

Методы и технологии построения информационных систем дистанционного мониторинга (Опыт развития и использования)

*Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Кашницкий А.В., Кобец Д.А.,
Мазуров А.А., Матвеев А.М., Пырков В.Н., Радченко М.В., Толпин В.А.,
Уваров И.А.*

Институт Космических Исследований РАН

**Двадцатая международная конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА»**

14 ноября 2022, ИКИ РАН, Москва

Информационные системы спутникового мониторинга (ИСДМ)

Это системы (или подсистемы), создающиеся для решения задач постоянного мониторинга тех или иных объектов и явлений в конкретной области деятельности или исследований

Основные особенности:

- Направлены на получение информации о некоторой группе объектов и процессов**
- Обеспечивают постоянное получение информации**
- Предоставляют возможность анализа информации дистанционных наблюдений совместно с другой информацией, используемой в системе**
- Имеют методики и организационные правила использования данных ДЗЗ (обеспечивают возможность использовать информацию ДЗЗ при принятии решений)**

ИСДМ уже сегодня являются основными потребителями возможностей систем ДЗЗ

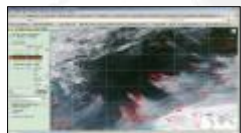
- Создаются не для решения отдельной частной задачи, а для работы на долговременной основе (**обеспечивают продолжительное (многолетнее) потребление информации ДЗЗ**)
- Рассчитаны на регулярное обновление информации (**заинтересованы в получении не отдельных наборов данных, а потоков**)
- Во многих случаях заинтересованы в активном использовании исторических данных (**позволяют массово использовать данные уже накопленных архивов**)
- Обычно постоянно развиваются, расширяя круг задач (**расширяют состав и объемы используемых данных ДЗЗ**)
- Постоянно создаются новые ИСДМ, ориентированные на новые области применения и задачи

Примеры действующих в России информационных систем дистанционного мониторинга



ОСМ Росрыболовства

Система мониторинга водных биологических ресурсов (2000)



ИСДМ-Рослесхоз

Дистанционный мониторинг лесных пожаров и их последствий (2005)



ИС Vega-Pro

Система дистанционного мониторинга сельскохозяйственной и лесной растительности (2011)



ИС НИЦ «Планета» Росгидромета

Система работы с данными дистанционного гидрометеорологического мониторинга (2012)



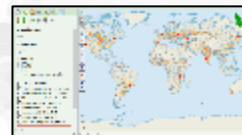
ИС VolSatView

Система мониторинга вулканической активности на Камчатке и Курилах (2012)



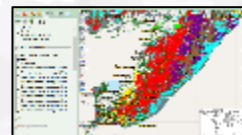
ИС Sea The See

Система дистанционного изучения пограничных морей России (2012)



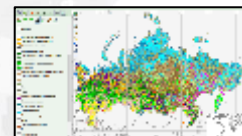
ИС Vega-Geoglam

ИС развития глобальной системы мониторинга сельского хозяйства (2014)



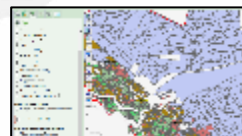
ИС Vega-Приморье

Система комплексного дистанционного мониторинга лесов Приморья (2015)



ИС Vega-Лес

Система комплексного дистанционного мониторинга лесов России (2019)

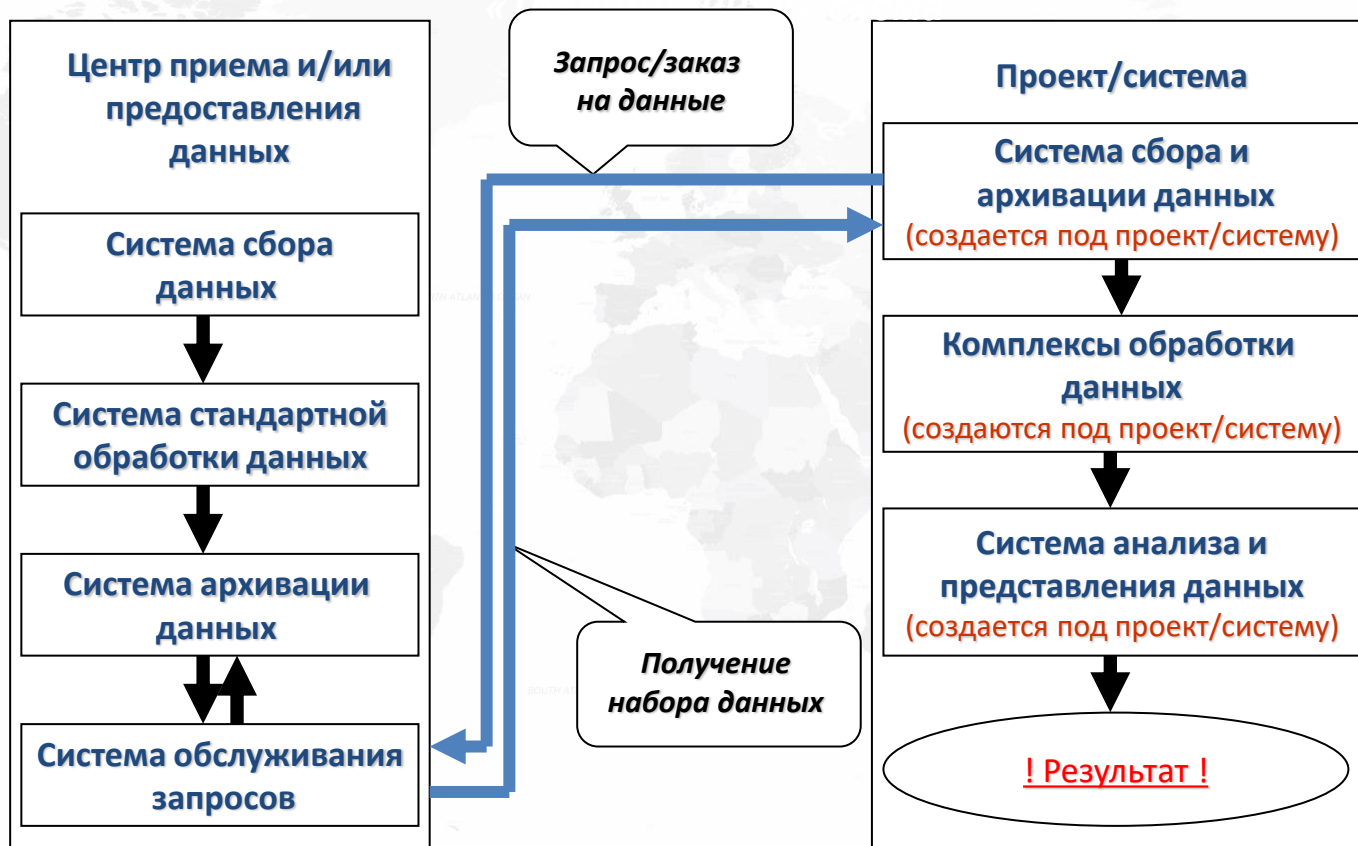


ИС ТКД СХМП

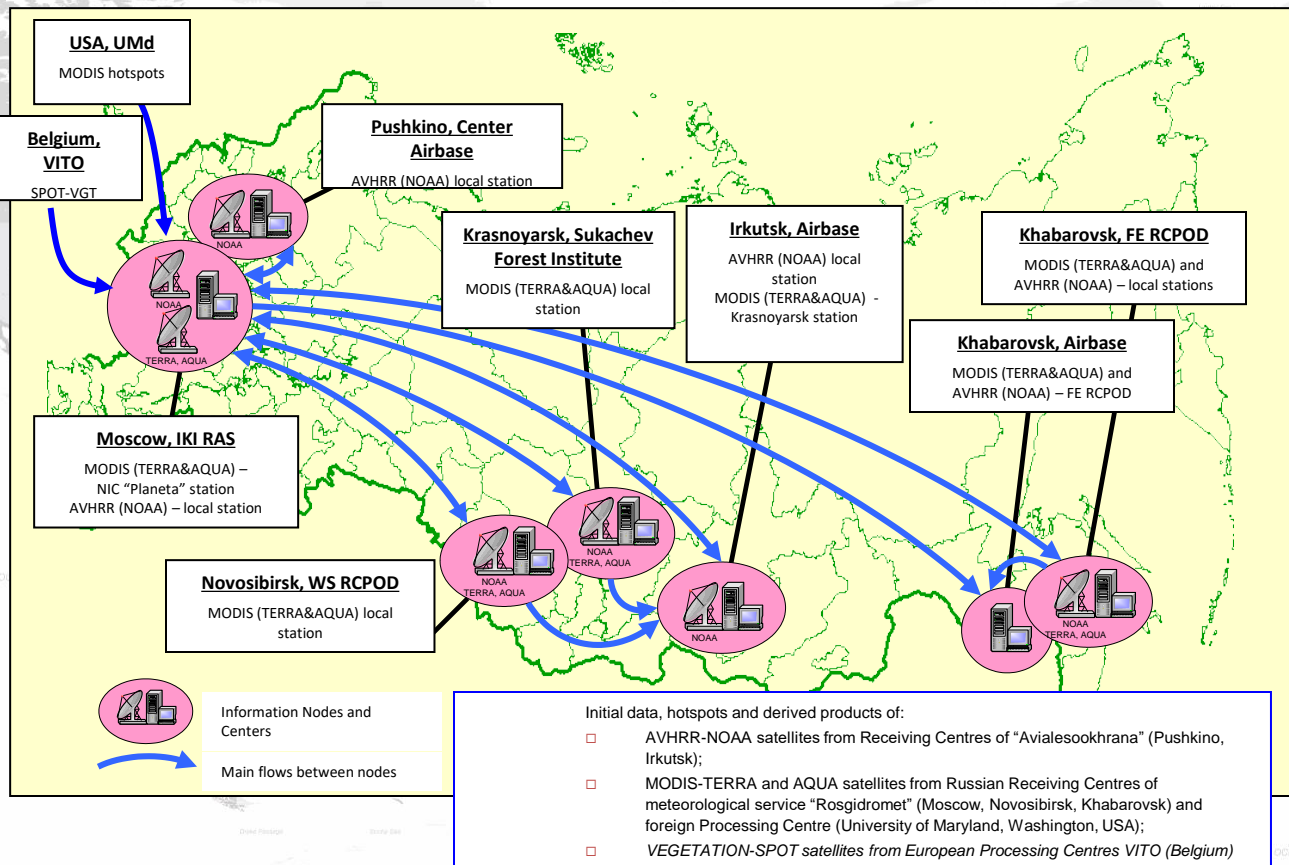
Система контроля данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 года (2020)

***Как в основном строились
информационные системы
дистанционного мониторинга
двадцать лет назад***

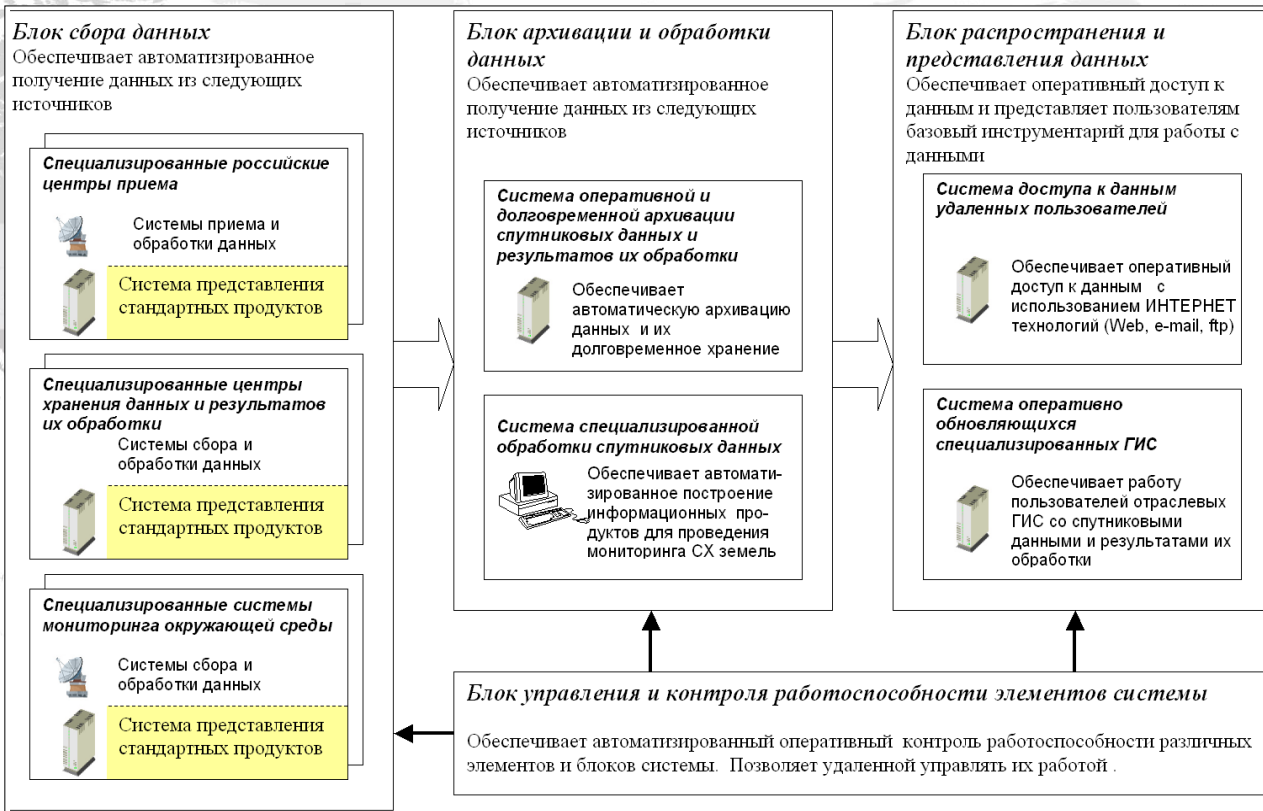
Наиболее распространенная схема работы с данными в отдельных проектах и информационных системах



Российская информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров (<http://www.nffc.aviales.ru>)



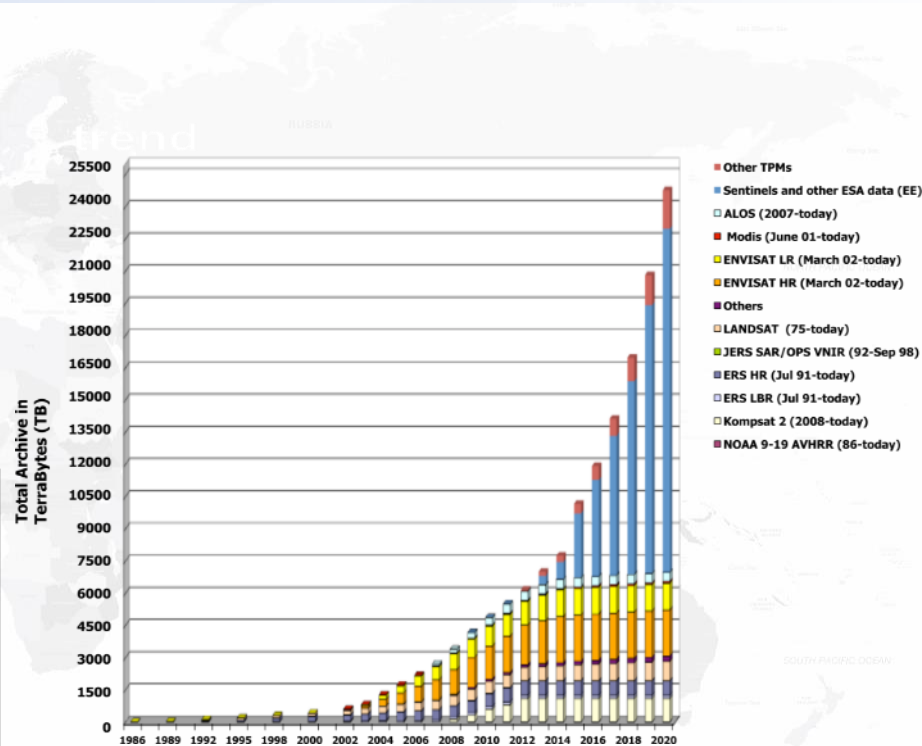
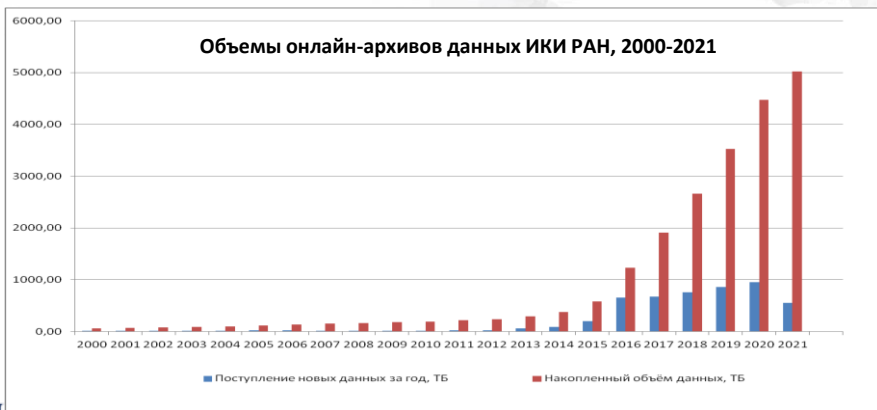
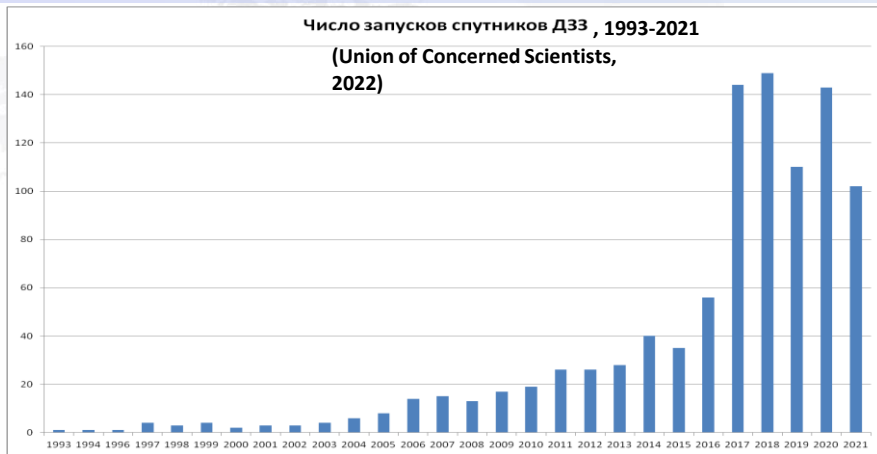
Система спутникового мониторинга сельскохозяйственных регионов России (<http://www.agrocosmos.gvc.ru>)



A world map in a light, semi-transparent style, showing continents and oceans. The map is centered on the Atlantic Ocean. A horizontal blue band is overlaid across the middle of the map, containing the title text.

Что поменялось за прошедшие 20 лет

Рост числа аппаратов ДЗЗ и экспоненциальный рост получаемых ими объемов данных



Объемы архивов ДЗЗ миссий ESA 1986-2020
(Mirko Albani, 2012)



«ТРАДИЦИОННАЯ» схема работы с данными ДЗЗ

СИСТЕМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДАННЫХ



ЗАКАЗ И ЗАГРУЗКА ДАННЫХ ДЗЗ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ



СОЗДАНИЕ И ВЕДЕНИЕ АРХИВОВ ДАННЫХ НА РЕСУРСАХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

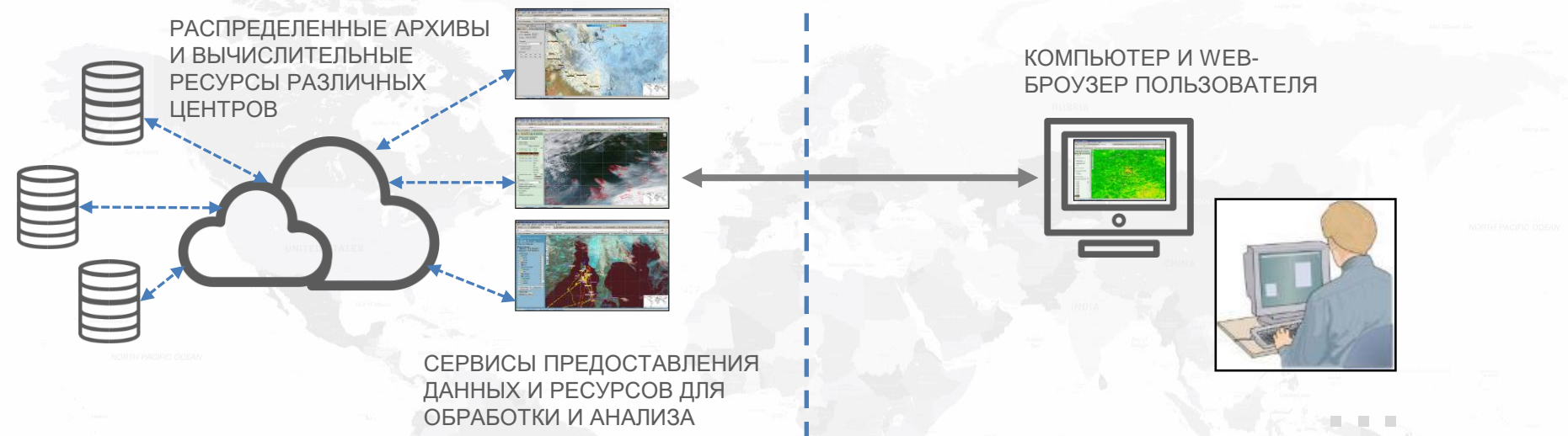


РАБОТА С ДАННЫМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАСТОЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ (ERDAS, ENVI, QGIS, ArcGIS и др.)

ОСНОВНЫЕ НЕДОСТАТКИ:


- Необходимость в развертывании дорогостоящей инфраструктуры для хранения и обработки данных
- Затраты на разработку и приобретение специального программного обеспечения
- Необходимость освоения сложных разнородных программ

«СОВРЕМЕННАЯ» схема работы с данными ДЗЗ



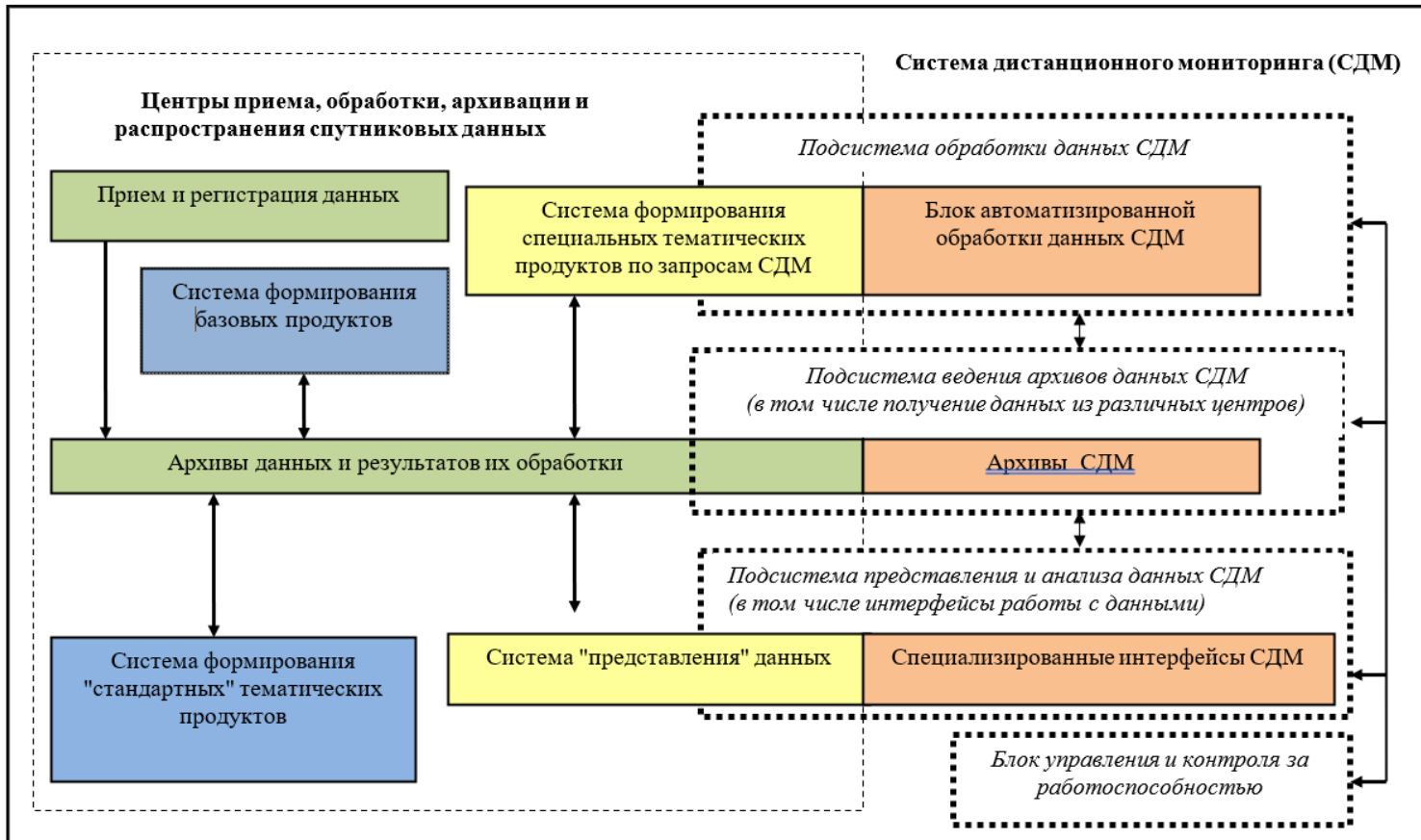
ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА:

- Коллективное использование централизованных информационных и вычислительных ресурсов хранения, обработки и анализа данных
- Минимальные требования к вычислительным ресурсам пользователей
- Возможность работы из любой точки (при наличии Интернета)

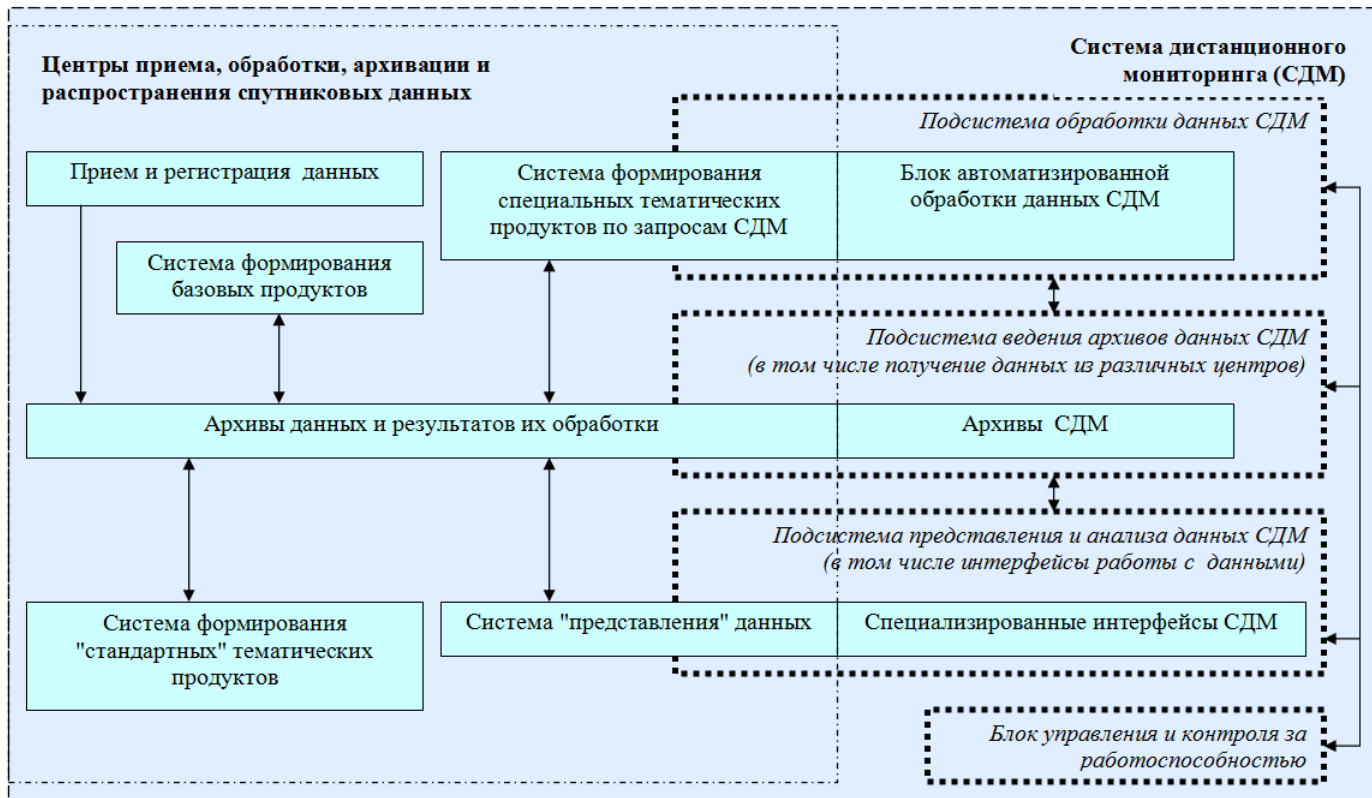


Как эволюционировали схемы построения информационных систем дистанционного мониторинга

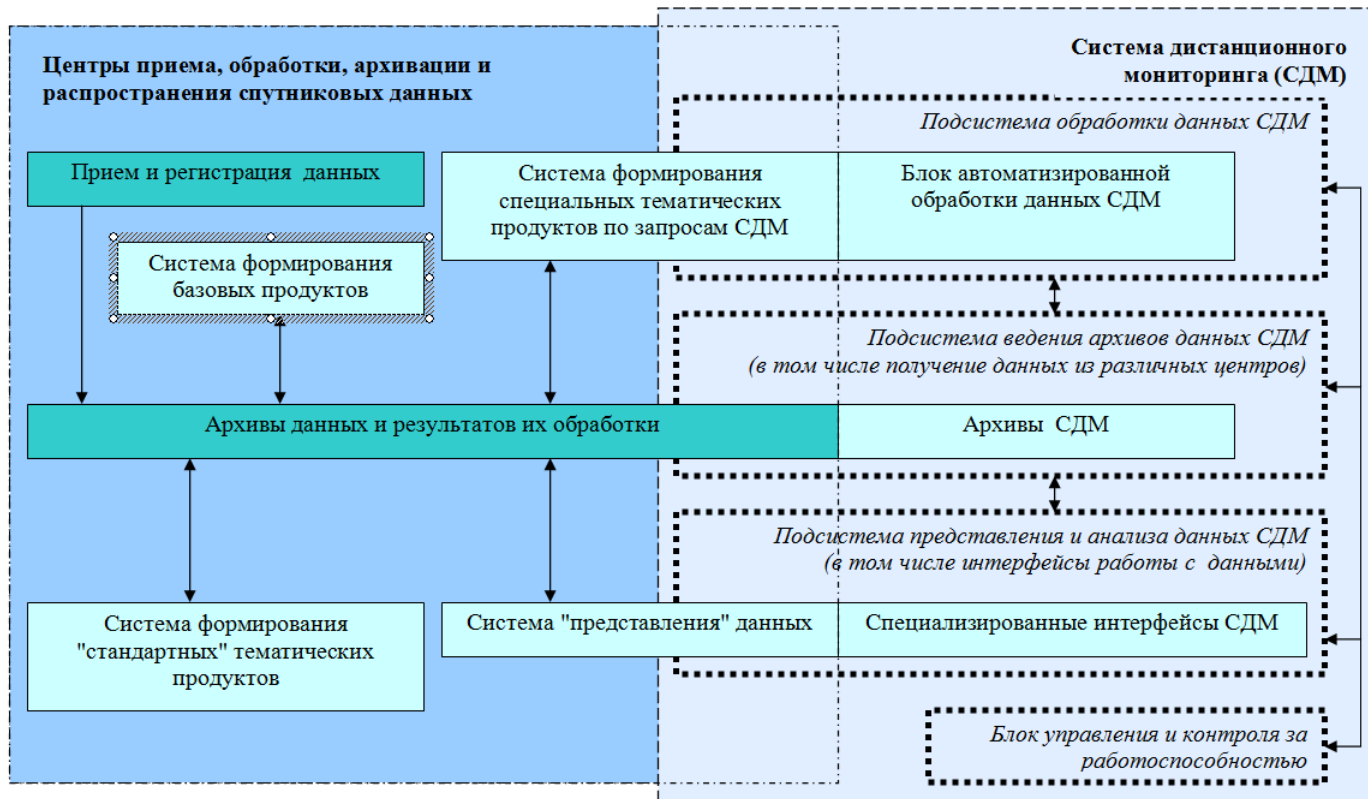
Типовая структура организации работы со спутниковыми данными в типичной ИСДМ



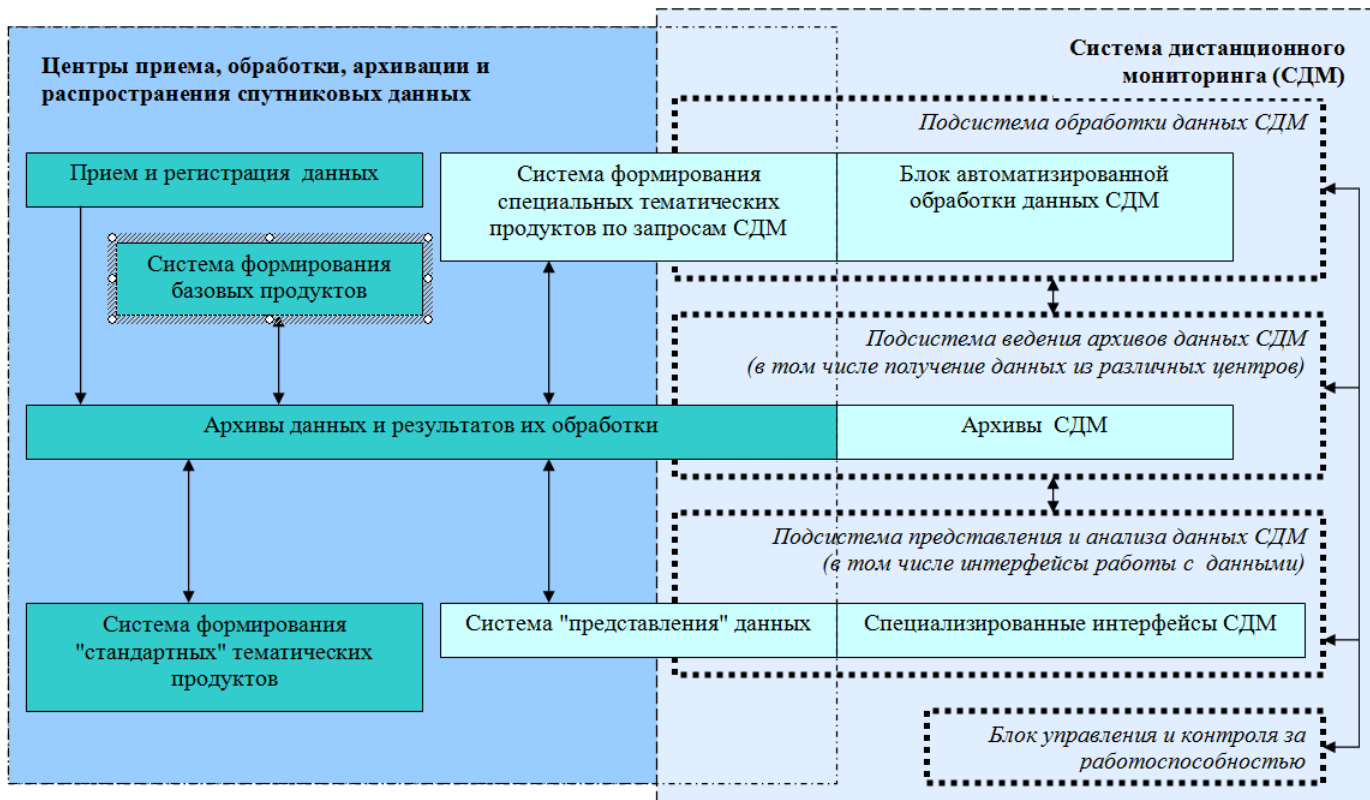
Схемы построения современных систем дистанционного мониторинга Стадия 1



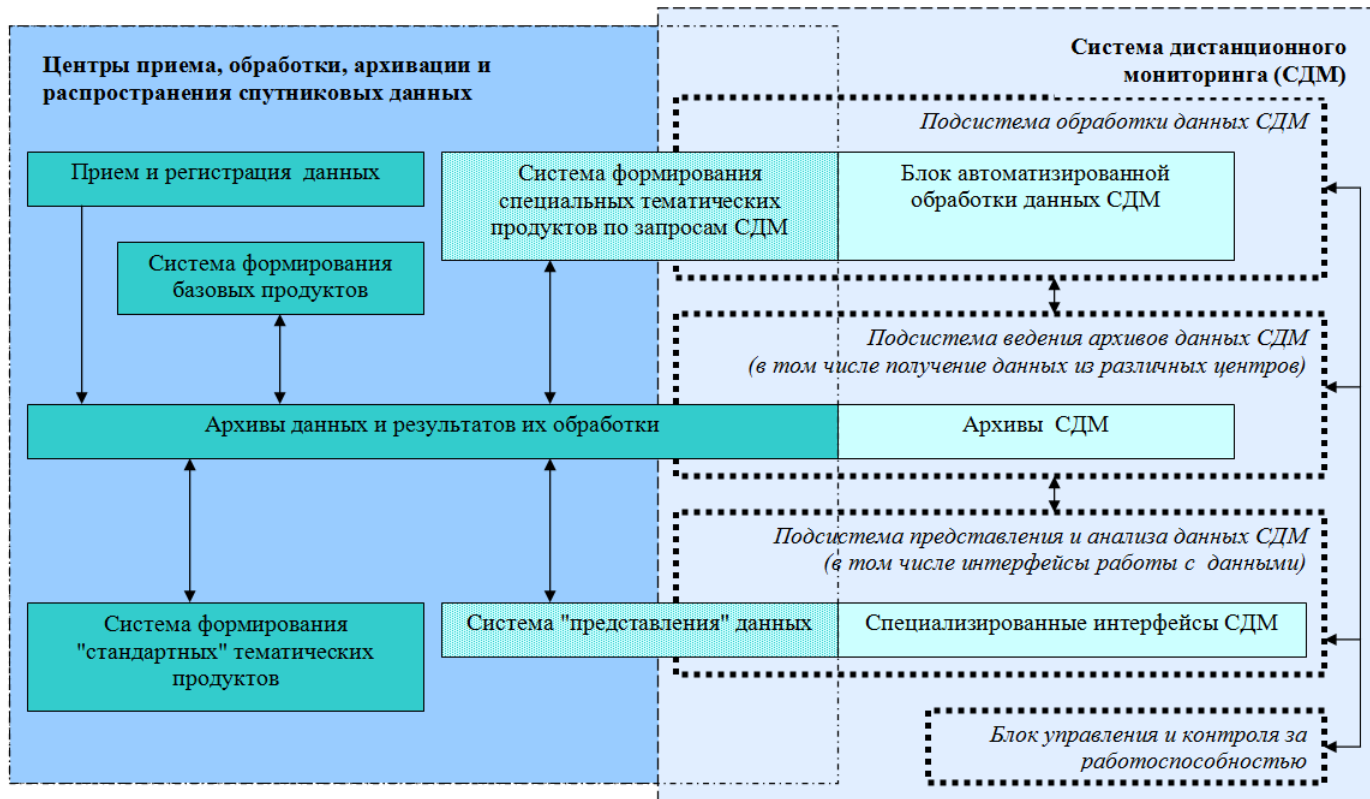
Схемы построения современных систем дистанционного мониторинга Стадия 2



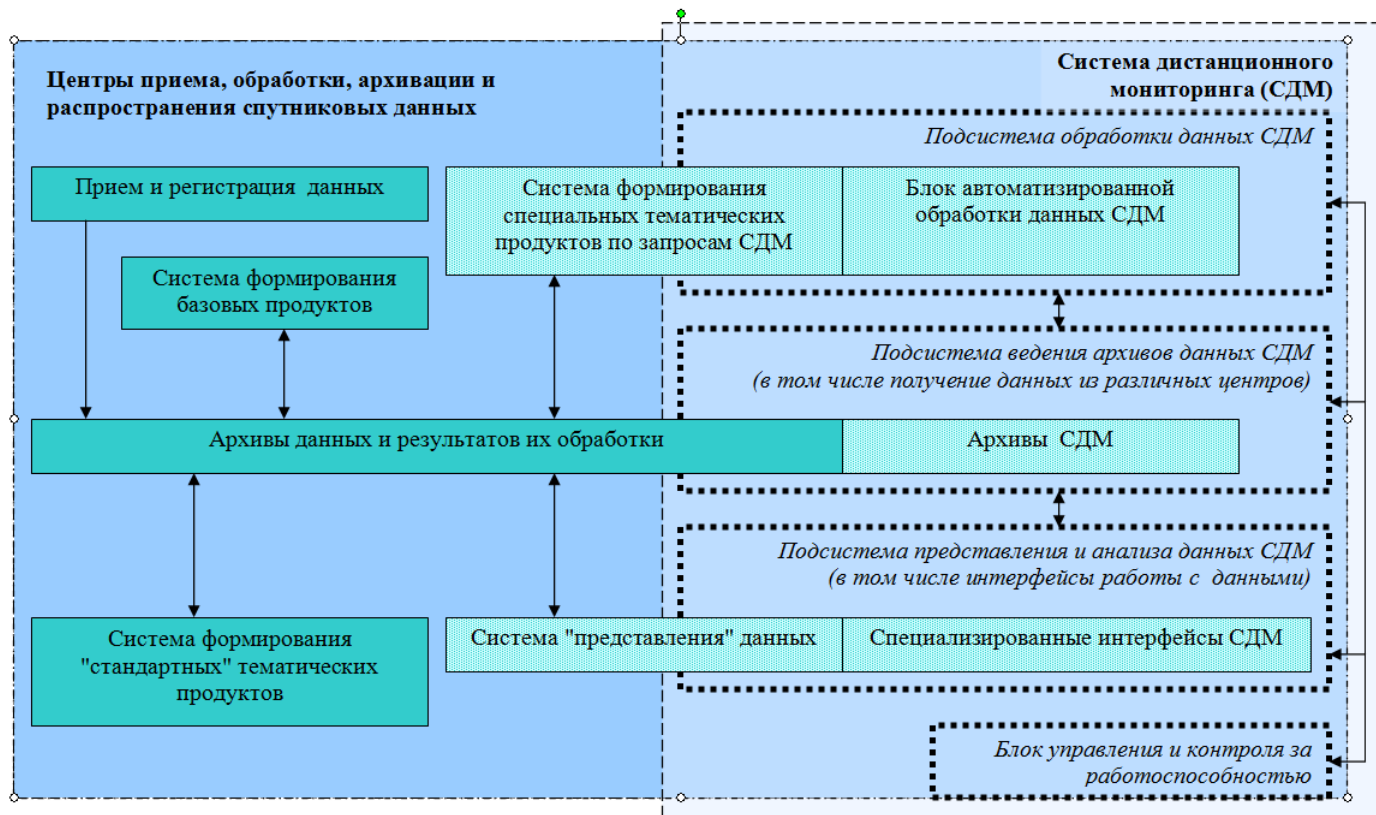
Схемы построения современных систем дистанционного мониторинга Стадия 3



Схемы построения современных систем дистанционного мониторинга Стадия 4



Схемы построения современных систем дистанционного мониторинга Стадия 5



Примеры использования ИСДМ внешних вычислительных и информационных ресурсов (переход на стадию 5 по состоянию на 2017 год)

Название системы (адрес) □	Основная задача системы □	Степень используемости внешних вычислительных и информационных ресурсов при построении системы □			
		Системы приема □	Комплексы архивации □	Комплексы обработки □	Комплексы представления данных □
Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (сервис ИСДМ Рослесхоз) □	Дистанционный мониторинг лесных пожаров и их последствий на территории России □	90 (100) □	50 (80) □	25 (90) □	15 (50) □
Системы комплексного мониторинга лесов Приморского края (сервис "Вега-Приморье") □	Комплексный мониторинг лесов Приморского края □	100 (100) □	80 (80) □	100 (100) □	50 (70) □
Информационная система See the Sea (сервис STS) □	Дистанционный мониторинг пограничных морей России в интересах различных научных проектов, ориентированных на исследование Мирового океана □	100 (100) □	100 (100) □	100 (100) □	100 (100) □
Информационная система VolSatView (сервис VSV) □	Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил □	100 (100) □	80 (80) □	100 □	80 (80) □
Информационная система BEGA-Science (сервис BEGA-Science) □	Дистанционный мониторинг растительности (в первую очередь сельскохозяйственной) □	100 (100) □	40 (60) □	0 (50) □	15 (50) □

Примеры работы ИСДМ по схеме стадии 5 (по состоянию на 2022 год)



ОСМ Росрыболовства

Система мониторинга водных биологических ресурсов (2000)



ИСДМ-Рослесхоз

Дистанционный мониторинг лесных пожаров и их последствий (2005)



ИС Vega-Pro

Система дистанционного мониторинга сельскохозяйственной и лесной растительности (2011)



ИС НИЦ «Планета» Росгидромета

Система работы с данными дистанционного гидрометеорологического мониторинга (2012)



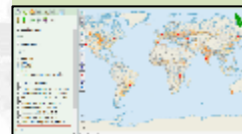
ИС VolSatView

Система мониторинга вулканической активности на Камчатке и Курилах (2012)



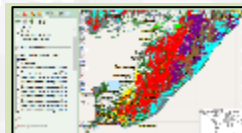
ИС Sea The See

Система дистанционного изучения пограничных морей России (2012)



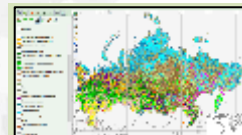
ИС Vega-Geoglam

ИС развития глобальной системы мониторинга сельского хозяйства (2014)



ИС Vega-Приморье

Система комплексного дистанционного мониторинга лесов Приморья (2015)



ИС Vega-Лес

Система комплексного дистанционного мониторинга лесов России (2019)



ИС ТКД СХМП

Система контроля данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 года (2020)

Возможности непрерывного развития ИСДМ

Пример эволюции ИСДМ-Рослесхоз

Основные изменения ИСДМ-Рослесхоз

2004 Созданы пять основных узлов ИСДМ-Рослесхоз

2005 Создана система автоматического построения различных отчетных форм

2005 Интеграция данных системы грозопеленгации

2006 Созданы узлы ИСДМ-Рослесхоз в Красноярске и Ханты-Мансийске

2007 Создан узел ИСДМ-Рослесхоз в Самаре

2008 Создан динамический картографический Web-интерфейс

Основные изменения ИСДМ-Рослесхоз

- 2009** *Начало ежедневной интеграции данных системы Ясень*
- 2009** *Начат расчет повреждений лесов*
- 2010** *Начато создание единых слоев квартальной сети и лесфонда (создание специализированной БД) (завершено в 2014 году)*
- 2010** *Создан блок уточнения контуров гарей по результатам облетов/обходов/ и обводки по спутниковым данным высокого разрешения.*
- 2011** *Создан блок моделирования развития пожара*
- 2012** *Создан блок расчета статистических данных о пожарах*

Основные изменения ИСДМ-Рослесхоз

2013 Создана система отчетности на базе технологии BI

2014 Начат перевод центрального узла ИСДМ-Рослесхоз в «облако» ФБУ «Авиалесоохрана»

2014 Создан блок автоматизированного массового уточнения пройденных огнем площадей на основе данных высокого разрешения

2015 Внедрен новый дизайн web-серверов ИСДМ-Рослесхоз

2015 Интегрированы горячие точки по Himawari, Landsat, Метеор

2016 Переход на сервисную модель работы

Основные изменения ИСДМ-Рослесхоз

Информационные узлы ИСДМ-Рослесхоз

ИУ	АЛО г. Пушкино		ИКИ РАН г. Москва	ЕЦ «НИЦ «Планета»	СЦ «НИЦ «Планета»	ДЦ «НИЦ «Планета»	Институт леса СО РАН, СФУ г. Красноярск	ЮНИИ ИТ г. Ханты- Мансийск	«Самара- Информспутник» г. Самара
2006									
2007									
2008									
2009									
2010									
2011									
2012									
2013									
2014									
2015									
2016	ЦИУ	РИУ	КИУ						
2017	ЦИУ	КРИУ	КИУ						
2018	ЦИУ	КРИУ	КИУ						
2019	ЦИУ	КРИУ	КИУ						
2020	ЦИУ	КРИУ	КИУ						

Основные изменения ИСДМ-Рослесхоз

2016 Новая платформа системы уточнения гарей

2017 Переход на новую систему аннотирования пожаров с учетом зон контроля

2017 Данные VIIRS (спутник NPP) включены в систему учета пожаров

2018 Ввод в эксплуатацию блока открытых данных АЛО

2019 Данные VIIRS (спутник NOAA 20) включены в систему учета пожаров

2020 Завершено размещение резервного узла ИСДМ-Рослесхоз в «облаке» ФБУ «Авиалесоохрана»

2021 В системе начали использоваться данные Арктика М

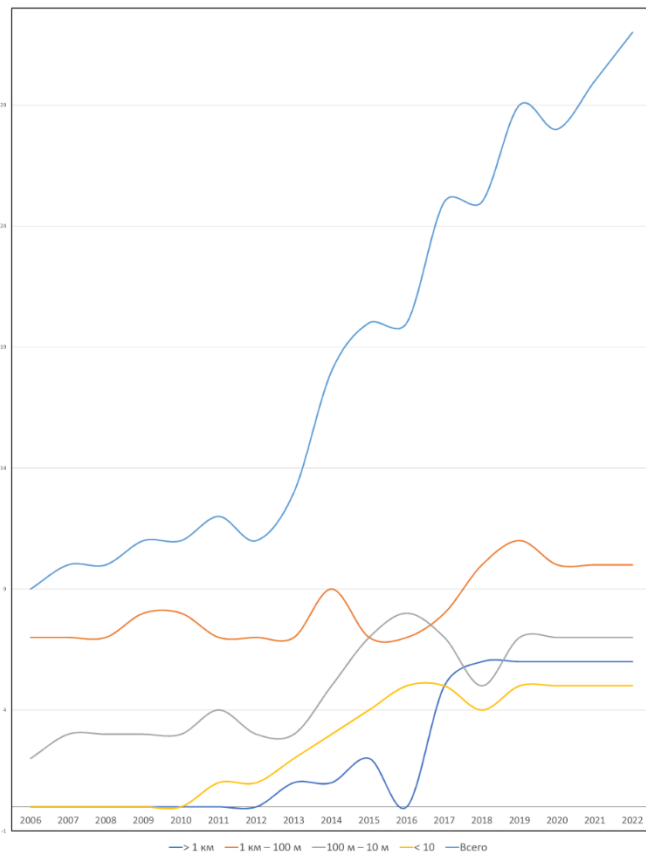
2022 В системе начали использоваться данные FY-5

Основные изменения ИСДМ-Рослесхоз

Используемые спутниковые данные

Разрешение	Прибор	Спутник	Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022				
> 1 км	TROPOMI	Sentinel 5P																						
	OMI	AURA																						
	MCY-FC	ELECTRO-L-1,2,3												1		1,2	1,2	2,3	2,3	2,3	2,3			
		Арктика																						
	SEVIRI/MVIRI	METEOSAT 7,8,10										7	7	7		8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10			
1 км – 100 м	AVHRR	Himawari-8																						
		NOAA 15																						
		NOAA 16																						
		NOAA 17																						
		NOAA 18																						
	Modis	Terra																						
		Aqua																						
	VGT	SPOT																						
		«Метеор-М», №1																						
	MCY-MP	«Метеор-М», №2																						
		«Метеор-М», №2-2																						
	VIIRS	SNPP																						
		NOAA20																						
	SLSTR	OLCI	Sentinel 3a																					
			Sentinel 3b																					
MERSI		FY3D, FY3E																						
100 м – 10 м	TM	Landsat 4, 5																						
	ETM+	Landsat 7																						
	OLI-TIRS, OLI	Landsat 8																						
	OLI	Landsat 9																						
	HRVIR	SPOT																						
	KMCC	«Метеор-М», №1																						
		«Метеор-М», №2																						
		«Метеор-М», №2-2																						
	MSI	Sentinel 2a																						
		Sentinel 2b																						
КШМСА-ВР, СР	ГСА	«Ресурс-П» № 1,2,3																						
		«Ресурс-П» № 1,2,3																						
< 10 м	MCC, ПСС	«Канопус-В» №1																						
		«Канопус-В-ИИ»																						
		«Канопус-В» № 3.4																						
	Геотон-П	«Ресурс-П» № 1,2,3																						
Итого в году				9	10	10	11	11	11	11	14	18	20	25	25	29	28	30	32					

Общее количество используемых космических аппаратов



За время эксплуатации число систем наблюдения увеличилось почти в 3 раза
(оперативные данные, данные, получаемые под заказ)

Как развивались технологии и базовое программное обеспечение для создания и поддержки ИСДМ (на примере разработок ИКИ РАН)

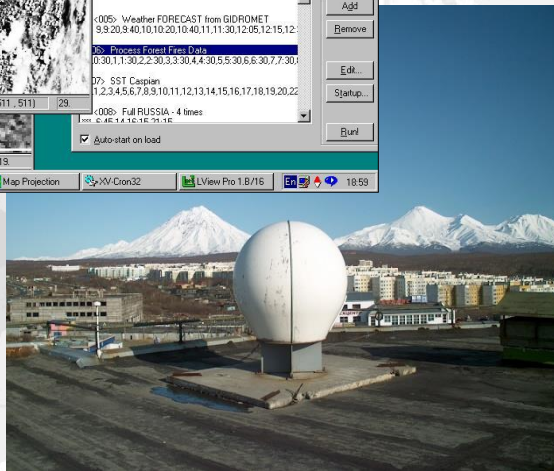
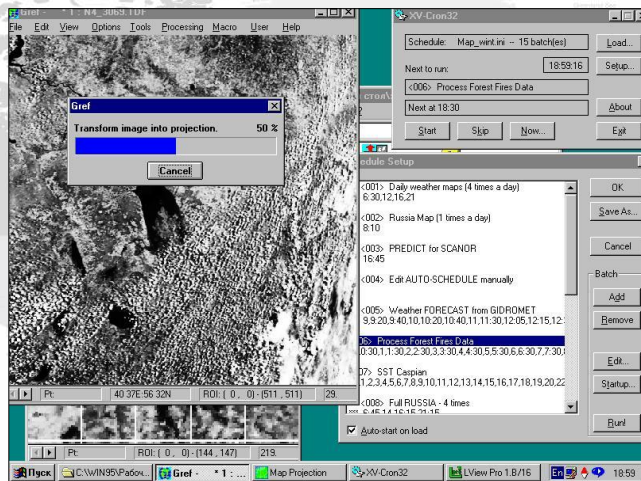
***Технологии построения ИСДМ
(что было 20 лет назад)
на примере разработок ИКИ РАН***

Базовые элементы для разработки систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных.

- **Система сбора спутниковых данных (прием и получение из специализированных центров)**
- **Система хранения спутниковых данных**
- **Система обработки спутниковых данных**
- **Система представления спутниковых данных и интеграция их с другими информационными продуктами**
- **Технология дистанционного контроля и управления работой системы сбора, обработки и представления спутниковых данных**

Работы по созданию таких элементов проводятся в ИКИ, начиная с 1990 года.

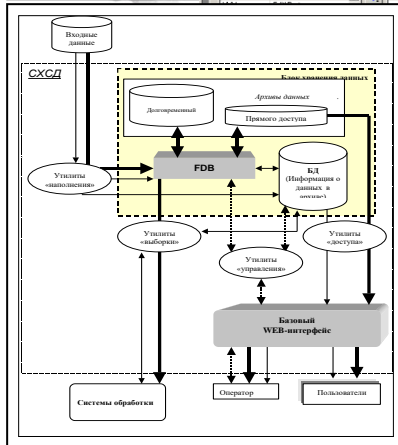
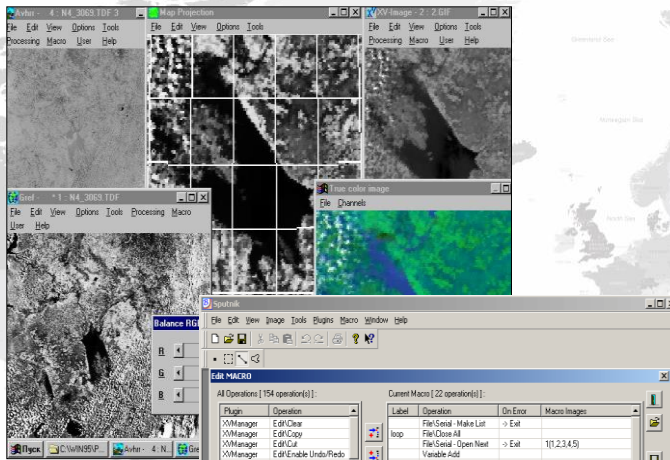
Автоматизированная система сбора спутниковых данных



Позволяет полностью автоматизировать процессы приема данных или получения их из специализированных центров и архивов.

Включает в себя набор утилит и программ, позволяющих организовать работу с данными, получаемыми от различных систем приема и архивов спутниковых данных.

Автоматизированная система обработки спутниковых данных



Позволяет реализовывать полностью автоматизированные процедуры обработки данных.

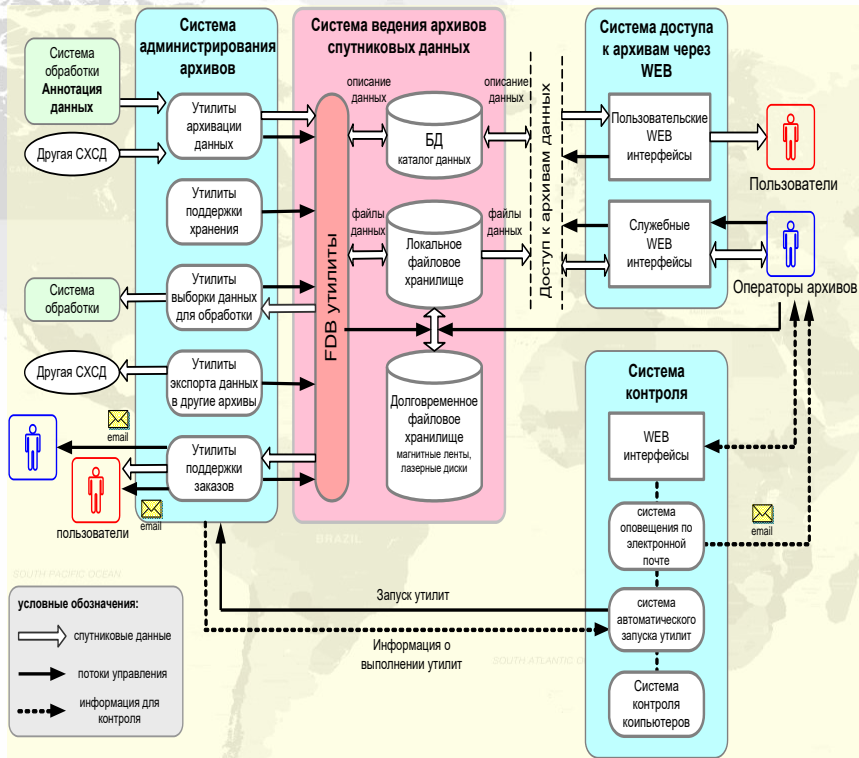
Легко перестраивается для работы с различными типами данных.

Может интегрироваться с различными внешними утилитами и программами.

Легко расширяется для работы с дополнительными компьютерными мощностями.

Позволяет реализовать удаленный контроль за своей работой.

Автоматизированная система хранения спутниковых данных

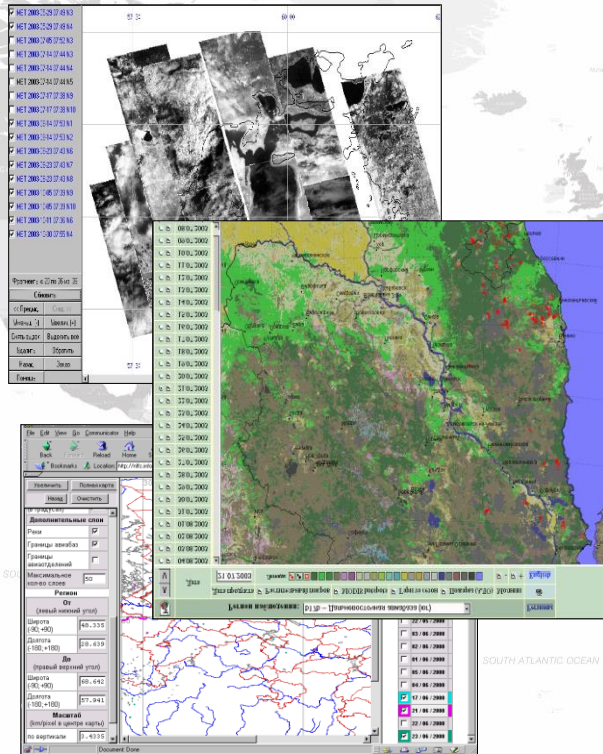


Позволяет полностью автоматизировать архивацию спутниковых данных и результатов их обработки.

Обеспечивает автоматическую выборку и подготовку данных для системы обработки.

Позволяет поддерживать систему распределенного хранения данных.

Система представления спутниковых данных и интеграция их с другими информационными продуктами



Позволяет организовать автоматизированную рассылку данных.

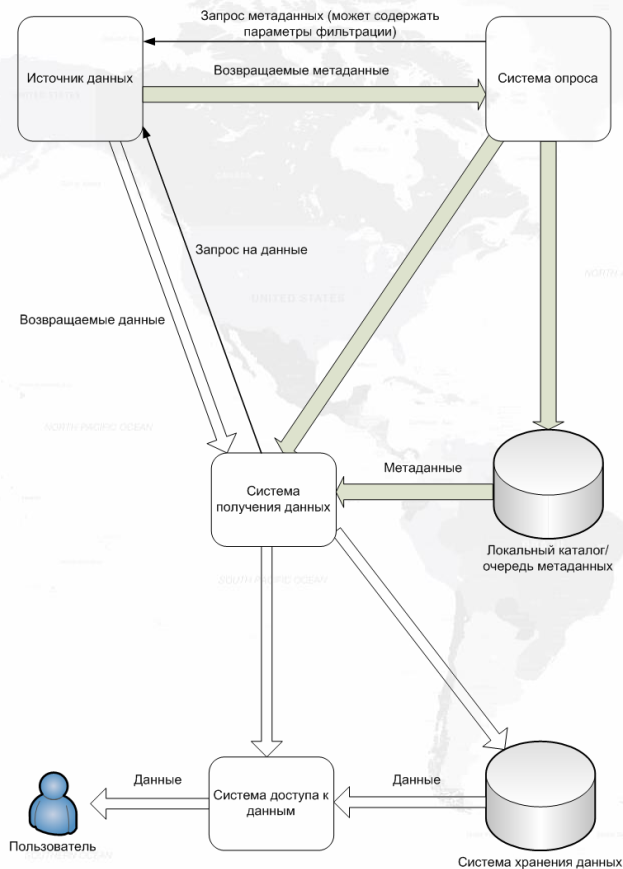
Обеспечивает автоматическую интеграцию данных в ГИС.

Имеет широкий набор WEB-интерфейсов для работы с данными.

Предоставляет набор утилит для импорта данных в различные форматы

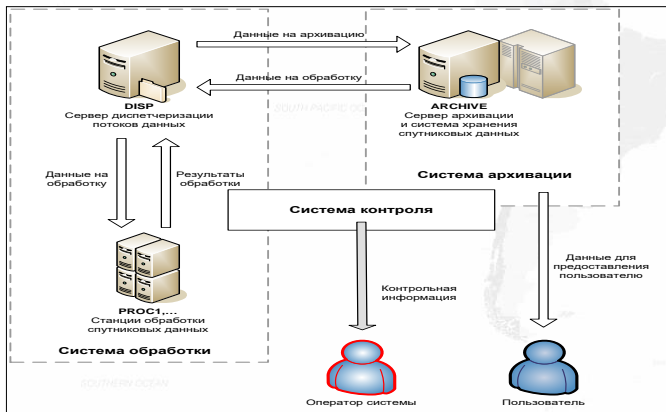
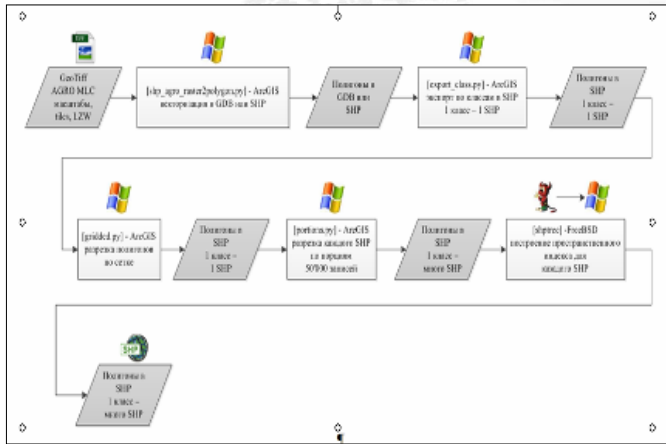
***Технологии построения ИСДМ
(что имеется сегодня)
на примере разработок ИКИ РАН***

Технология сбора и интеграции разнородных данных



- Автоматизация станций и центров приема спутниковых данных, обеспечивающих работу, сбор и усвоение данных из различных источников в собственные архивы ИСДМ;
- Интеграция данных распределённых узлов ИСДМ;
- Интеграция данных из внешних источников посредством API;

Технология автоматизированной потоковой обработки данных



Максимальная автоматизация процессов обработки данных и построение цепочек обработки информации

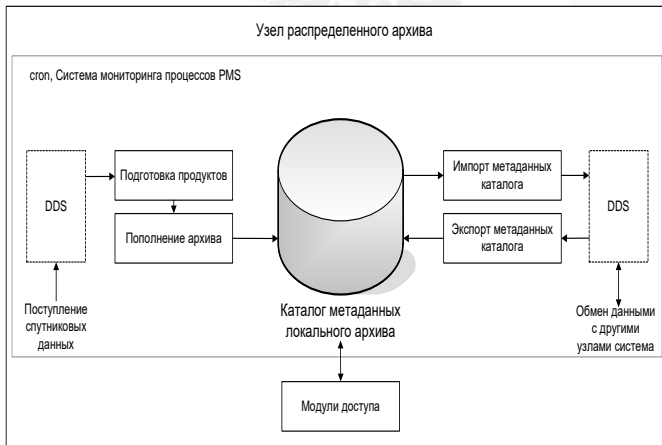
Возможность построения различных оперативных информационных продуктов

Возможность построения продуктов на основе разновременных наблюдений

Возможность распределенной обработки данных

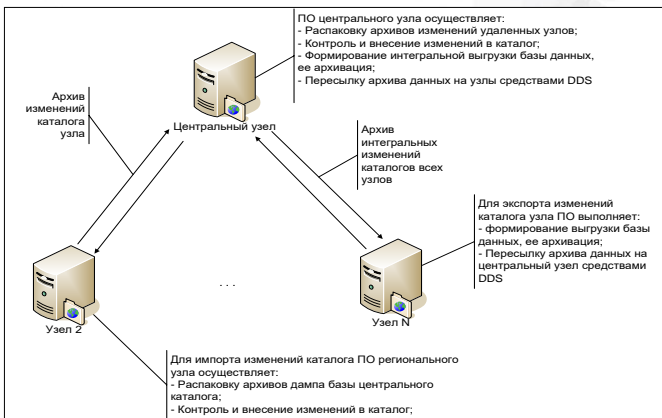
Возможность удаленного управления и автоматизированного контроля работоспособности блоков обработки данных

Технология автоматизированного ведения сверхбольших распределенных архивов данных (UNISAT)



Ведение архивов исходных и первично обработанных данных (строятся, исходя из требований блоков обработки)

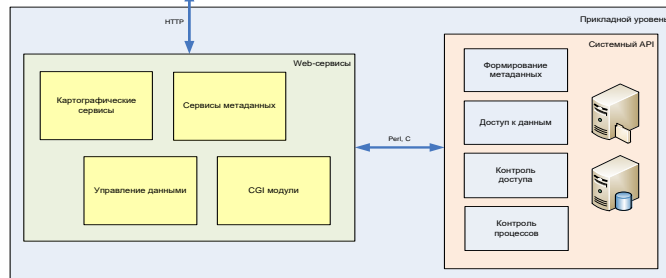
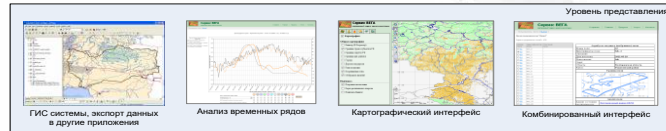
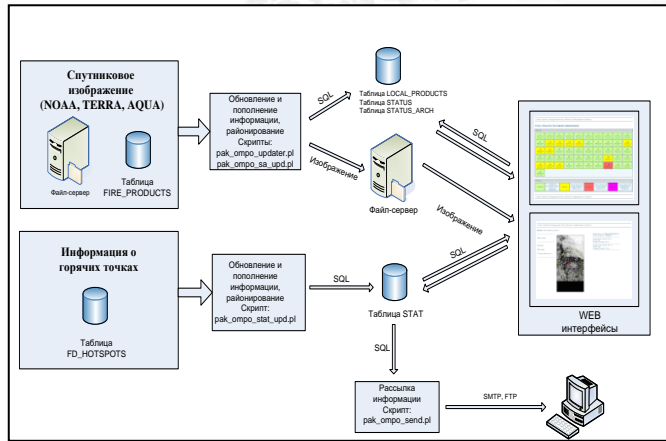
Ведение архивов результатов тематической обработки спутниковых данных (строятся, исходя из требований блоков представления данных)



Возможность поддержки сверхбольших распределенных архивов данных

Возможность динамического формирования продуктов в момент запроса (технология поддержки виртуальных продуктов)

Технология построения интерфейсов для распределенной работы с данными (GEOSMIS)



Построение динамических картографических Web –интерфейсов

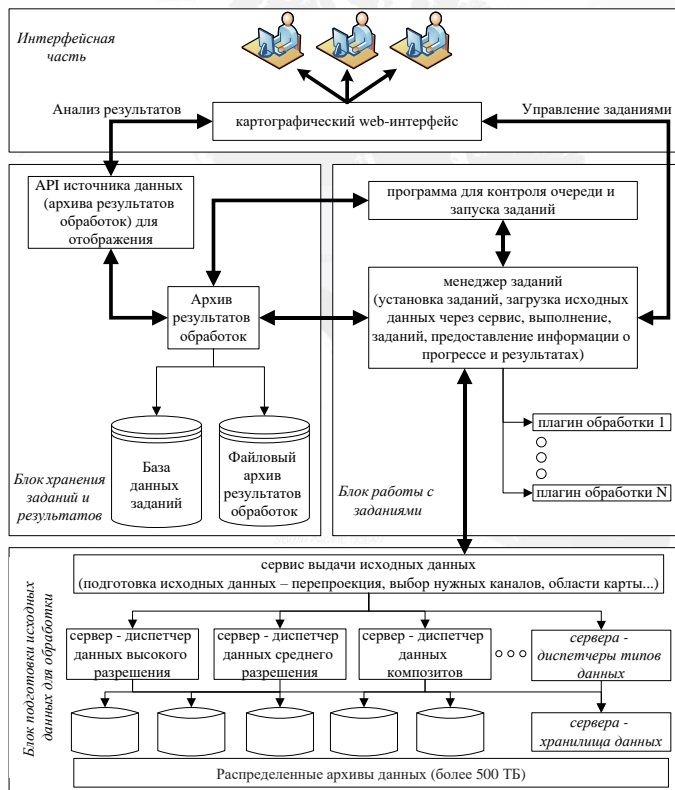
Поддержка инструментов для распределенной обработки и анализа данных

Работа с динамически формируемыми продуктами

Возможность онлайн интеграции различных информационных ресурсов и систем мониторинга

Возможность конфигурации интерфейсов под задачи отдельных пользователей

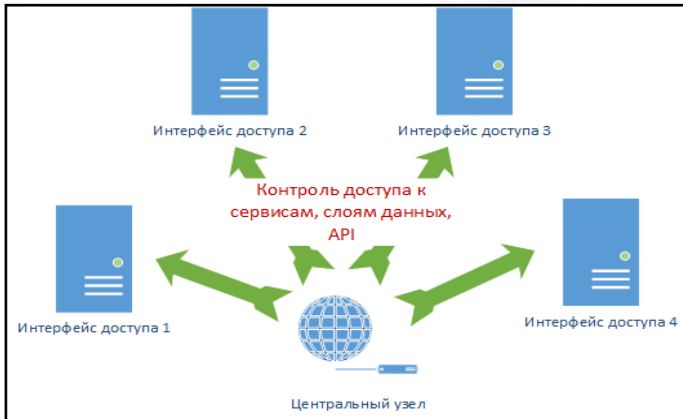
Технология для создания инструментов удаленной обработки данных с использованием распределенных ресурсов



Позволяет однотипно:

- Создавать блоки управления подбором данных для обработки
- Реализовывать блоки управления различными типами обработки данных (ведение очереди заданий, запуск и контроль исполнения заданий)
- Организовывать хранение заданий и результатов обработки данных (ведение специализированных БД)
- Создавать блоки контроля управления заданиями
- Создавать блоки представления и анализа результатов обработки

Технология контроля и управления работой программно-аппаратного комплекса



- *Контроль и управление процессами на UNIX-серверах;*
- *Контроль и управление процессами обработки спутниковых данных на кластере Windows-серверов;*
- *Автоматическое детектирование различных типов неполадок в работе комплекса;*
- *Оповещение о неполадках специалистов и сопровождение процесса их устранения;*
- *Документирование компонент комплекса;*
- *Инструменты для анализа работы подсистем комплекса;*

Что сегодня уже имеется

- *Инфраструктура для создания ИСДМ (ЕТРИС ДЗЗ, в том числе центры НИЦ «Планета», ЦКП «ИКИ-Мониторинг», различные центры обработки данных*
- *Технологии для создания и поддержки ИСДМ*
- *Значительное число уже действующих ИСДМ в различных областях деятельности и с различным территориальным охватом*

Что может быть создано (о чем можно помечтать)

- *Среда для разработки и поддержки ИСДМ (не только техническая инфраструктура, но и информационная и программная среда, позволяющая быстро создавать новые ИСДМ)*
- *Среда, обеспечивающая эффективное взаимодействие различных ИСДМ, которая максимально облегчит не только обмен информацией, но и использование различных информационных сервисов*



ИНСТИТУТ
КОСМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
РАН

Спасибо за внимание !

Контактная информация:

Лупян Евгений Аркадьевич
e-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru
тел. +7 916 124 71 49

Отдел «Технологий
спутникового
Мониторинга»

