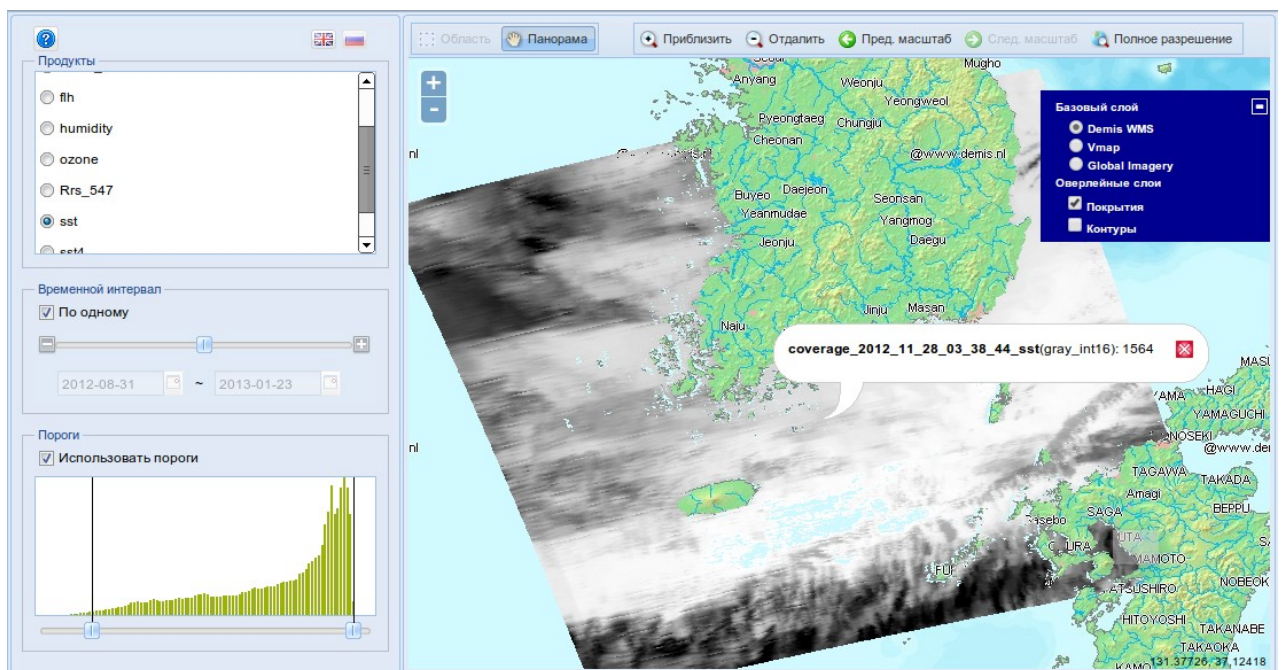


Рисунок 23. Пример работы с созданным WCS-сервисом через веб-интерфейс: просмотр продуктов обработки данных радиометра MODIS

Веб-интерфейс функционирует в рамках контейнера Apache Tomcat и создан с применением языка JavaScript, библиотек ExtJS и OpenLayers. Он позволяет пользователю выбирать тип продукта, дату получения данных и просматривать данные на фоне карты-подложки. Построенная гистограмма позволяет пользователю при просмотре данных задавать пороги чёрного и белого,

позволяя контрастировать объекты (покрытия) для анализа данных. Доступ к созданному сервису пользователь может получить также с применением специализированных клиентских ГИС-приложений, поддерживающих стандарты OGC WCS и OGC WFS.

Для организации поставки векторных данных на примере траекторий тропических циклонов, автоматическое построение которых организовано в СЦ ДВО РАН [20], был развёрнут сервис с интерфейсом OGC WFS. В качестве основы сервиса использован пакет GeoServer версии 2.4.2, развёрнутый под управлением контейнера Apache Tomcat 7. Автоматическая подготовка данных согласно требованиям стандарта OGC GML и их усвоение пакетом организованы с применением языка командного процессора bash. Для доступа к сервису пользователь может использовать как специализированный ГИС-клиент, так и созданный с этой целью веб-интерфейс (рисунок 24).

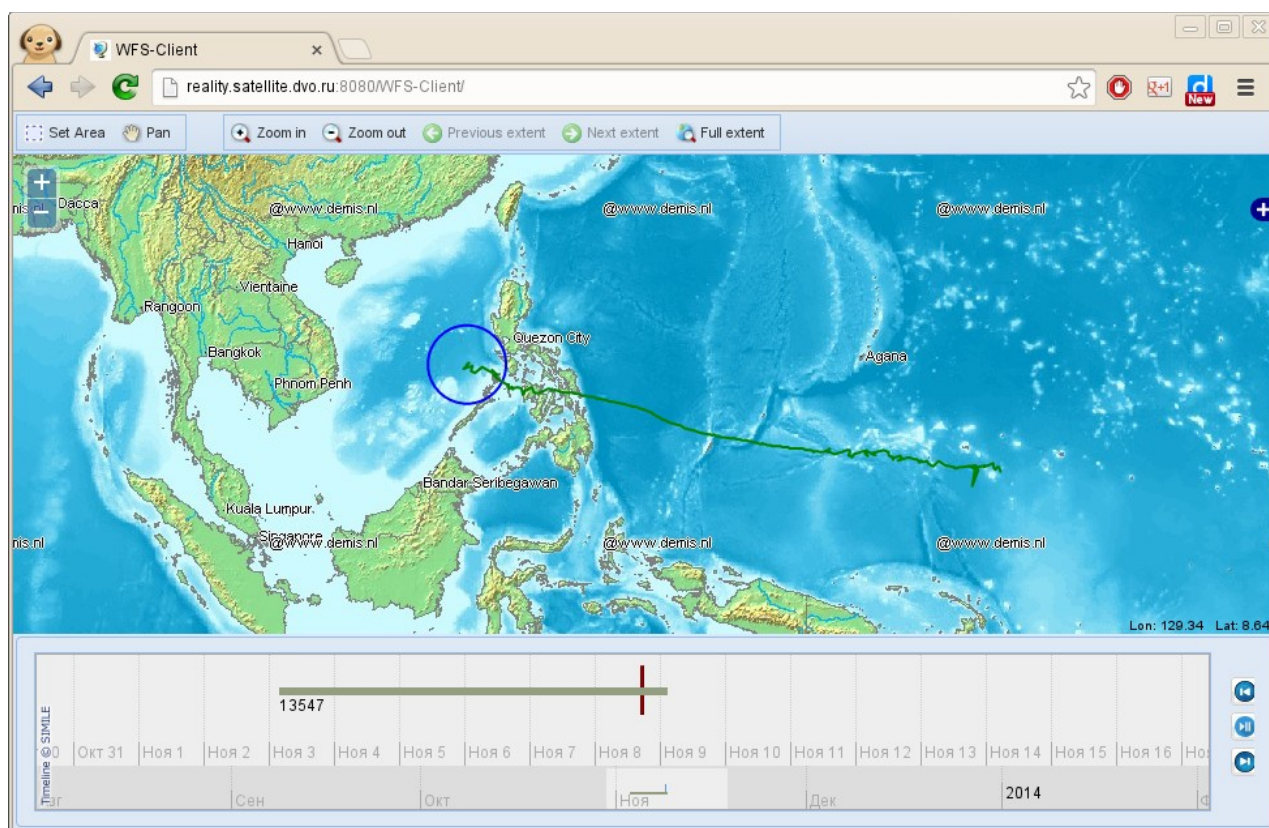


Рисунок 24. Пример работы с созданным WFS-сервисом через веб-интерфейс: просмотр автоматически рассчитанной траектории тропического циклона

Веб-интерфейс позволяет просматривать пользователю траектории тропических циклонов в соответствии с выбираемой датой на фоне карты-подложки. Веб-интерфейс функционирует в рамках контейнера Apache Tomcat и написан на языке JavaScript с привлечением свободно распространяемых библиотек ExtJS, OpenLayers и TimelineJS.

4.3.2.3. Выводы по подразделу 4.3.2

При создании репозитория спутниковых данных был обеспечен доступ к спутниковым данным и продуктам их обработки с применением специализированных сервисов ДЗЗ, а также сервисов общего назначения. Сервисы соответствуют требованиям международных стандартов, определяющих способ взаимодействия «система–система» для клиента и сервера. Обеспечен доступ к спутниковым данным и обзорным изображениям в рамках созданных каталогов продуктов, интегрированных в SSE (подразделе 4.3.1). Созданы веб-интерфейс для доступа пользователя к сервисам поставки растровых и векторных данных, а также комплекс вспомогательных программ. Для этого потребовались применение существующего программного обеспечения, а также создание комплекса программ на языках JavaScript, Python, bash общим объёмом свыше 4 000 строк.

4.3.3. Трансляция идентификаторов и совместная работа сервисов репозитория

4.3.3.1. Трансляция идентификаторов на первом этапе развития СИРЦ

Для упрощения реализации в рамках первого этапа создания СИРЦ идентификаторы используются только при работе с метаданными и обзорными изображениями, в то время как файлы данных идентифицируются их размещением на FTP-сервере. Помимо этого механизм трансляции является не единым сервисом, а представлен в *Диспетчере обзорных изображений* и сервисе заказа (рисунок 15) в виде правила трансляции идентификаторов. Эти правила, в свою очередь, реализованы в виде классов языка Java согласно

предложенной модели. Генерация идентификаторов продуктов происходит при генерации файлов метаданных для них. При работе пользователя с каталогом диспетчер обзорных изображений обеспечивает клиенту предоставление изображений по HTTP-запросу, включающему идентификатор продукта. Доступ к данным самих изображений осуществляется с применением протоколов SMB или FTP. В сервисе заказа происходит обратное преобразование идентификатора продукта в физический путь к файлу. Диспетчер обзорных изображений представляет собой Java Servlet, развёрнутый под управлением контейнера Apache Tomcat. Компоненты трансляции, используемые в сервисе заказа, также реализованы на языке Java [41, 44].

4.3.3.2. Трансляция идентификаторов на втором этапе развития СИРЦ и функционирование репозитория как единой системы

Ключевым отличием реализации репозитория на втором этапе развития СИРЦ является применение единого сервиса трансляции на всех этапах работы с данными, метаданными и вспомогательными ресурсами, что позволяет репозиторию функционировать как единая система, более прозрачная и простая в поддержке. Другими существенными отличиями являются применение идентификаторов в формате URN (согласно требованиям стандартов HMA), а также возможность применения нескольких протоколов для доступа к одним и тем же данным (согласно разработанной модели).

Сервис трансляции определяет как способ генерации идентификаторов, так и размещение ресурсов (данных, метаданных, обзорных изображений). Сами правила определяются набором шаблонов, задаваемых для каждой из коллекций в отдельности (рисунок 25). Помимо этого возможно задание правил путём написания классов-модулей на языке Java.

```

# Регулярное выражение, определяющее способ преобразования
# идентификатора продукта в дату
dateFormatRegex=.*?_([0-9]{4})([0-9]{2})([0-9]{2})_([0-9]{2})([0-9]{2})([0-9]{2})

# Шаблоны для различных частей URL(storage+collection+folder+file)
metadata.storage=ftp://toolbox.satellite.dvo.ru/repo/
metadata.collection=${collection}/
metadata.product=${year}-${month}/${product}/
metadata.file=${file}

# Шаблоны для различных частей URL(storage+collection+folder+file)
data.storage=smb://icevault/data/NOAA/
data.collection=
data.product=${year}-${month}/
data.file=${file}

```

Рисунок 25. Фрагмент содержимого файла, содержащего правила трансляции для коллекции данных спутников серии NOAA

Для создания сервиса трансляции были использованы язык Java и фреймворк создания веб-сервисов Axis2, запущенный под управлением контейнера Apache Tomcat. Доступ к сервису возможен путём его прямого вызова через интерфейс HTTP/SOAP либо с использованием созданных с этой целью клиентских программ (рисунок 16). Консольный клиент предназначен для вызова из PCO при получении данных из репозитория согласно предложенной модели. HTTP-клиент предназначен для доступа внешних пользователей. Он включает в себя как самого клиента трансляции, так и сервлет (Java Servlet), осуществляющий переадресацию клиентского ПО пользователя (веб-браузер) на запрашиваемый по идентификатору ресурс. Сам ресурс может быть:

- данными, доступными по протоколам FTP, HTTP, OGC WCS, OGC WFS;
- обзорным изображением, доступным по протоколам FTP и HTTP;

- файлом метаданных, доступным по протоколам FTP и HTTP.

Методы создания репозитория позволяют расширять список этих интерфейсов в соответствии с разработанной моделью.

4.3.3.3. Выводы по подразделу

Созданные средства обеспечивают прямую и обратную трансляцию идентификаторов в рамках репозитория. Средства, разработанные в рамках второго этапа развития СИРЦ, проще в поддержке за счёт более развитого и централизованного механизма трансляции. Для создания рассмотренных средств было написано свыше 3 500 строк на языке Java и языке командного процессора bash.

4.3.4. Выводы по разделу 4.3

В рамках настоящей диссертационной работы были разработаны методы и средства создания открытого репозитория спутниковых данных согласно предложенной модели. Предложенные методы создания репозитория опираются на применение существующих пакетов программ с открытым исходным кодом и не требуют реорганизации файловой структуры существующих архивов. Это упрощает создание и поддержку репозитория в функционирующих спутниковых центрах. При этом обеспечивается совместимость со способом идентификации данных и стандартами глобальной ИС Европейского космического агентства.

При реализации данных методов СЦ ДВО РАН были созданы информационно-поисковые сервисы (каталоги), сервисы доступа к данным, сервис трансляции, а также комплексных вспомогательных программ. В него входят как средства автоматической генерации метаданных и преобразования данных, так и веб-интерфейс для развёртывания на сайте СЦ. Создание рассмотренных средств потребовало как применения существующего

программного обеспечения, так и создания комплекса программ на языках Java, Groovy, Toolbox Scripting Language, PHP, Python, bash, JavaScript общим объёмом свыше 15 500 строк.

4.4. Система заказов на обработку спутниковых данных

4.4.1. Сервис заказа с интерфейсом SSE Order

Разработка сервиса заказа, обеспечивающего соответствие требованиям стандарта SSE Order, является одним из требований первого этапа создания СИРЦ. Как показано в подразделе 2.2.4, данный стандарт предназначен для заказа пользователем необработанных данных или готовой продукции. Наличие в нём способа передачи опций заказа позволило предложить метод применения стандарта для заказа обработки спутниковых данных с заданием её технологии. Используя эти опции, пользователь имеет возможность самостоятельно задавать параметры алгоритмов данных, равно как и выбирать сами алгоритмы из списка предоставляемых СЦ. Для этого в рамках сервиса должна быть определена специальная опция с набором предопределённых значений, каждое из которых соответствует имени схемы обработки данных РСО.

Демонстрация предложенного метода была осуществлена путём организации сервиса заказа обработки данных радиометра MODIS, получаемых со спутников Aqua и Terra [42]. Для этого под управлением контейнера Apache Tomcat 6 был развёрнут пакет SSE Toolbox 7, а также созданы скрипты на встроенном языке пакета, обеспечивающие взаимодействие с РСО (рисунок 26).

Базовый веб-интерфейс, предоставляемый порталом SSE, по умолчанию не даёт пользователю возможности задания опций заказа и требует от поставщика его самостоятельного создания на основе шаблона. Поэтому интеграция сервиса заказа в портал SSE потребовала создания веб-интерфейса с применением технологии XSLT [138]. Помимо этого потребовалось описание

используемых параметров обработки с применением языка XML Schema.

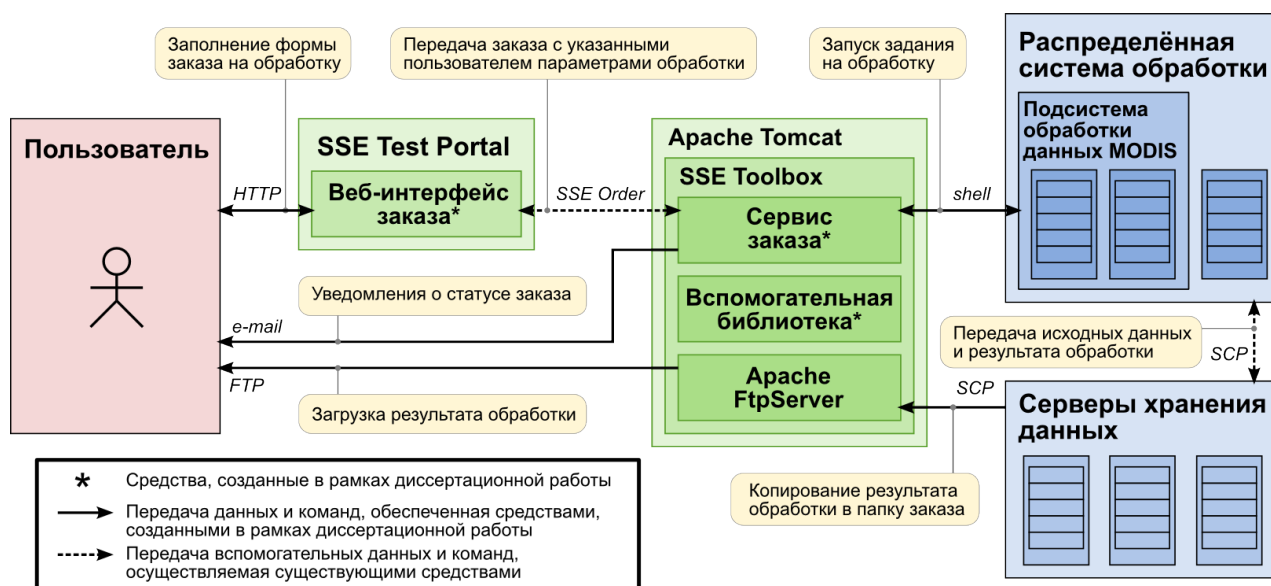


Рисунок 26. Организация сервиса заказа на обработку данных радиометра MODIS в соответствии с требованиями стандарта SSE Order

Задав интересующий его регион и необходимые параметры обработки спутниковых данных, пользователь отправляет заказ на обработку непосредственно из созданного веб-интерфейса (рисунок 27). На стороне SSE формируется SOAP-сообщение согласно стандарту SSE Order, которое отправляется поставщику (СЦ). После постановки заказа на обработку пользователь получает уведомление на электронную почту. По завершении обработки скрипт копирует результат в папку на FTP-сервере (Apache FtpServer) и посылает пользователю электронное письмо со ссылкой на результат обработки. Аналогичное письмо пользователь получит в случае возникновения аварийной ситуации в процессе обработки. Для упрощения реализации формирование очереди заказов на обработку организовано на стороне PCO в виде очереди заданий на обработку.

The screenshot shows the SSE Test Portal interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home > Services > SML Orderable Products Catalogue > Order'. Below this, the 'MODIS data processing options' section is visible, including checkboxes for 'Products' (ch_oc3, fh, kd490, sst, zwind, iz_flags) and 'Parameters' (only day product). A world map is displayed in the center. Below the map is a table with search results.

Product Identifier	Collection	Platform	Acquisition Date/Time	Satellite Domain	Percentage of Overlap	Graphical Overview
Aqua_20120122_153209 (Show on map)	SMLAQUA_MODIS	AQUA	2012-01-22T15:32:09Z	Orbit: 51703 Orbit Direction: ascending	20.961%	
Terra_20120122_000703 (Show on map)	SMLTERRA_MODIS	TERRA	2012-01-22T00:07:03Z	Orbit: 64332 Orbit Direction: ascending	1.684%	

Order Identifier: 7E805180

Рисунок 27. Пример задания параметров при заказе обработки спутниковых данных, выполняемой на стороне ЦС ДВО РАН, через портал SSE

Возможность выбора файлов, заведомо пригодных для обработки, позволяет сократить её время. Это удобно как для пользователя, так и для ЦС. Согласно предложенной архитектуре первого этапа (рисунок 15), данный сервис заказа с интерфейсом SSE Order был интегрирован с созданным ранее EOLI-каталогом. Это позволяет пользователю через веб-интерфейс портала SSE найти интересующие его данные по каталогу, после чего непосредственно перейти к заказу их обработки (рисунок 28).

В силу особенностей стандарта SSE Order поддержка созданных средств затруднена, поскольку любое изменение списка алгоритмов или параметров обработки требует модификации как самого сервиса, так и веб-интерфейса. При этом время обработки обновляемого веб-интерфейса порталом может достигать нескольких минут, что существенно усложняет отладку. Несмотря на это созданные средства обеспечивают функционирование СИРЦ согласно разработанным требованиям и моделям. Для создания сервиса заказа и комплекса вспомогательных программ были использованы языки программирования Toolbox Scripting Language, Java, язык командного

процессора bash и язык преобразования XML-документов XSLT. Общий объём кода превысил 2 000 строк.

The screenshot displays the 'SML EOLI Catalogue : Order' interface. On the left, there are sections for 'MODIS data processing options', 'Products' (with checkboxes for 'ch_l_oc3', 'R_h', 'k_490', 'sst', 'zwind'), 'Parameters' (with a checked box for 'only day product'), and an 'E-mail' field. A 'HELP' button is also present. The central part of the interface is a map of the Middle East and surrounding regions, with several blue-outlined rectangular areas of interest overlaid. On the right, there is a 'Layers' panel with a tree view showing 'Features', 'Area Of Interest Features', 'Coverages', 'Maps', and various WMS layers like 'Cities (WMS)', 'Streams (WMS)', 'Rivers (WMS)', 'Waterbodies (WMS)', 'Coastlines (WMS)', and 'Borders (WMS)'. Below the map is a 'Search Results' table with the following data:

Product Identifier	Collection	Platform	Acquisition Date/Time	Satellite Domain	Percentage of Overlap	Graphical Overview
Aqua_20070305_024602 Show on map	SML_AQUA_MODIS	AQUA	2007-03-05T02:46:02Z	Orbit: 25716 Orbit Direction: ascending	49.276%	Show details

Below the table, the order identifier is 'D7819280' and the price is '0.0 EUR'. A note at the bottom states: 'Please check your order information. You can continue ordering the selected service by selecting the Proceed button.'

Рисунок 28. Пример задания параметров обработки данных, выбранных пользователем по каталогу

4.4.2. Интерфейс к PCO с применением стандарта OGC WPS

Второй этап создания СИРЦ потребовал создания как сервиса заказа с интерфейсом OGC OSEO, так и сервисов обработки с интерфейсом OGC WPS. В силу особенностей метода создания сервиса заказа методы создания сервисов обработки и их реализацию необходимо рассмотреть в первую очередь.

Согласно основному назначению стандарт OGC WPS рассматривается как основной способ удалённого запуска алгоритмов обработки спутниковых данных с указанием параметров в рамках СИРЦ. Данные алгоритмы реализованы в рамках распределённой системы обработки (PCO) спутниковых данных СЦ ДВО РАН в виде *схем* обработки данных. Отдельная схема может быть запущена на исполнение с указанием параметров способом, аналогичным вызову программ из командной строки. Помимо этого регистрация схемы в PCO включает в себя набор вспомогательной информации.

В рамках диссертационной работы был предложен метод организации

интерфейса к РСО в соответствии с требованиями стандарта OGC WPS [6, 42]. Он подразумевает создание для каждой схемы WPS-сервиса, обеспечивающей запуск обработки и отслеживание статуса её выполнения для внешнего клиента. Основной особенностью метода является отказ от участия разработчика или оператора в процессе создания сервисов WPS. Для этого требуются:

- полностью автоматическая генерация программного кода сервиса;
- полностью автоматическое развёртывание сервисов.

Для обеспечения автоматической генерации сервиса было принято решение включать в вспомогательную информацию о схеме следующую информацию:

1. список параметров, их описания, типы и ограничения на допустимые значения;
2. правила преобразования набора значений входных параметров в командную строку в соответствии с требованиями РСО;
3. правила разбора результата вывода запущенной схемы для извлечения информации о процессе или результате её выполнения.

Эта информация должна быть подготовлена разработчиком, заинтересованным в публикации собственной схемы через интерфейс OGC WPS. Информация о параметрах может быть формализована непосредственно с применением способа описания сервисов стандарта OGC WPS. Правила преобразования могут быть заданы парами «ключ=значение», либо реализованы в виде встроенных в сервис скриптов. Стандартом WPS предусматривается передача данных для обработки в виде ссылки на ресурс (URL) или непосредственно в теле запроса. Для обеспечения поддержки репозитория в рамках создаваемых WPS-сервисов необходимо в теле запроса вместо самих данных передавать их идентификатор(ы), что не противоречит стандарту.

Для реализации предложенного метода в СЦ ДВО РАН (рисунок 29) был использован пакет deegree WPS 3. Пакет представляет собой контейнер для WPS-сервисов и предоставляет механизм развёртывания WPS-сервисов в обход

графического интерфейса без перезапуска самого контейнера. Таким образом, обновление сервиса не требует ожидания завершения всех функционирующих сервисов и может производиться автоматически. В качестве средства для описания схем был использован XML-документ, описывающий WPS-сервис согласно требованиям OGC WPS. Для встраиваемых скриптов, обеспечивающих корректную передачу параметров схемы и разбор её вывода, был использован язык Groovy.

Работа созданной реализации была продемонстрирована на наборе тестовых схем, созданных с этой целью в PCO. Реализация включает около 1000 строк на языке Java.

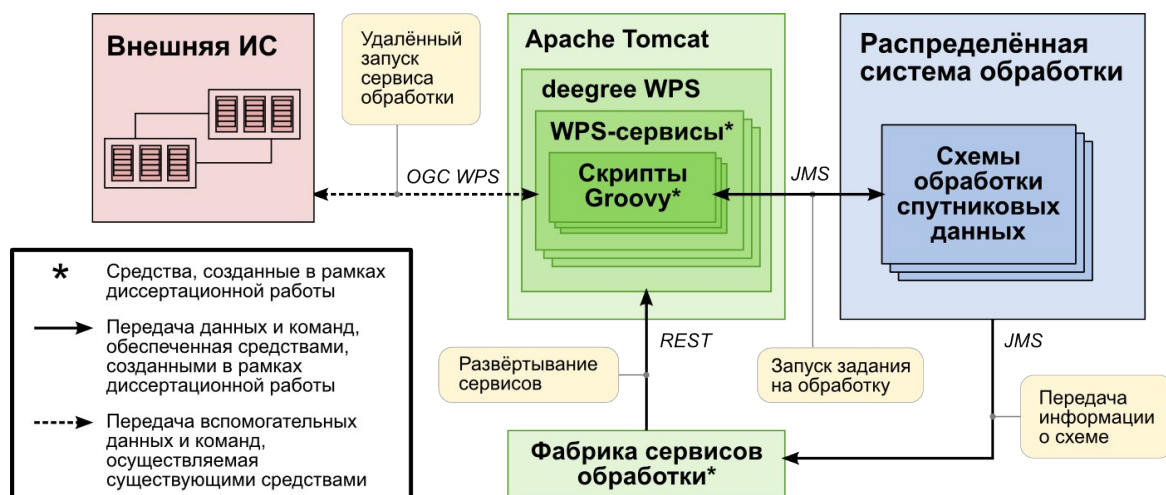


Рисунок 29. Организация интерфейса к PCO, соответствующего требованиям стандарта OGC WPS

4.4.3. Сервис заказа с интерфейсом OGC 06-141 (OSEO)

Второй этап создания СИРЦ включает в себя создание сервиса заказа с интерфейсом OGC 06-141 (OSEO). Метод применения интерфейса SSE Order для заказа обработки данных, предложенный в подразделе 4.4.1, может быть распространён и на интерфейс OGC OSEO. Это возможно за счёт наличия аналогичного механизма передачи опций заказа при его формировании пользователем. В отличие от SSE Order данный интерфейс содержит операцию `GetOptions`, позволяющую клиенту получить список возможных опций заказа от

сервера. За счёт этого расширение списка предоставляемых сервисом алгоритмов обработки и их параметров может выполняться без каких-то модификаций веб-интерфейса.

Детальный анализ требований интерфейсов OGC OSEO и OGC WPS показывает наличие в обоих стандартах следующих возможностей:

- получение списка возможных параметров вызова и ограничений на их значения;
- отслеживание статуса выполнения;

Исходя из этого можно предложить метод по организации сервиса заказа как надстройки над набором сервисов обработки [4, 31]:

- Сервис заказа берёт на себя основные функции по работе с пользователем согласно требованиям к СИРЦ и требованиям OSEO:
 - получение от пользователя списка продуктов (исходных данных для обработки);
 - предоставление пользователю списка доступных алгоритмов обработки с их возможными параметрами;
 - предоставление пользователю информации об ограничениях на получение или обработку данных;
 - получение от пользователя заказа (или регистрации подписки) с указанными алгоритмами обработки и их параметрами;
 - формирование заданий на обработку, которая выполняется путём вызова сервисов с интерфейсом WPS;
 - предоставление пользователю информации о статусе заказа;
- Сервисы с интерфейсом WPS обеспечивают доступ к алгоритмам обработки спутниковых данных, реализованных в специализированных пакетах программ рамках PCO:
 - отдельный сервис WPS обеспечивает доступ к конкретному алгоритму обработки данных в рамках PCO;
 - список доступных процессов доступен сервису заказа для

получения списка алгоритмов и их параметров.

Таким образом, сервис заказа является клиентом набора сервисов обработки и содержит только функции, отсутствующие в сервисах обработки и необходимые для взаимодействия с пользователем. Интерфейс WPS, в свою очередь, также никак не привязан к присутствующим в РСО алгоритмам обработки данных. Модификация каждого из уровней никак не затрагивает другой, что упрощает поддержку системы заказов для разработчика (рисунок 30).

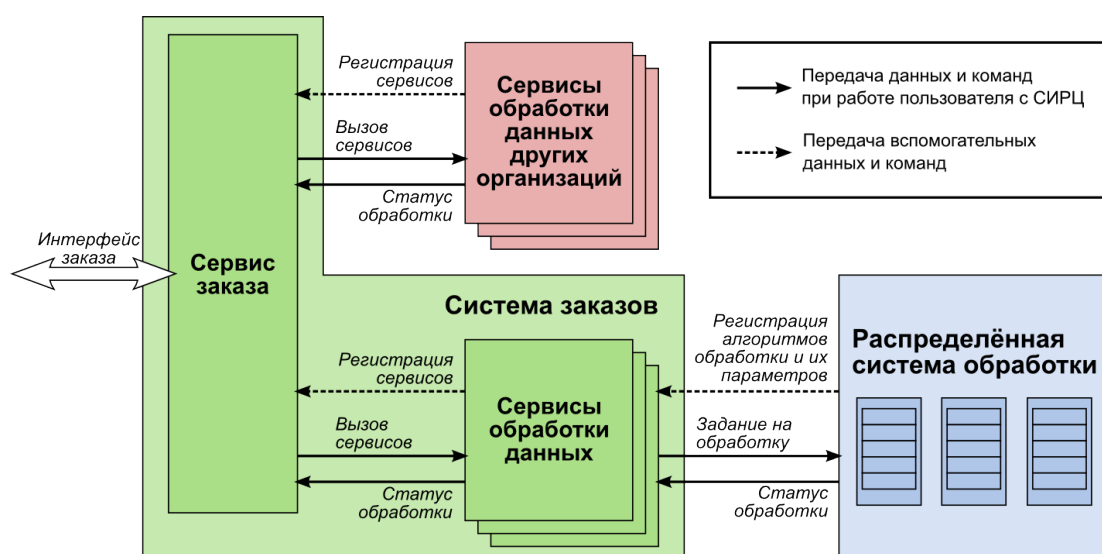


Рисунок 30. Метод создания сервиса заказа на обработку

Ещё одним свойством метода является возможность подключения к системе заказов СИРЦ сервисов обработки других организаций при условии реализации ими интерфейса OGC WPS. Как следствие, появляется возможность интеграции сервисов сторонних организаций в глобальную ИС SSE с использованием стандарта OGC OSEO. При этом от поставщика WPS-сервисов не требуется каких-либо действий.

Реализация предложенного метода использует созданный WPS-интерфейс к РСО, а также пакет GENESIS Toolbox 9, развёрнутый под управлением пакета Apache Tomcat 7 (рисунок 31). Сервис заказа реализован на встроенном в пакет GENESIS Toolbox языке скриптов. Основная логика управления заказами размещена в *диспетчере заказов*, где организовано управление очередью заказов, в т. ч. для режима подписки. Одобрение поступающих заказов может

выполняться автоматически, либо с участием оператора. Одобрённые заказы последовательно выбираются из очереди *диспетчером обработки*, осуществляющим запуск обработки средствами зарегистрированных WPS-сервисов. Он же отвечает за получение списка параметров от этих сервисов и их автоматическую регистрацию в самом сервисе заказа. Работа созданной реализации была продемонстрирована на наборе тестовых схем, использованных ранее при тестировании созданного WPS-интерфейса.

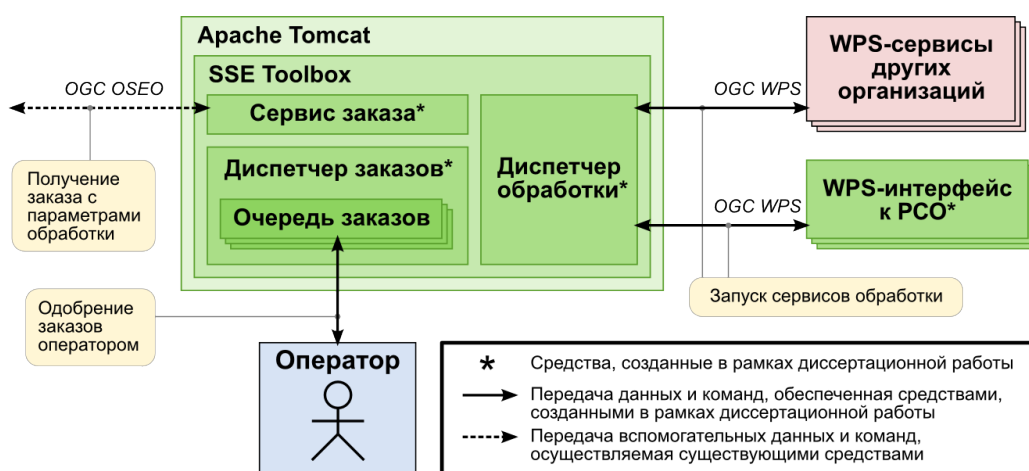


Рисунок 31. Реализация метода создания сервиса заказа с интерфейсом OGC OSEO в СЦ ДВО РАН

На момент тестирования созданного сервиса заказа и интерфейсом OGC OSEO на портале SSE отсутствовала возможность интеграции такого сервиса с любым сервисом каталога, хотя такая возможность была заявлена разработчиками. Данный факт подчёркивает необходимость развития веб-интерфейса на сайте СЦ. Создание рассмотренных средств потребовало написания более 2 000 строк на языках Toolbox Scripting Language и Java.

4.4.4. Выводы по разделу 4.4

В рамках настоящей диссертационной работы были разработаны: метод применения сервисов заказа данных для организации заказа на обработку, метод создания интерфейса к распределённой системе обработки спутниковых

данных с применением стандарта OGC WPS; метод создания сервиса заказа как клиента сервисов обработки. Применение данных методов позволяет снизить затраты труда на создание и поддержку системы заказов, что упрощает создание аналогичной системы в других спутниковых центрах.

Реализация предложенных методов в СЦ ДВО РАН позволила создать сервисы, соответствующие требованиям международных стандартов, и интегрировать их в глобальную ИС SSE Европейского космического агентства. Реализация потребовала применения существующего программного обеспечения и создания комплекса программ на языках Java, Toolbox Scripting Language, Python, JavaScript, языке командного процессора bash и языке преобразования XML-документов XSLT общим объёмом свыше 5 000 строк.

4.5. Выводы по главе 4

В рамках главы рассмотрены методы и средства, разработанные при создании СИРЦ с учётом двух этапов её развития. Разработанные методы создания СИРЦ включают в себя:

- метод создания открытого репозитория спутниковых данных на основе существующих каталогов и хранилищ спутниковых данных;
- методы создания системы заказов на обработку;
- методы создания интерфейса к распределённой системе обработки спутниковых данных на основе стандарта OGC WPS.

Разработанные методы реализованы в рамках СЦ ДВО РАН, за счёт чего обеспечена интеграция в глобальную ИС ДЗЗ Европейского космического агентства. Реализация разработанных методов в СЦ ДВО РАН потребовала как применения существующего программного обеспечения, так и создания комплекса программ на языках Java, Toolbox Scripting Language, PHP, Python, JavaScript, языке командного процессора bash и языке преобразования XML-документов XSLT общим объёмом свыше 20 000 строк.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. На примере СЦ ДВО РАН сформулированы функциональные требования к ИС СЦ, ориентированной на работу с пользователями-исследователями. Формализован краткий набор требований по интеграции в ИС SSE Европейского агентства. Показана возможность интеграции в SSE при сохранении основных принципов работы с пользователями-исследователями, применяемых в СЦ ДВО РАН. На основе двух наборов сформулированных требований были разработаны конечные требования к СИРЦ.
2. В соответствии с требованиями разработан концептуальный проект СИРЦ, определяющий её общую структуру, а также взаимодействие с существующей ИС СЦ и глобальной ИС SSE.
3. Разработаны функциональные и информационные модели открытого репозитория спутниковых данных с учётом построения соответствующих моделей открытого архива (OAIS). Обеспечена возможность создания репозитория как надстройки над сервисами поиска и передачи данных, отвечающими требованиям ИС SSE.
4. Разработаны два варианта архитектуры СИРЦ, учитывающие свойства и возможности стандартов SSE двух поколений, а также особенности существующих пакетов программ.
5. Разработан метод создания открытого репозитория спутниковых данных на основе существующих каталогов и хранилищ спутниковых данных.
6. Разработаны методы создания компонентов системы заказов на обработку спутниковых данных:
 - 6.1. метод создания интерфейса к распределённой системе обработки спутниковых данных на основе стандарта OGC WPS;
 - 6.2. метод применения интерфейса заказа данных ДЗЗ для организации

заказа на обработку с возможностью выбора алгоритмов и параметров.;

6.3. метод организации сервиса заказа в виде клиента сервисов удалённого запуска обработки.

7. Созданы средства, реализующие разработанные методы и обеспечивающие интеграцию ИС СЦ ДВО РАН в глобальную ИС SSE.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2007 г. С. 46.
2. 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 – 2006», Санкт-Петербург, 24–26 октября 2006 г. СПб.: СПОИСУ, 2007. С. 329–333.
3. 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 – 2006», Санкт-Петербург, 24–26 октября 2006 г. СПб.: СПОИСУ, 2007. С. 259.
4. 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., Сойфер 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, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2012 г. С. 1.
5. Атаева О.М., Кузнецов К.А., Серебряков В.А., Филиппов В.И. Среда интеграции пространственных данных «ГеоМета» // Тр. XIV Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2011), Санкт-Петербург, Россия, 2011. С. 11–16.

6. 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: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. С. 34–37.
7. 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). М.: Вузовская книга, 2005. С. 58–59.
8. 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, Россия, 2012. С. 16–22.
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, 6–11 сентября 2004 г. Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. ун-та, 2004. С. 141–142.
10. 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, ИКИ РАН, 14–18 ноября 2011 г. С. 73.
11. 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, 12–14 октября 2011 г. СПб., 2011. С. 27–32.

12. 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>
13. Бабяк П.В., Тарасов Г.В. Опыт использования Grid-технологий в системе обработки данных Спутникового центра ДВО РАН // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 6, № 1. С. 71–80.
14. Баженов Г.Г., Девятаев О.С., Демчев Д.М., Беляков И.В. Спутниковая компонента ЕСИМО // 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: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. С. 38–42.
15. Барталев С.А., Ершов Д.В., Лупян Е.А., Толпин В.А. Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 1. С. 49–56.
16. Безрук Л.Е., Михайлов Н.Н. Российский сегмент Информационной системы ВМО и Росгидромета с применением технологий ЕСИМО // 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: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. С. 43–47.

- Федерации» (ЕСИМО'2012). Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. С. 43–45.
17. Белов С.В., Бритков В.Б. Интеграция информационных ресурсов в задачах исследования морской среды // Информационные технологии и вычислительные системы. 2008. № 1. С. 73–81.
 18. Географическая информация – метаданные. Профиль метаданных ЕБГД на основе стандартов ISO 19115, ISO 19115-2 и ISO 19139. Версия 1. ноябрь 2010
 19. ГОСТ Р 52573-2006. Географическая информация. Метаданные // М.: Стандартинформ, 2006.
 20. Ерёменко А.С. Опытная эксплуатация системы автоматического мониторинга тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 1, № 1. С. 320–327.
 21. Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Мазуров А.А., Прошин А.А., Флитман Е.В. Технология построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М: Полиграф-Сервис, 2004. С. 437–443.
 22. Жижимов О.Л. Введение в Z39.50. Новосибирск: Изд-во НГОНБ, 2002. 254с.
 23. Жижимов О.Л., Федотов А.М., Шокин Ю.И. Платформа ZooSPACE как интеграции технологических решений для реализации доступа к разнородным информационным ресурсам // Международная конференция «Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании» - ВИТ-2013 (Усть-Каменогорск, Казахстан, 18.09 - 22.09.2013): Совместный выпуск. Вестник ВКГТУ (ISSN 1561-4212), Вычислительные технологии (ISSN 1560-7534). - Усть-Каменогорск: Восточно-Казахстанский государственный технический университет, 2013. - Т. Информационные и телекоммуникационные технологии. - С.148-160.
 24. Захаров М.Ю., Лупян Е.А., Назиров Р.Р. Создание информационного центра для поддержки пользователей спутниковых данных // Исследование Земли

из космоса. 1994. № 4. С. 88–91.

25. Кадлип В., Кравцов Ю.А., Кудашев Е.Б., Раев М.Д., Сьютюренко О.В., Арманд Н.А., Саворский В.П., Смирнов М.Т., Тищенко Ю.Г, Мясников В.П. Российско-Британский спутниковый экологический мониторинг на основе Web- и Интернет-технологий // Информационное общество. 2000. № 2. С. 59–64.
26. Кудашев Е.Б., Филонов А.Н. Распределенная геоинформационная инфраструктура спутниковых данных // Вычислительные технологии. 2008. Т. 13, № 6. С. 79–90.
27. 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, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2012 г. С. 112.
28. 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.
29. 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. Т. 18, № 12. С. 146–149.
30. 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, ИУУ СО РАН, 27–30 октября 2009 г.
31. 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.
32. Лошкарев П.А., Заичко В.А. Основные принципы создания единой территориально-распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли из космоса // Сб. тез. Девятой открытой Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», Москва, ИКИ РАН, 14–18 ноября 2011 г. С. 5.
33. 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.
34. 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: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: сб. научных статей. М.: ООО «ДоМира», 2010. Т. 7, № 2. С. 189–192.
35. 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. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: сб. научных статей. М.: ООО «Азбука-2000», 2008. Вып. 5, Т. 2. С. 561–567.
36. 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.

37. 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, ИКИ РАН, 12–16 ноября 2007 г. С. 306.
38. 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.
39. 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: Дальнаука, 2008. С. 27
40. И.В. Недолужко, А.И. Алексанин. 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). URL: http://conf.nsc.ru/files/conferences/dicr2010/fulltext/29466/34565/Недолужко_paper.pdf
41. 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.

42. 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.
43. 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, ИКИ РАН, 10–14 ноября 2008 г. С. 77.
44. 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, ИКИ РАН, 16–20 ноября 2009 г. С. 87.
45. 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>
46. Носенко Ю.И., Лошкарев П.А. Единая территориально-распределённая информационная система дистанционного зондирования Земли — проблемы, решения, перспективы. Ч. 1. Геоматика. 2010. № 3. С. 35–43.
47. Носенко Ю.И., Новиков М.В., Заичко В.А., Ромашкин В.В., Лошкарев П.А. Единая территориально-распределённая информационная система дистанционного зондирования Земли — проблемы, решения, перспективы. Ч. 2. Геоматика. 2010. № 4. С. 31–37.
48. Саворский В.П. Узел распределенной системы космических данных Центр обработки и хранения космической информации (ЦОХКИ) ФИРЭ РАН // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса.

- М.: Полиграф-Сервис, 2004. С. 241–247.
49. Серебряков В.А., Вершинин А.В., Дьяконов И.А., Динь Ле Дат, Бездушный А.Н. Пространственные метаданные в системе «ГеоМЕТА» // Пространственные данные. 2008. № 2. URL: <http://www.gisa.ru/45988.html>
50. Шокин Ю.И., Жижимов О.Л., Пестунов И.А., Синявский Ю.Н., Смирнов В.В. Распределенная информационно-аналитическая система для поиска, обработки и анализа пространственных данных // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12, спец. вып. 3. ГИС- и веб-технологии в междисциплинарных исследованиях. Материалы Междисциплинарной программы СО РАН 4.5.2. Выпуск I. С. 108-115.
51. 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.
52. Шулькин Е.В., Краснопеев С.М. Анализ геоинформационных данных в распределенных инфраструктурах // Российский научный электронный журнал «Электронные библиотеки». 2011. Т. 14, вып. 4. URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2011/part4/SK> (Дата обращения: 13.03.2013).
53. About Deegree. URL: <http://www.deegree.org/About> (Дата обращения: 14.12.2013).
54. Alexanin A.I., Babyak P.V., Herbeck F.E., Levin V.A. Satellite information support of scientific researches and economic applications // Proc. of "Science & Technical information - STI 2002". Moscow: VINITI, 2002. P. 17–18.
55. 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”, 3–6 October, 2007. Vladovostok: Dalnauka, 2007. P. 15–16
56. An Environment Supporting Earth Observation and GIS Service Orchestration: the MASS Project, IEEE Geoscience and Remote Sensing News Letter, December 2003. P. 19–22. URL: http://www.ewh.ieee.org/soc/grss/newsletter/grs1203_final.pdf (Дата обращения: 11.06.2012).
57. Apache Tomcat. URL: <http://tomcat.apache.org/> (Дата обращения: 23.11.2012).
58. Armand N.A., Savorskij V.P., Smirnov M.T., Tishchenko Ju.G. Center of Processing and Storing the Space Information in IRE RAN. Report presented at 2nd International Conference "Cosmonautics, Radioelectronics, Geoinformatics", Ryazan', 30 October–1 November 1998.
59. Bai Y., Di L., Chen A., Liu Y., Wei Y. Towards a Geospatial Catalogue Federation Service // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. June 2007. Vol. 73, No.6. P. 699–708.
60. Buddata ebXML Registry/Repository. URL: <http://www.buddata-open.org/> (Дата обращения: 15.12.2011).
61. Burnett Michael, Weinstein Beth, Mitchell Andrew. ECHO – enabling interoperability with NASA earth science data and services // Proceeding of IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium, IGARSS 2007. P. 4012-4015.
62. Catalogue Interoperability Protocol (CIP) Specification — Release B. URL: <http://wgiss.ceos.org>
63. Catalogue Service. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/cat> (Дата обращения: 15.12.2011).
64. Coene Y., Bawin C. Service Support Environment. Architecture, Model and Standards // ESA. 2004. URL: http://earth.esa.int/rtd/Documents/SSE_Whitpaper_2.pdf (Дата обращения: 18.10.2010).
65. Coene Y., Gianfranceschi S., Marchetti P.G. Earth Observation and GIS Services

- Integration Approach in MASS // Proceedings of DASIA 2003 (ESA SP-532) 2–6 June 2003, Prague, Czech Republic / ed. R.A. Harris; Published on CDROM. P. 9.1.
66. Coene Y., Marchetti P.G. Case Study: ESA Service Support Environment (SSE) // SOA forum, 13–16 June 2005, Paris. URL: http://services.eoportal.org/massRef/documentation/soa_forum_slides.ppt (Дата обращения: 15.12.2011).
67. Coene Y., Marchetti P.G., Smolders S. Architecture and Standards for a Distributed Digital Library of Geospatial Services // The 3rd Italian Research Conference on Digital Library Systems, 29–30 January 2007, Padova, Italy.
68. Costa Nina D., Millot Michel, Best Clive and Eckhard Berndt. WWW Information Services for Earth Observation and Environmental Information. P. 59-63 // REMOTE SENSING FOR ENVIRONMENTAL DATA IN ALBANIA: A STRATEGY FOR INTEGRATED MANAGEMENT. NATO Science Series. 2000. Volume 72. P. 59–63.
69. DLR at SSE Portal. URL: <http://services.eoportal.org/portal/user/GetCompanyInfo.do?companyId=1C80AD80> (Дата обращения: 13.03.2013).
70. Earthnet On-line XML Front-End Interface Control Document, EOLI-XML-006-ICD.2003. Issue 1.7. URL: <http://earth.esa.int/rtd/Documents/EOLI-XML-ICD.pdf>
71. Eclipse. URL: <http://www.eclipse.org/> (Дата обращения: 23.11.2012).
72. eoPortal Catalogue Client. URL: <http://catalogues.eoportal.org> (Дата обращения 10.10.2008).
73. EOxServer. URL: <http://eoxserver.org/> (Дата обращения: 13.03.2013).
74. ESA EOLi via Infeo Catalogue. URL: <http://services.eoportal.org/portal/service/ShowServiceInfo.do?serviceId=DC818080> (Дата обращения: 13.03.2013).
75. European Framework for the long term preservation of Earth Observation space data. URL: <http://earth.esa.int/gscb/ltdp/EuropeanLTDPFramework.pdf> (Дата обращения: 20.02.2013).
76. Extensible Markup Language (XML). URL: <http://www.w3.org/XML/> (Дата

- обращения: 13.03.2013).
77. FILE TRANSFER PROTOCOL (FTP). URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc959>
(Дата обращения: 15.05.2010).
 78. Functional Requirements for Uniform Resource Names. URL:
<http://tools.ietf.org/html/rfc1737> (Дата обращения: 15.01.2014).
 79. Geography Markup Language. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/gml> (Дата обращения: 23.11.2012).
 80. What is GeoServer. URL: <http://geoserver.org/display/GEOS/What+is+GeoServer> (Дата обращения: 14.12.2013).
 81. GI-cat Homepage. URL: <http://essi-lab.eu/cgi-bin/twiki/view/GIcat/> (Дата обращения: 10.12.2011).
 82. HMA-FO. URL: <http://wiki.services.eoportal.org/tiki-index.php?page=HMA-FO>
(Дата обращения: 13.03.2013).
 83. HSQLDB - 100% Java Database. URL: <http://hsqldb.org/> (Дата обращения: 10.12.2011).
 84. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1. URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc2616> (Дата обращения: 21.05.2012).
 85. ISO/TC 211, Geographic information – Metadata, ISO/FDIS 19115, 23/01/2003.
URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=26020 (Дата обращения: 13.03.2013).
 86. ISO 19119:2005 – Geographic information — Services. URL:
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=39890 (Дата обращения: 13.03.2013).
 87. ISO/TS 15000-3:2004 Electronic business eXtensible Markup Language (ebXML) – Part 3: Registry information model specification (ebRIM). URL:
http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39974 (Дата обращения: 15.12.2011).
 88. Wernig-Pichler J., Meissl S., Schiller C., Triebnig G. Use of the SSE-Toolbox and a WebMapServer to connect an EO-Catalog via the INFEO/EOLI system. 2nd SSE Workshop, Esrin, March 2005, European Space Agency. URL:

[http://www.arcs.ac.at/A/publications/ESA_SSE_Workshop_March2005_Abstrac
t.pdf](http://www.arcs.ac.at/A/publications/ESA_SSE_Workshop_March2005_Abstrac
t.pdf)(Дата обращения: 21.10.2007).

89. JAXA at SSE Portal. URL: <http://services-test.eoportal.org/portal/user/GetCompanyInfo.do?companyId=A180E480> (Дата обращения: 13.03.2013).
90. Khalsa S.J.S., Ujhazy J.E. NASA's EOSDIS: options for data providers. Proc. SPIE 2583, Advanced and Next-Generation Satellites, 390 (December 15, 1995).
91. Kudashev E.B, Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I., Myasnikov V.P., Tutubalina O.V. INTAS Project: Remote Sensing Internet Technologies Based Teaching // Proceedings 2002 International Geoscience and Remote Sensing Symposium and 24th Canadian Symposium on Remote Sensing IGARSS'02. June 24–28, 2002. Toronto, Canada. V. 1. P. 539–541.
92. Kudashev E., Kravtsov Yu., Myasnikov V., Raev M., Armand N., Savorskij V., Smirnov M., Tishchenko Yu. Remote sensing for operational applications in the environmental monitoring of the megacities // Proceedings of 19 ISPRS Congress. Amsterdam 2000. International Society for Photogrammetry & Remote Sensing. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Amsterdam, 2000.
Volume XXXIII, pt. B 7/2. P. 257–261.
93. Leblanc N., Henaff Y., Hauteclouque B. Making the EO Catalogues Work Together: Catalogue Interoperability Protocol (CIP) Experiences. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Amsterdam, 2000. Vol. XXXIII, pt. B4.
94. Liebig V. Earth Observation in the Information Age Trends In Utilisation Of Networks For Earth Observation Applications // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vienna, 1996. Vol. XXI, pt. B4.
95. Long Term Preservation of Earth Observation Space Data. European LTDP Common Guidelines. 30 June 2012. URL: http://earth.esa.int/gscb/ltdp/EuropeanLTDPCommonGuidelines_Issue2.0.pdf (Дата обращения: 13.03.2013).

96. Marchetti P.G., D'Elia S. The ESA Service Support Environment - Exploitation of the long term archives // PV 2004 Conference Proceedings. URL: http://earth.eo.esa.int/rtd/Articles/PV-2004_040723.pdf (Дата обращения: 08.09.2011).
97. Minimal Profile for EO products using WSDL and SOAP. URL: <http://earth.esa.int/XML/eoli/documents/EOPProfile.doc> (Дата обращения: 23.11.2012).
98. Mitchell A., Ramapriyan H., Lowe D. Evolution of web services in EOSDIS — Search and order metadata registry (ECHO). Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009. IEEE International, IGARSS 2009. P. V-371–V-374.
99. Moore M., Lowe D. Leveraging open-source development in large-scale science data management systems. Proc. SPIE 4483, Earth Observing Systems VI, 291 (January 22, 2002).
100. NASA's Global Change Master Directory. URL: <http://gcmd.nasa.gov> (Дата обращения: 14.03.2009).
101. Nedoluzhko I.V. Development of Means for Integration of Satellite Center FEB RAS Into All-Russian and International Information Systems // Remote Sensing of Environment: Scientific and Applied Research in Asia-Pacific (RSAP2013): Abstracts of the International Conference, 24–27 September 2013, Vladivostok, Russia. Vladivostok: Dalnauka, 2013. P. 34–35.
102. 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, Russia, 6–9 September, 2010. P. 177–182.
103. Ogbuji U. Introducing OpenSearch. URL: <http://www.xml.com/pub/a/2007/07/20/introducing-opensearch.html> (Дата обращения: 15.12.2011).
104. OGC® Catalogue Services Standard 2.0 Extension Package for ebRIM Application Profile: Earth Observation Products. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35528 (Дата обращения: 08.09.2011).

- 15.12.2011).
105. OGC History (detailed). URL: <http://www.opengeospatial.org/ogc/historylong>
 106. Open Geospatial Consortium. URL: <http://www.opengeospatial.org/> (Дата обращения 20.01.2014)
 107. Open-standard Online Observation Service // <http://wiki.services.eoportal.org/tiki-index.php?page=O3S> (Дата обращения: 13.03.2013).
 108. OpenDAP. URL: <http://opendap.org/>. (Дата обращения: 13.03.2013).
 109. OpenGIS Geography Markup Language (GML) Application Schema for Earth Observation Products. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=31065 (Дата обращения: 13.03.2013).
 110. OpenGIS® Catalogue Services Specification 2.0.1 (with Corrigendum) – ISO Metadata Application Profile. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14506 (Дата обращения: 15.12.2011).
 111. OpenGIS® Catalogue Services Specification 2.0.2 – ISO Metadata Application Profile. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=21460 (Дата обращения: 15.12.2011).
 112. OGC® Cataloguing of ISO Metadata (CIM) Using the ebRIM profile of CS-W. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20596 (Дата обращения: 15.12.2011).
 113. OpenGIS® Web Processing Service. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=24151 (Дата обращения: 13.03.2013).
 114. Ordering Services Framework for Earth Observation Products Interface Standard. URL: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=43928 (Дата обращения: 13.03.2013).
 115. PostGIS. URL: <http://postgis.refractory.net/> (дата обращения: 26.11.2012)
 116. PostgreSQL: The world's most advanced open source database. URL: <http://www.postgresql.org/> (Дата обращения: 26.11.2012).
 117. Ramapriyan, Hampapuram Rama K; Behnke, Jeanne; Sofinowski, E. Earth observing system (EOS) data and information system (EOSDIS) — evolution update and future // Proceeding of Geoscience and Remote Sensing Symposium,

2007. IGARSS 2007. IEEE International. P. 4005–4008.
118. Secret Origin of SVG. URL: http://www.w3.org/Graphics/SVG/WG/wiki/Secret_Origin_of_SVG (Дата обращения: 13.03.2013).
 119. Service Support Environment. Interface Control Document 1.10. URL: <http://services.eoportal.org/massRef/documentation/icd.pdf> (Дата обращения 13.03.2013).
 120. SOAP Version 1.2. URL: <http://www.w3.org/TR/soap/> (Дата обращения: 13.03.2013).
 121. SoapUI - The Home of Functional Testing. URL: <http://www.soapui.org/> (Дата обращения: 29.01.2014).
 122. Space data and information transfer systems - Open archival information system (OAIS) - Reference model. URL: http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=57284 (Дата обращения: 13.03.2013).
 123. SRU – Search/Retrieval via URL // The Library of Congress – USA. URL: <http://www.loc.gov/standards/sru>
 124. The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc4648> (Дата обращения: 11.05.2010).
 125. THE GENESIS SOLUTION: Generic European Sustainable Information Space for Environment. URL: <http://www.genesis-fp7.eu/images/publications/leaflets/brochure.pdf> (Дата обращения 24.12.2012)
 126. The Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting. Protocol Version 2.0 of 2002-06-14. URL: <http://www.openarchives.org/OAI/openarchivesprotocol.html> (Дата обращения: 10.12.2011).
 127. Toolbox 9. URL: <http://code.google.com/p/toolboxenvironment/> (Дата обращения: 18.12.2011).
 128. Toolbox Download Page. URL: <http://wiki.services.eoportal.org/rss-toolbox.php> (Дата обращения: 18.12.2011).
 129. Uwe Voges, Michael Schick, Marko Reiprecht, Rafael Zarza. The EUMETSAT EO Portal and Clearinghouse Project // PV 2009 Conference proceedings. URL:

http://wiki.services.eoportal.org/tiki-download_wiki_attachment.php?ttId=535&page=References%20and%20additional%20reading (Дата обращения: 13.03.2013).

130. WebDAV Specifications. URL: <http://www.webdav.org/specs/> (Дата обращения: 21.05.2012).
131. Web Coverage Service. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wcs> (Дата обращения: 12.11.2013).
132. Web Coverage Processing Service (WCPS) Standard. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wcps> (Дата обращения: 15.11.2013).
133. Web Feature Service. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs> (Дата обращения: 12.11.2013).
134. Web Map Service. URL: <http://www.opengeospatial.org/standards/wms> (Дата обращения: 12.11.2013).
135. Web Services Activity. URL: <http://www.w3.org/2002/ws/> (Дата обращения: 11.11.2013).
136. Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0 Part 1: Core Language. URL: <http://www.w3.org/TR/wsdl20/> (Дата обращения: 13.03.2013).
137. Welcome to MapServer. URL: <http://mapserver.org/> (Дата обращения: 14.12.2013).
138. XSL Transformations (XSLT) Version 1.0. W3C Recommendation. 16 November 1999. URL: <http://www.w3.org/TR/xslt> (Дата обращения: 13.03.2013)