

Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»



Акционерное общество «Военно-промышленная корпорация
«Научно-производственное объединение машиностроения»



**РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
ДАНЫМИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ,
ПОЛУЧАЕМЫМИ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ «КОНДОР-ФКА»**

Версия 1

Листов 112

Аннотация

Настоящий документ разработан с целью обеспечения потребителей информацией, необходимой для применения радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли, получаемых с космической системы радиолокационного наблюдения «Кондор-ФКА».

Космическая система «Кондор-ФКА» предназначена для получения радиолокационной информации высокого и среднего разрешения в целях решения задач социально-экономического развития Российской Федерации и обеспечивает круглосуточное всепогодное зондирование земной поверхности.

Руководство пользователя состоит из пяти глав и содержит описание назначения, состава космической системы, порядок работы наземного комплекса приема, обработки, хранения и распространения информации, состава информационных продуктов, получаемых КС «Кондор-ФКА», порядок их предоставления, описание применения получаемых продуктов.

Документ разработан в соответствии с национальным стандартом Российской Федерации для руководства пользователя ГОСТ Р 59085-2020 [8].

Настоящий документ предназначен для потребителей радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли в целях решения задач социально-экономического развития Российской Федерации, в том числе для задач министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Содержание

Сокращения.....	5
Список рисунков.....	8
Список таблиц.....	9
1 Введение.....	10
2 Космическая система ДЗЗ.....	12
2.1 Описание КС «Кондор-ФКА».....	12
2.1.1 Назначение КС «Кондор-ФКА».....	12
2.1.2 Состав КС «Кондор-ФКА».....	13
2.1.3 Основные технические характеристики КС «Кондор-ФКА».....	15
2.1.4 Функционирование КС «Кондор-ФКА».....	17
2.1.5 Взаимодействие между КС «Кондор-ФКА» и системой ЕТРИС ДЗЗ.....	22
2.1.6 Структурное построение орбитальной группировки КС «Кондор- ФКА».....	26
2.2 Описание КА РЛН.....	33
2.2.1 Конструктивно-компоновочная схема КА РЛН.....	33
2.3 Описание целевой аппаратуры КА РЛН.....	35
2.3.1 Режимы работы РСА.....	35
2.3.2 Технические характеристики РСА.....	36
2.3.3 Функционирование узлов РСА.....	40
2.3.4 Принцип формирования изображений.....	43
3 Продукты ДЗЗ, получаемые по данным КА РЛН.....	44
3.1 Перечень наименований продуктов ДЗЗ.....	44
3.2 Описание технологических процессов формирования продуктов ДЗЗ.....	45
3.2.1 Уровни обработки данных ДЗЗ.....	45
3.2.2 Виды коррекции.....	52
3.2.3 Геометрическая калибровка данных.....	57
3.2.4 Радиометрическая калибровка данных.....	59

3.2.5	Системы координат.....	59
3.2.6	Точность характеристик продуктов ДЗЗ.....	64
3.3	Состав продуктов ДЗЗ.....	67
3.4	Правила формирования наименования файлов продуктов ДЗЗ.....	85
3.4.1	Наименование продуктов ДЗЗ уровня 0-2.....	86
3.4.2	Наименование продуктов ДЗЗ уровня 3.....	89
3.4.3	Описание паспорта продуктов ДЗЗ.....	90
4	Порядок предоставления продуктов ДЗЗ.....	98
4.1	Порядок подачи заявки на получение продуктов ДЗЗ.....	98
4.2	Планирование космической съемки, выполняемой целевой аппаратурой КА РЛН.....	99
4.3	Выполнение космической съёмки и последующей передачи данных ДЗЗ с КА РЛН на наземные станции приема данных.....	100
4.4	Предоставление продуктов ДЗЗ.....	100
5	Применение получаемых данных ДЗЗ.....	101
5.1	Примеры РЛИ в различных режимах.....	101
5.2	Примеры использования данных ДЗЗ, получаемых с КА РЛН для решения тематических задач.....	104
	Алфавитный указатель.....	110
	Список используемых источников.....	112

Сокращения

GPS	– система глобального позиционирования
АПСН	– аппаратура потребителя спутниковой навигации
БА	– бортовая аппаратура
БВС	– бортовая вычислительная система
БКА	– блок космического аппарата
БКУ	– бортовой комплекс управления
БССПД	– бортовая система сбора и передачи данных
БХ	– баллистические характеристики
БЦ	– баллистический центр
БЦВМ	– бортовая цифровая вычислительная машина
БШВ	– бортовая шкала времени
ВВКО	– войска воздушно-космической обороны
ВИ	– воспроизведения информации (режим)
ВП	– военная приемка
ВПК	– военно-промышленная корпорация
ГЛОНАСС	– глобальная навигационная спутниковая система
ГОГУ	– главная оперативная группа управления
ДЖР	– дежурный журнал работ
ДЗЗ	– дистанционное зондирование Земли
ДНР	– детальный непрерывный режим
ДПР	– детальный прожекторный режим
ДУ	– двигательная установка
ЗИ	– зачетные испытания
ИОК	– информация оперативного контроля
ИТНП	– информация текущих навигационных параметров
КА	– космический аппарат
КГЧ	– космическая головная часть
КД	– конструкторская документация
КИ	– комплексные испытания
КИП	– контрольно-измерительный пункт
КИС	– командно-измерительная система
КК	– космический комплекс
КОС	– комплекс оптических средств
КПЭО	– комплексная программа экспериментальной отработки
КС	– космическая система
КТ	– космическая техника
ЛИ	– летные испытания
ЛИКА	– летные испытания космического аппарата
ЛК	– локальный контроллер
ЛКИ	– летно-конструкторские испытания
ЛРМ	– линейное разрешение на местности
МО	– министерство обороны
МПРС	– малогабаритная приемно-регистрационная станция

МЧС	– министерство чрезвычайных ситуаций
НАКУ	– наземный автоматизированный комплекс управления
НБО	– навигационно-баллистическое обеспечение
НКПОР-КР	– наземный комплекс приема, обработки, хранения и распространения информации минимального состава КС «Кондор-ФКА»
НКПОР-О	– наземный комплекс приема, обработки, хранения и распространения оптической информации
НКУ	– наземный комплекс управления
НП	– непосредственная передача
НС	– наземная станция
НСЭН	– научное и социально-экономическое назначение
НЦ ОМЗ	– научный центр оперативного мониторинга Земли
ОР	– обзорный режим
ОТГ	– оперативно-техническая группа
ОТР	– оперативно-техническое руководство
ПГС	– пневмогидро- система
ПДЦМ	– параметры движения центра масс
ПЛИ	– программа летных испытаний
ПМ	– программа - методика
ПМО	– программно – математическое обеспечение
ПО	– программное обеспечение
ПОЭБ	– программа обеспечения экологической безопасности
ПСИ	– приемо-сдаточные испытания
РБ	– разгонный блок
РКК	– ракетно-космический комплекс
РКН	– ракета космического назначения
РЛ	– радиолокационные
РЛИ	– радиолокационная информация
РЛН	– радиолокационные наблюдения
РЛС	– радиолокационная станция
РН	– ракета-носитель
РСА	– радиолокатор синтезированной апертуры
РЭС	– радиоэлектронные средства
СК	– стартовый комплекс
СОС	– система ориентации и стабилизации
СОТР	– система обеспечения тепловых режимов
СПИ	– система передачи информации
ССПД	– система связи и передачи данных
СТМИ	– система телеметрических измерений
СУД	– система управления движением
СФК	– сверка, фазирование и коррекция
СЧ	– составная часть
СЭП	– система электропитания
ТЗ	– техническое задание
ТК	– технический комплекс

ТМ	– телеметрический
ТМИ	– телеметрическая информация
ТТЗ	– тактико-техническое задание
ТУ	– технические условия
УАП	– устройство антенно-поворотное
УЭПР	– удельная эффективная поверхность рассеяния
ЦБК	– центральный бортовой компьютер
ЦУП	– центр управления полетом
ЭД	– эксплуатационная документация

Список рисунков

2.1	Структурно-функциональная схема КС «Кондор-ФКА».....	18
2.2	Технологическая схема функционирования НКПОР-КР совместно со средствами Оператора КС ДЗЗ и ЦУП.....	25
2.3	Схема орбитальной группировки КС «Кондор-ФКА».....	27
2.4	Схема относительной расстановки двух КА КС «Кондор-ФКА».....	28
2.5	Максимальное время перерыва в наблюдении объекта.....	29
2.6	Средняя периодичность наблюдения КС «Кондор-ФКА».....	29
2.7	Схема покрытия земной поверхности КС в составе двух КА «Кондор-ФКА» за одни сутки полета.....	31
2.8	Схема покрытия земной поверхности КС в составе двух КА «Кондор-ФКА» за двое суток полета.....	32
2.9	КА «Кондор-ФКА» в рабочем состоянии.....	34
2.10	Схема визирования в ОР(сканирование луча в угломестной плоскости).....	42
2.11	Положение лучей антенны при съёмке в ОР.....	42
3.1	Уровни обработки РЛИ В КЦОИ НКПОР-КР.....	47
3.2	Схема взаимосвязи информационных продуктов КС «Кондор-ФКА».....	48
3.3	Геометрическая коррекция РЛИ.....	54
3.4	Системы координат.....	62
3.5	Система координат синтезирования.....	63
3.6	Базовая схема расстановки УО на тест-объекте КТУ РЛД.....	65
5.1	Пример радиолокационного синтезированного изображения с КА «Кондор-Э» в режиме съёмки ДПР (разрешение 1-2 м), г. Токио, Япония.....	101
5.2	Пример радиолокационного синтезированного изображения с КА «Кондор-Э» в режиме съёмки ДНР (разрешение 2-3 м), г. Лесозаводск, РФ.....	102
5.3	Пример радиолокационного синтезированного изображения с КА «Кондор-Э» в режиме съёмки ОР (разрешение 6-12 м), штат Техас, США.....	103
5.4	ИП уровня 1А.....	104
5.5	ИП уровня 2Б1.....	105
5.6	Тематическая карта по РЛИ на 25.03.2015 г.....	106
5.7	Тематическая карта по РЛИ на 03.04.2015 г.....	107
5.8	Тематическая карта по РЛИ на 08.04.2015 г.....	108
5.9	Тематическая карта заключительная.....	109

Список таблиц

1	Основные характеристики КС «Кондор-ФКА».....	15
2	Параметры рабочей орбиты КА «Кондор-ФКА».....	26
3	Режимы целевой работы.....	36
4	Основные характеристики РСА.....	36
5	Продукты КС «Кондор-ФКА».....	67
6	Структура папок и файлов ИП.....	85
7	Описание полей.....	87
8	Описание полей наименования папки ИП высокоуровневой обработки.....	89
9	Паспортные значения.....	91
10	Поля данных в корневом теге <SURVEY_ROOT>.....	92
11	Поля данных в теге <Spacecraft>.....	93
12	Поля данных в теге <Product>.....	93
13	Поля данных в теге <Position>.....	95
14	Поля данных в теге <Survey>.....	96
15	Поля данных в теге <Source>.....	97

1 Введение

В настоящем документе приводится описание космической системы «Кондор-ФКА», КА радиолокационного наблюдения, РСА аппаратуры, информационных продуктов ДЗЗ, порядок предоставления продуктов потребителю и примеры применения данных.

Космическая система «Кондор-ФКА» создаётся в рамках государственного контракта с Госкорпорацией «Роскосмос». В составе КС «Кондор-ФКА» используются космические аппараты радиолокационного наблюдения типа «Кондор-ФКА» [1].

При полной орбитальной группировке из двух КА КС обеспечивает [1]:

- проведение радиолокационных съёмок земной поверхности в полосе широт от 85° с.ш. до 85° ю.ш в детальном прожекторном (далее по тексту - ДПР), детальном непрерывном (далее по тексту - ДНР) и обзорном (далее по тексту - ОР) режимах с возможностью реализации интерферометрической съёмки в каждом из указанных режимов,

в том числе:

- кадровых радиолокационных съёмок поверхности Земли с получением изображений высокого разрешения (ДПР);
 - полосовых радиолокационных съёмок поверхности Земли с получением изображений высокого разрешения (ДНР);
 - полосовых радиолокационных съёмок поверхности Земли с широкой полосой захвата с получением изображений среднего разрешения (ОР);
 - съёмок с накоплением целевой информации в долговременном бортовом запоминающем устройстве и её последующей передачей в зоне радиовидимости пунктов приема;
 - съёмок в пределах зоны радиовидимости пункта приема информации в режиме квазинепосредственной передачи, получаемой РЛ-информации;
 - интерферометрических съёмок земной поверхности.
- среднюю периодичность наблюдения произвольного объекта поверхности Земли на широте 30° не более 12-14 часов с вероятностью 0,9 или не более 24-26 часов с вероятностью 0,9 при обеспечении однопроходной интерферометрической съёмки объектов двумя КА;

- суточную производительность:

- не менее 200 условных кадров 10 км x 10 км, выполненных в ДПР с разрешением 1-2 м или;
- не менее 200 000 км², выполненных в ДНР с разрешением 2-3 м или;
- не менее 1 000 000 км², выполненных в ОР с разрешением 6-12 м.

На выходе наземного комплекса приема и обработки потребитель получает следующие продукты [1]:

- комплексное РЛИ (ИП 1А);
- продукты одиночной амплитудной обработки:
 - геореференцированное РЛИ (ИП 1Б);
 - геокодированное РЛИ (ИП 2А);
 - ортотрансформированное РЛИ (ИП 2Б);
 - уточненное геокодированное РЛИ (ИП 2А1);
 - уточненное ортотрансформированное РЛИ (ИП 2Б1);
 - радиометрически улучшенное РЛИ (код входного продукта – ИП Р);
- продукт радарграмметрической (стерео) обработки:
 - цифровая карта рельефа местности (ИП ЦКР-Р);
- продукты интерферометрической обработки:
 - изображение интерферограммы (ИП ЦКФ-И);
 - изображение когерентности (ИП ЦКК-И);
 - цифровая карта рельефа местности (ИП ЦКР-И);
 - цифровая карта смещений (ИП ЦКС-И);
 - цифровая карта когерентного детектирования изменений (ИП ЦКИ-И);
 - цифровая карта типов поверхности (ИП ЦКТ-Р);
- продукты обработки набора изображений:
 - цифровая карта амплитудного детектирования изменений (ИП ЦКИ-Р);
 - мозаика информационных продуктов (МИП).

Примечание: Настоящее «Руководство пользователя» уточняется и дорабатывается по результатам ЛИ КС «Кондор-ФКА».

2 Космическая система ДЗЗ

2.1 Описание КС «Кондор-ФКА»

2.1.1 Назначение КС «Кондор-ФКА»

Космическая система предназначена для получения радиолокационной информации высокого и среднего разрешения в целях решения задач социально-экономического развития Российской Федерации и обеспечивает круглосуточное всепогодное зондирование земной поверхности в интересах [1]:

- прогноза, мониторинга и информационного обеспечения мероприятий по ликвидации последствий наводнений, лесных пожаров, снежных лавин, других чрезвычайных ситуаций природного характера;
- своевременного обнаружения, определения площади, конфигурации и масштабов разливов нефтепродуктов по водной поверхности; мониторинга динамики развития загрязнения акваторий нефтепродуктами и сточными водами;
- оценки геологической, геодинамической и неотектонической ситуации, выявления потенциально опасных геологических процессов, объектов и явлений в районах строительства и эксплуатации ответственных объектов;
- выявления признаков развивающихся процессов с катастрофическими последствиями, оперативного уточнения и локализации площади, оценки характера и масштабов ущерба, отображения динамики обстановки при чрезвычайных ситуациях техногенного характера (в том числе – оценки текущего и прогнозируемого состояния магистральных трубопроводов, крупномасштабных инженерных сооружений, других объектов повышенного технического риска), обеспечения поисково-спасательных работ;
- мониторинга состояния лесных экосистем и сельскохозяйственных угодий, контроля результатов применения агротехнологий, прогнозирования урожая;
- составления, ведения и актуализация кадастров сельскохозяйственных земель.

2.1.2 Состав КС «КОНДОР-ФКА» [1]

Состав космической системы на этапе штатной эксплуатации:

- 1) космический комплекс;
 - наземный комплекс управления (далее по тексту НКУ «Кондор-ФКА»);
 - ракетно-космический комплекс;
- 2) наземный комплекс приема, обработки, хранения и распространения информации минимального состава (далее по тексту НКПОР-КР);
- 3) средства глобальной навигационной спутниковой системы «ГЛОНАСС»/GPS (далее по тексту ГНСС, входят функционально);
- 4) средства связи и передачи данных КС (далее по тексту ССПД КС, входят функционально).

Состав НКУ «Кондор-ФКА»:

- а) центр управления полетом (далее по тексту ЦУП «Кондор-ФКА») на основе базовых аппаратно-программных средств ЦУП АО «РКС»;
- б) функционально привлекаемые средства:
 - командно-измерительная станция (КИС «Клен-М», КИС «Клен»);
 - аппаратно-программный комплекс центра ситуационного анализа, координации и планирования (АПК ЦСАКП);
 - мультисервисная система связи и передачи данных (МССПД);
 - комплекс технических средств (КТС «Миасс»);
 - центр координации эксплуатации и развития (ЦКЭР);
 - малогабаритный радиотелеметрический комплекс (МРТК);
 - комплексы телеметрических средств (КТМС);
 - телеметрический комплекс.

Состав ракетно-космического комплекса:

- а) ракета космического назначения:
 - ракета-носитель «Союз-2» этапа 1а;
 - космическая головная часть, в составе
 - переходный отсек;
 - изделие РБФ;
 - головной обтекатель;

- блок космического аппарата, в составе:

- космический аппарат «Кондор-ФКА»;
- система крепления и отделения;
- адаптер с системой разделения.

б) функционально привлекаемые средства:

- унифицированный технический комплекс космической головной частью (КГЧ);
- унифицированный технический комплекс космического аппарата (КА),
- унифицированный технический комплекс ракеты носителя «Союз-2»;
- унифицированный технический комплекс ракеты космического назначения «Союз-2» (РКН «Союз-2»);
- технический комплекс разгонного блока «Фрегат» (РБ «Фрегат»);
 - комплекс средств измерений, сбора и обработки информации;
 - наземный измерительный комплекс РБ «Фрегат»;
- специальные средства транспортирования составных частей РКН;
- контрольно-проверочное оборудование РБ «Фрегат» на стартовом комплексе;
- стартовый комплекс;
- автоматизированная система управления подготовкой и пуском.

Состав НКПОР-КР:

- а) центр планирования целевого применения КС «Кондор-ФКА» (далее по тексту – ЦП);
- б) комплекс цифровой обработки информации (КЦОИ);
- в) комплект технических средств (КТС-КР).
- г) система приема информации (СПИ);
- д) функционально привлекаемые средства из состава ЕТРИС ДЗЗ.

2.1.3 Основные технические характеристики КС «Кондор-ФКА»

Данные по основным характеристикам КС «Кондор-ФКА» представлены в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Основные характеристики КС «Кондор-ФКА»

Наименование характеристики	Значение
КС	
Полоса широт доступная для съемок	от 85° с.ш. до 85° ю.ш.
Количество КА в орбитальной группировке	2
Суточная производительность КС, не менее:	
- условных кадров 10x10 кв.км в детальном прожекторном режиме (ДПР);	200
- квадратных километров в детальном непрерывном режиме (ДНР);	200 000
- квадратных километров в обзорном режиме (ОР).	1 000 000
- максимальный объем информации, обрабатываемый за сутки от одного КА, Гбайт;	96
- максимальный объем информации, передаваемый на комплекс за сеанс связи от одного КА, Гбайт	16
Средняя периодичность наблюдения земной поверхности на широте 30°, час, не более:	
- для независимых съемок двумя КА;	12-14
- для интерферометрических съемок двумя КА	24-26
Интерферометрическая съемка	обеспечивается проведение интерферометрических съемок одним и двумя КА
Среднеквадратическая погрешность при получении интерферометрических данных в режимах ДПР, ДНР:	
- определения относительной высоты элементов рельефа местности, м;	не более 2-4 при шаге отметок 10 – 20
- измерения сдвигов элементов сюжета относительно друг друга за время, прошедшее между съёмками, мм	не более 20 в направлении линии визирования
КА	
Срок активного существования, лет, не менее	5

Масса, кг	Около 1000
Режимы РСА	детальный прожекторный режим детальный непрерывный режим обзорный режим
Линейное разрешение РСА, м: - в ДПР - в ДНР - в ОР	1-2 2-3 6-12
Полоса захвата, км - в ДПР - в ДНР - в ОР	кадр 10 x 10 10-15 20-100
Полоса обзора, км, не менее	2×500
Погрешность привязки РЛИ к топографическим координатам, м: при наличии реперов при отсутствии реперов	10-30 30-90
Передача информации на СПИ	- квазинепосредственная (запись и одновременная передача РЛ-информации); - запись с последующей передачей РЛ-информации.
НКПОР-КР	
Скорость передачи информации на наземные приемные пункты с антенной диаметром не менее 4,8 м, Мбит/с	- не менее 245,76 в режиме воспроизведения информации; - не менее 122,88 в режиме квазинепосредственной передачи
Вероятность искажения принимаемой информации	не более 10^{-5} на бит
Среднее время обработки одного кадра 10x10 кв.км, снятого в ДПР, мин, не более:	
до уровня 1А или 1Б	5
от уровня 1А до уровня 2А	10

Время обработки информации от КА, принятой за сеанс связи, часов:	
- для первичной обработки (уровень 1А),	1,5
- для вторичной обработки (уровень 2А)	не более 24
Время хранения всей принимаемой с КА целевой информации, сут, не менее	10
НКУ	
Тип НС КИС	«Клен»
Способ закрытия информации	- аппаратное закрытие (СКЗИ)

2.1.4 Функционирование КС «Кондор-ФКА»

2.1.4.1 На этапе эксплуатации КС «Кондор-ФКА» задействуются только наземные средства Госкорпорации «Роскосмос».

Структурно-функциональная схема КС «Кондор-ФКА» приведена на рисунке 2.1 [2].

2.1.4.2 НКПОР-КР является системообразующим элементом КС, осуществляющим координацию использования средств КС, в целях информационного обеспечения потребителей.

Центральным элементом НКПОР-КР, осуществляющим координацию использования средств КС и пунктов приема и обработки информации является ЦП. Управление и распределение наземной инфраструктуры осуществляет Комплекс координации и управления системой НКПОР-КР (ККУС НКПОР-КР) из состава АСУ ЦП ДЗЗ. Информационное взаимодействие с наземными средствами оператора КС осуществляется через привлекаемые средства СОД (из состава ЕТРИС ДЗЗ). Взаимодействие с НКУ осуществляется через ССПД.

Планирование целевого использования КА осуществляется в ЦП на основе исходных данных от ЦУП КА, от АСУ ЦП (оперативный каталог объектов и опорный план), результатов приема и обработки информации.

При штатной эксплуатации КА организацией, взаимодействующей как с Заказчиком системы, так и с потребителями информации, выступает Оператор КС ДЗЗ. В случае возникновения нештатных ситуаций работы выполняются с учетом рекомендаций генерального конструктора.

Получение и ввод заявок осуществляет комплекс взаимодействия с потребителями (КВП) из состава автоматизированной системы управления целевым применением (АСУ ЦП). (Эти средства относятся к НКПОР-О из состава ЕТРИС ДЗЗ. Они не относятся к данной КС и являются привлекаемыми средствами).

Подготовка опорного плана и долгосрочное планирование осуществляется комплексом координации целевого применения ОГ КА (ККЦП ОГ КА) из состава АСУ ЦП.

В ходе долгосрочного планирования рассчитывается прогноз прохождения объектов РЛН (площадных или точечных, с периодичностью или без нее) с указанием даты и времени, витка и параметров съемки, а также долгосрочный план выполнения заявок потребителей на срок до 30 суток, в том числе в режимах интерферометрической и дифференциальной интерферометрической съемки, оперативный каталог объектов с учетом распределения съемочного ресурса КС, опорный план с учетом распределения информационного ресурса КА.

Результатами долгосрочного планирования являются:

- *опорный план включений ЦА*, подлежащий включению в текущий план (ежедневно генерируется и уточняется, добавляет включения по заявкам, предполагающим съемки площадных объектов и многократные съемки точечных объектов на пролонгированный период, начиная со съемок на сутки настоящего периода текущего планирования, и продолженный на заданную глубину в будущее);
- *оперативный каталог объектов* (включает совокупность участков съёмки, информация по которым должна быть получена в ближайшие несколько суток (до 10). При учёте данных о фактически полученной информации ДЗЗ из каталога удаляются фрагменты территорий, по которым уже получены результаты съёмки необходимого качества, и более не требуется планирование съёмки);
- *прогноз прохождения района съёмки* (для оповещения потребителя).

Опорный план включений ЦА формируется как общий план для различных КА группировки, но с указанием каким аппаратом должно выполняться то или иное включение ЦА.

Выписки из Опорного плана включений ЦА по отдельным аппаратам и Оперативный каталог объектов передаются в ЦП НКПОР-КР как входные данные для текущего планирования (ЦП НКПОР-КР – считается составной частью данной КС).

Особенностью планирования в данной системе, является то, что кроме съемок единичными КА предполагается проведение параллельных или тандемных съемок двумя близко расположенными КА с целью, например, получения интерферометрических пар РЛ-изображений. Основные параметры таких съемок определяются и фиксируются на стадии долгосрочного планирования. В выходные материалы включается указание, что включение выполняется в интересах парной съемки и корректировка связанных включений происходит одновременно для двух КА.

Текущее планирование выполняется в ЦП НКПОР-КР. В этом комплексе осуществляется планирование целевой работы КА на следующие сутки, результатом которого служит план суточной целевой работы КА. Далее суточный план проведения целевой работы КА передается в комплекс управления целевой аппаратурой из состава ЦП НКПОР-КР, где разрабатывается РП целевой работы КА и план сеансов приема ЦИ. РП передается в ЦУП НКУ для закладки на борт КА в сеансе связи. План сеансов приема передается на СПИ.

При входе КА в зону радиовидимости СПИ проводится сеанс связи, во время которого на СПИ НКПОР-КР по высокоскоростному каналу (БССПД) с борта КА поступает РЛ-информация и ТМИ. РЛ-информация от СПИ поступает на КЦОИ, где проходит обработку до требуемого уровня и далее передается в ЦБГД ЕТРИС ДЗЗ.

2.1.4.3 НКУ для управления полетом КА используется в режиме централизованной однопунктной (малопунктной) схемы управления. Основным элементом НКУ является ЦУП, обеспечивающий решение задач технологического управления КА и закладки РП целевой и обеспечивающей аппаратуры КА. ЦУП принимает из ЦП РП целевой работы КА и во время сеанса связи передает на борт КА, по обратному каналу БА КИС поступает квитанционная информация о ходе закладки

РП ОА ЦР. После поступления в ЦУП массива информации оперативного контроля в составе ТМИ, можно сделать вывод о результатах закладки.

2.1.4.4 Основой управления КА при проведении целевых работ является программно-координатный метод управления, при котором на борт в составе РП ЦР передаются только координаты объектов съемки и требуемые режимы работы РСА при проведении съемок и работы системы БССПД при передаче РЛ-информации. При этом максимально используются возможности ЦБК по сбору навигационной информации, решению на борту задач НБО и задач планирования работы бортовой аппаратуры. Сокращается объем РП ЦР и время ее закладки.

Проведение целевой работы КА по РП, заложенной с НКУ, возможно в нескольких режимах работы РСА и БССПД:

- в квазинепосредственном режиме (режим НП), совмещающем проведение съемки и передачи, получаемой в процессе съемки РЛ-информации на СПИ НКПОР-КР;
- в режиме записи (режим ЗИ) получаемой в процессе съемки РЛ-информации;
- в режиме передачи (режим ВИ) ранее полученной в процессе съемки РЛ-информации.

Космический аппарат (системы КА) взаимодействует со средствами наземного сегмента при нахождении в зоне радиовидимости НС КИС НКУ, СПИ НКПОР-КР.

В ходе сеанса связи на фоне закладки РП ЦР возможно проведение измерений текущих навигационных параметров средствами НС КИС, а также проведение целевых работ в режиме записи или квазинепосредственной передачи, или воспроизведение ранее полученной в процессе съемок РЛ-информации.

На протяжении всего полета КА находится в путевой или орбитальной системе координат. При необходимости в орбитальной системе координат исполняются импульсы коррекции орбиты для поддержания параметров рабочей орбиты.

Прекращается функционирование КА торможением в атмосфере до входа в плотные слои атмосферы с последующим разрушением и сгоранием фрагментов

в плотных слоях атмосферы, специальных мер по затоплению КА и, соответственно, запасов топлива, не предусмотрено.

2.1.5 Взаимодействие между КС «Кондор-ФКА» и системой ЕТРИС ДЗЗ

КС «Кондор-ФКА» взаимодействует с системой ЕТРИС ДЗЗ через средства НКПОР-КР [3].

Для обеспечения функционирования КС «Кондор-ФКА» и ее целевого применения в состав НКПОР-КР привлекаются средства из состава Единой территориально-распределенной информационной системы дистанционного зондирования Земли (ЕТРИС ДЗЗ).

Функционально привлекаемые средства Оператора включают:

- автоматизированную систему управления целевым применением ОГ КА ДЗЗ и её наземной инфраструктуры (АСУ ЦП ДЗЗ);
- единый (унифицированный) автоматизированный комплекс потоковой стандартной обработки информации, получаемой с КА ДЗЗ (УКАСОИ);
- центральный банк геоинформационных данных (ЦБГД);
- система обмена данными (включая систему связи и передачи данных) (СОД);
- средства локальной вычислительной сети НКПОР-О.

Примечание – для функционирования НКПОР-КР и взаимодействия с другими системами привлекаются средства локальной вычислительной сети НКПОР-О (ЕЛВС-О из состава ЕТРИС ДЗЗ).

АСУ ЦП ДЗЗ обеспечивает:

- взаимодействие с потребителями, формализацию и контроль выполнения заявок;
- приём от потребителей заявок на получение информации космической съёмки для формирования оперативного каталога объектов и участков съёмки с учетом приоритетности заданий и требований к уровню обработки информационных продуктов;

- приём от потребителей оперативной (внеплановой) заявки на получение информации космической съёмки для включения в оперативный каталог;
- информирование по запросу потребителей об ожидаемом времени съёмки заданных объектов оперативного каталога;
- формирование предложений по маневрам КА в интересах целевого применения КС;
- долгосрочное планирование выполнения заявок потребителей на интервале до 30 суток;
- формирование и обновление каталога объектов (участков) съёмки;
- метеорологическое обеспечение целевого планирования;
- отображение на средствах коллективного пользования информации о функционировании КА, режимах работы НКПОР-КР, состоянию процессов приема и обработки информации;
- организация информационного обмена командно-программной и служебной информацией с ЦУП КА, СПИ, различными абонентами.

ЦБГД обеспечивает:

- каталогизацию (в электронном каталоге) радиоголограмм и продуктов обработки информации;
- оперативное и долговременное хранение принятой служебной и целевой информации и продуктов обработки информации.

Взаимодействие СПО УКАСОИ:

- с КПО обеспечивает автоматическую потоковую обработку ИП уровня 0 КА «Кондор-ФКА» (полученных от СПИ или из архива) до уровней 1А и 1Б с отображением в едином пользовательском интерфейсе контрольной информации об этапах и результатах обработки;
- с КСПО обеспечивает автоматическую потоковую обработку ИП уровня 1А КА «Кондор-ФКА» до уровней 2А и 2Б с отображением в едином пользовательском интерфейсе контрольной информации об этапах и результатах обработки;

- с КВО производится с целью получения операторами КВО через ПК Клиент КВП информации КА «Кондор-ФКА», обработанной в автоматическом режиме СПО КПО (СПО КСПО) под управлением СПО УКАСОИ, для обеспечения высокоуровневой обработки;
- с КАОК производится с целью получения операторами КАОК принятой с КА «Кондор-ФКА» и обработанной СПО КПО (СПО КСПО) под управлением СПО УКАСОИ в автоматическом режиме информации для обеспечения анализа обработанной информации в соответствии с функциональным назначением комплекса;
- с КНК производится с целью получения оператором КНК принятой с КА «Кондор-ФКА» и обработанной СПО КПО (СПО КСПО) под управлением СПО УКАСОИ в автоматическом режиме информации для обеспечения анализа обработанной информации в соответствии с функциональным назначением комплекса.
- с ЦБГД заключается в обеспечении автоматических процессов каталогизации и архивирования информационных продуктов (ИП) уровня 0 на средствах долговременного хранения КТС-КР, а также получения СПО УКАСОИ архивной информации.

СОД обеспечивает информационный обмен информацией с ППИ, ЦУП КА из состава НКУ и другими абонентами (включая региональные наземные комплексы приема, обработки и распространения информации ДЗЗ).

Технологическая схема функционирования НКПОР-КР совместно со средствами Оператора КС ДЗЗ и ЦУП представлена на рисунке 2.2 [3].

2.1.6 Структурное построение орбитальной группировки КС «Кондор-ФКА» [4]

В состав орбитальной группировки входят два космических аппарата радиолокационного наблюдения.

Орбитальная группировка функционирует на двух околокруговых динамически устойчивых солнечно-синхронных орбитах (таблица 2) с периодом замыкания трассы 16 суток (243 витка) и высотой ~518 км.

Плоскости орбит смещены относительно друг друга по долготе восходящего узла на величину двойного суточного смещения ($\Delta\lambda=8,88^\circ$), а сами КА расставлены вдоль орбиты по аргументу широты на угол $\Delta u=135^\circ$ для повторения вторым КА трассы первого через заданный интервал времени $\Delta t=36$ минут, что необходимо для проведения интерферометрических съемок объектов на поверхности Земли с малой временной декорреляцией.

Таблица 2 – Параметры рабочей орбиты КА «Кондор-ФКА»

Параметр	Значение
Период замыкания трассы, сутки	16
Число витков замыкания трассы	243
Период обращения, с	5689,0
Большая полуось, км	6891,329
Наклонение	97,436°
Эксцентриситет	0,00134
Аргумент перигея	69,031°
Средняя высота, км	518,833
Суточное смещение долготы	4,444°

Схема построения орбитальной группировки КС «Кондор-ФКА» приведена на рисунке 2.3.

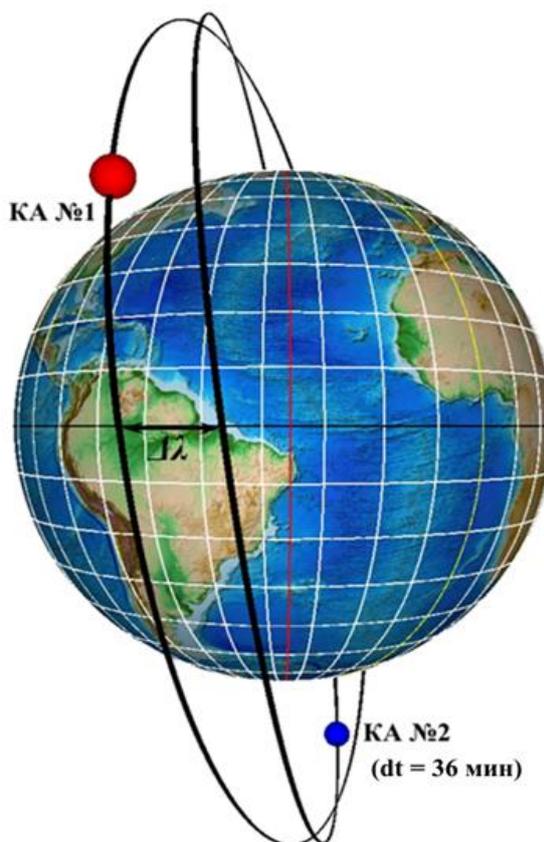


Рисунок 2.3– Схема орбитальной группировки КС «Кондор-ФКА»

Местное солнечное время прохождения восходящего узла:

- для КА №1 - 6 часов 30 минут;
- для КА №2 - 7 часов 6 минут.

При необходимости для улучшения периодичности наблюдения объектов на поверхности Земли в определенном диапазоне широт в течение срока активного существования возможно изменение расположения КА в КС за счет выбора вариантов относительной расстановки по аргументу широты Δu и соответствующему ему временному интервалу dt . При этом повторение вторым КА трассы первого для проведения интерферометрических съемок объектов происходит с интервалом от одних до восьми суток (с дискретностью суток).

На рисунке 2.4 приведена схема расстановки двух КА КС «Кондор-ФКА», плоскости которых смещены относительно друг друга по долготе восходящего узла на величину двойного суточного смещения ($\Delta\lambda=8,88^\circ$), в зависимости от периода повторения вторым КА трассы первого. Для каждого варианта относительной расстановки КА по аргументу широты указан временной интервал dt , который опре-

деляет требования к проведению сеансов связи при управлении полётом КА в составе КС для однопунктной схемы. КА не должны находиться в одной зоне радиовидимости наземными средствами.

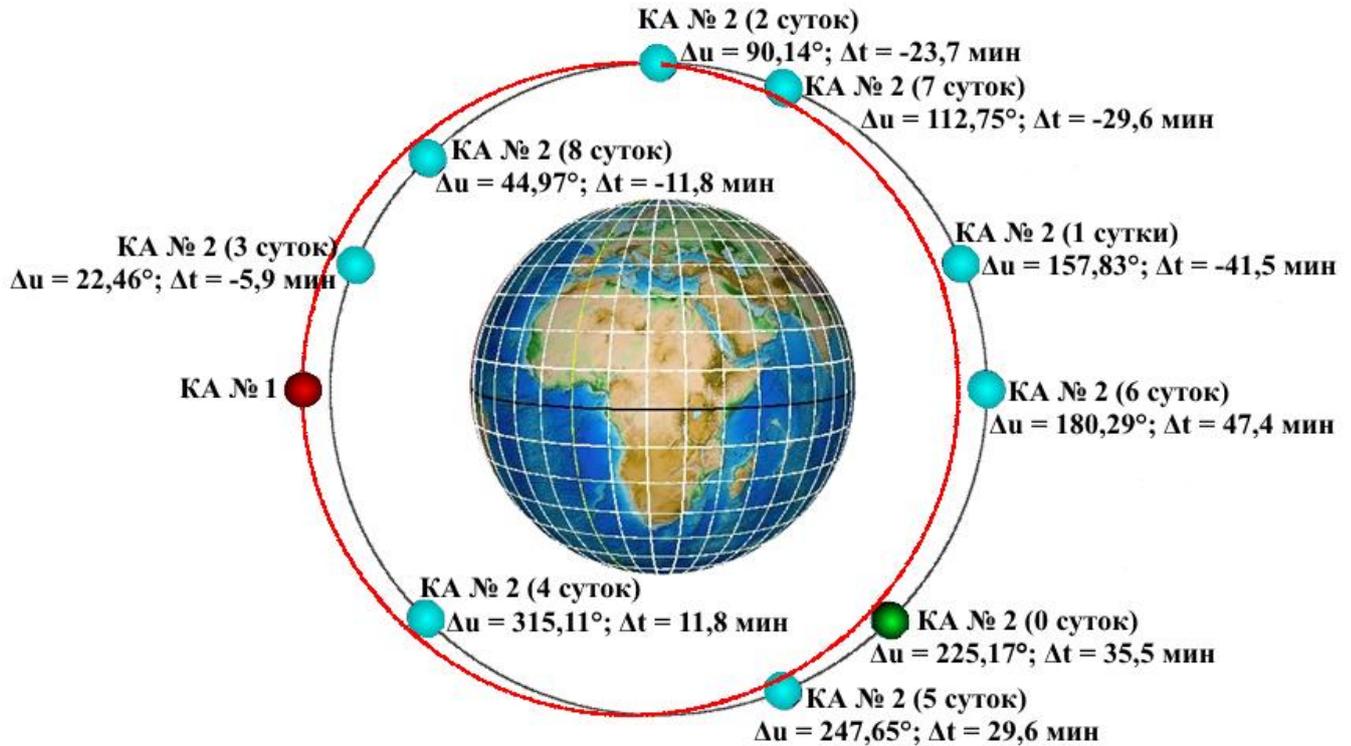


Рисунок 2.4– Схема относительной расстановки двух КА КС «Кондор-ФКА»

На рисунке 2.5 приведены значения максимального времени перерыва в наблюдении произвольного объекта на поверхности Земли, определяющего время беспрерывного обзора в зависимости от широты наблюдения для девяти вариантов расстановки КА в КС по аргументу широты согласно рисунку 2.4. При этом средняя периодичность наблюдения практически не зависит от расстановки КА в системе. Значения средней периодичности наблюдения произвольного объекта на поверхности Земли КС «Кондор-ФКА» приведены на рисунке 2.6 в зависимости от широты наблюдения.

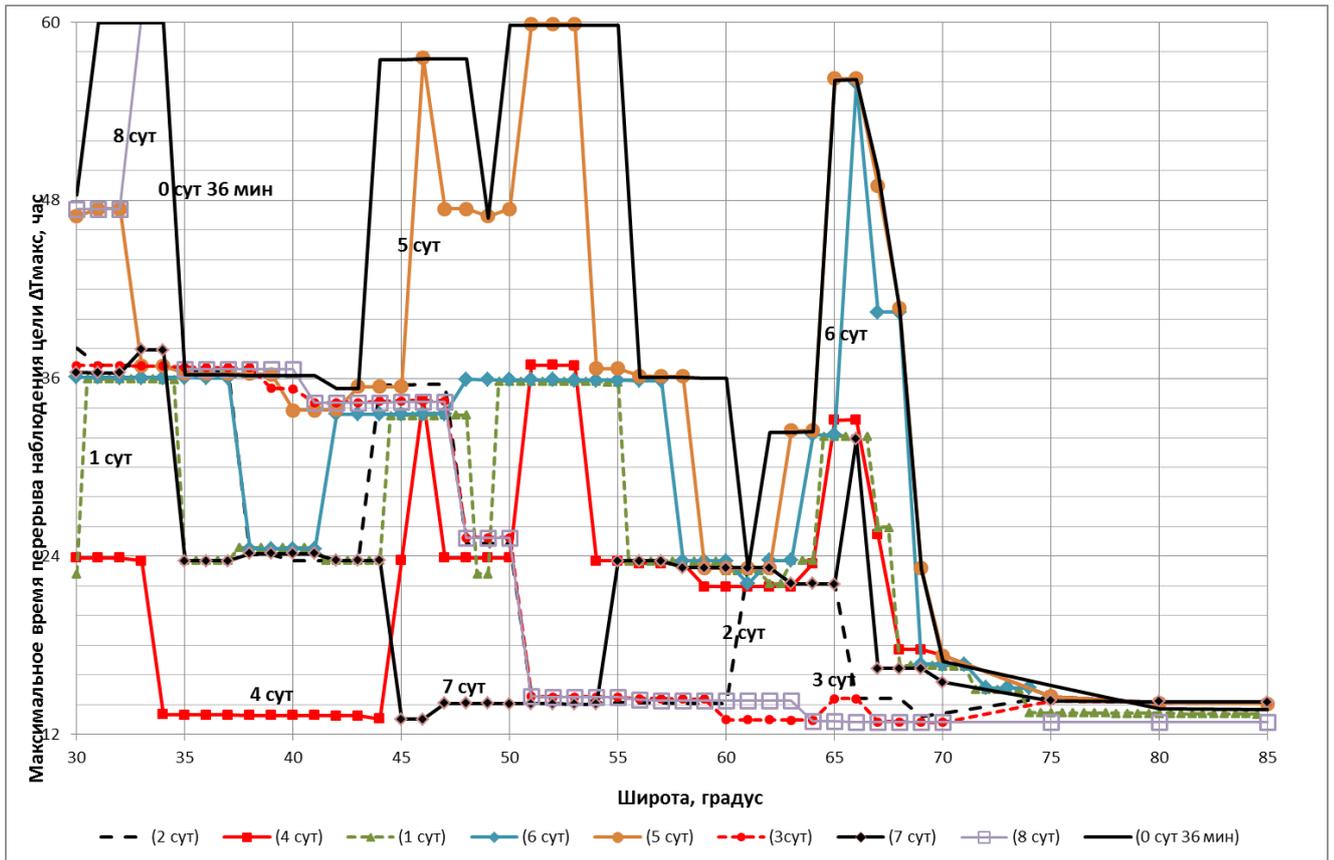


Рисунок 2.5 – Максимальное время перерыва в наблюдении объекта



Рисунок 2.6 – Средняя периодичность наблюдения КС «Кондор-ФКА»

Из рисунка 2.5 следует, что для улучшения времени беспрерывного обзора существует возможность изменять конфигурацию КА в КС в течение срока активного существования за счет относительной расстановки КА по аргументу широты:

- в диапазоне низких широт (от 30 до 45°) варианты с кратностью повторения вторым КА трассы первого КА 1, 4 и 7 суток;
- в диапазоне средних широт (от 45 до 70°) варианты с кратностью повторения вторым КА трассы первого КА 2, 3, 7 и 8 суток;
- в диапазоне высоких широт от 70 до 85° все варианты расстановки одинаковы.

Время на выполнение фазирования для однократного перехода между вариантами относительной расстановки КА по аргументу широты составляет от 15 до 45 суток.

На рисунках 2.7 и 2.8 приведены схемы покрытия земной поверхности КС в составе двух КА «Кондор-ФКА», расставленных вдоль орбиты по времени через 36 минут за одни и двое суток полета соответственно.

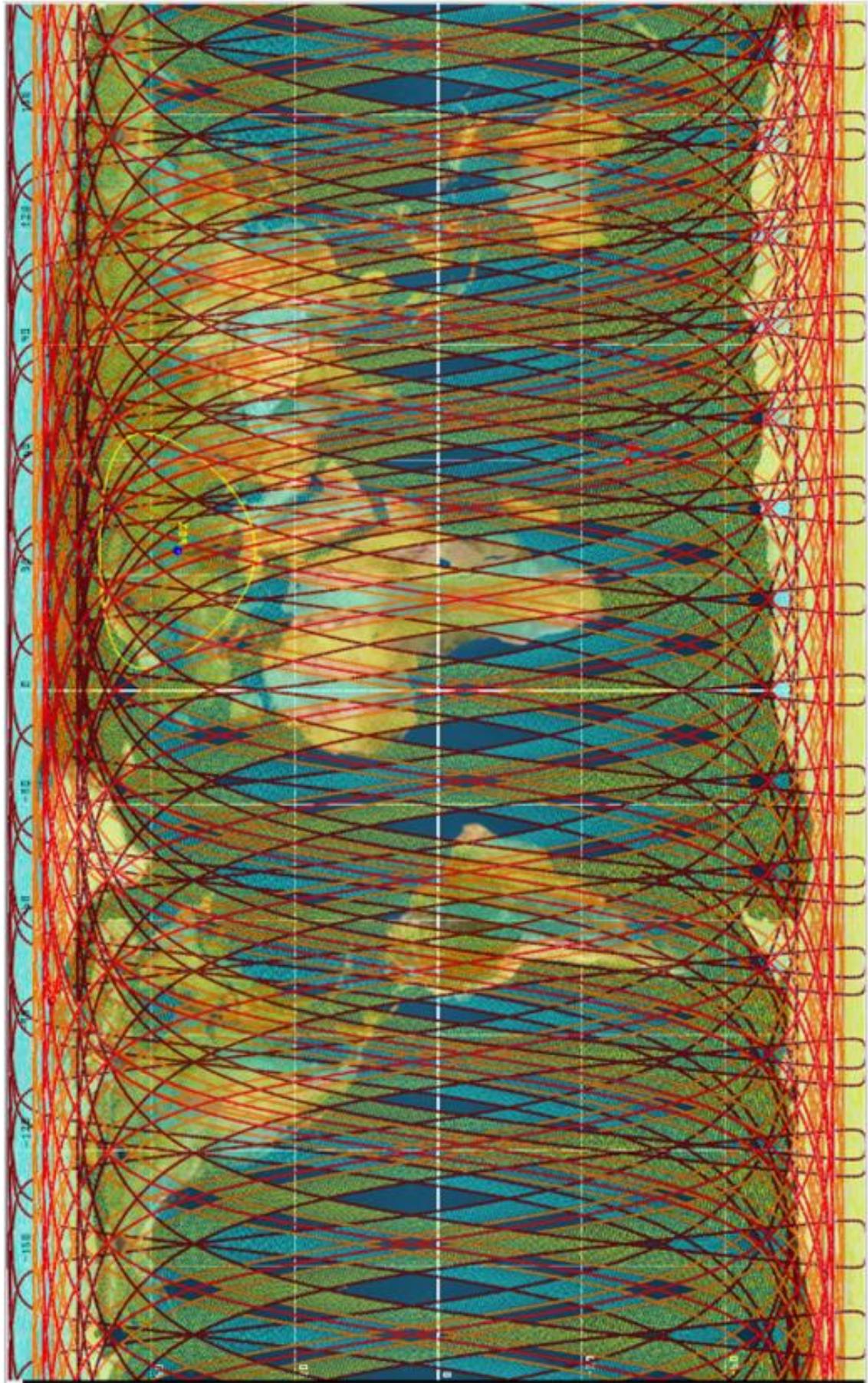


Рисунок 2.7 – Схема покрытия земной поверхности КС в составе двух КА «Кондор-ФКА» за одни сутки полета

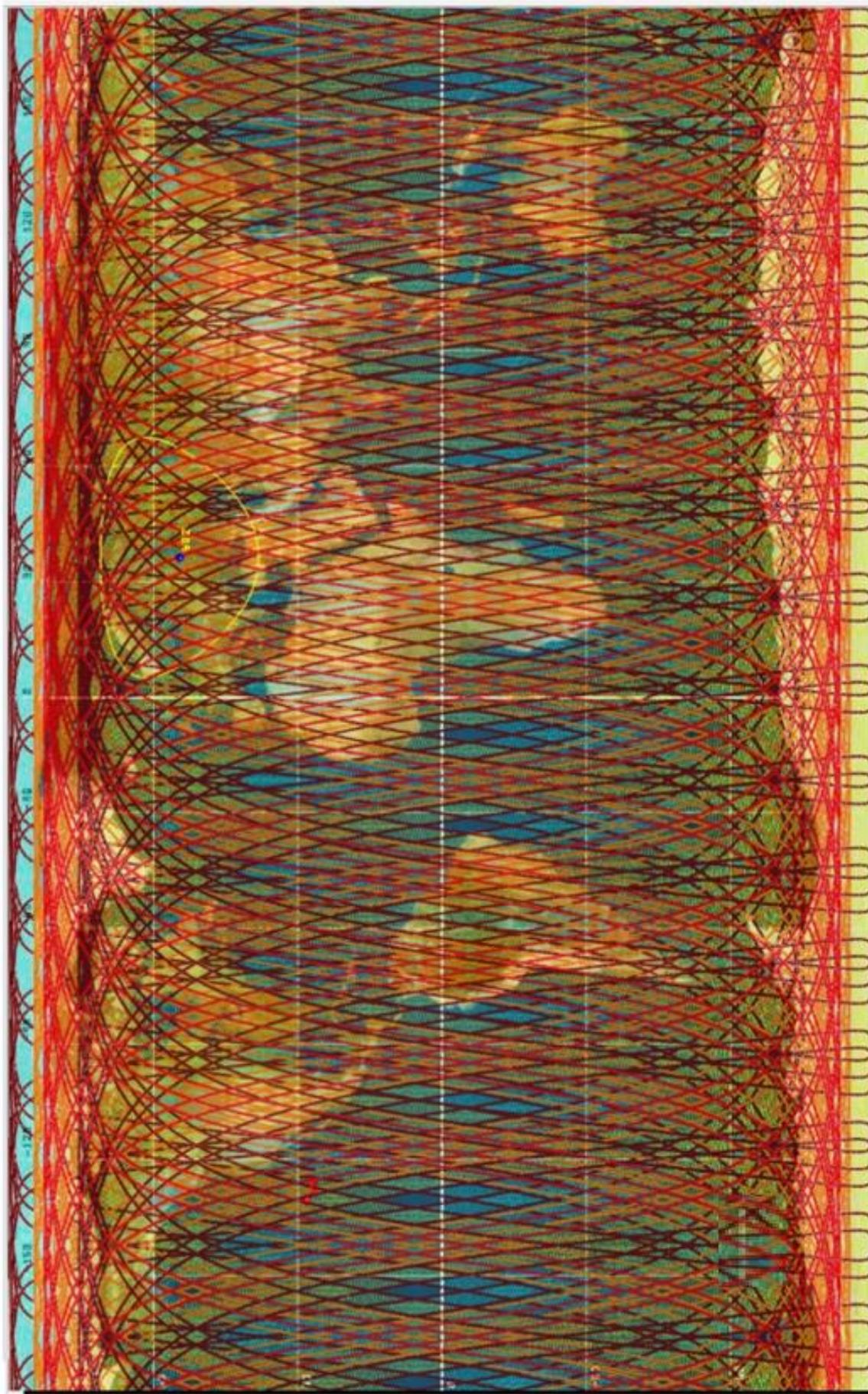


Рисунок 2.8 – Схема покрытия земной поверхности КС в составе двух КА «Кондор-ФКА» за двое суток полета

2.2 Описание КА РЛН

2.2.1 Конструктивно-компоновочная схема КА РЛН

Конструктивно КА «Кондор-ФКА» делится на космическую платформу (КП) и модуль полезной нагрузки – модуль РСА, содержащий аппаратуру РСА на раме, антенно-фидерное устройство зеркального типа с электронным сканированием луча в одной плоскости и устройство антенно-поворотное [2].

Специальное устройство антенно-поворотное (УАП) позволяет в процессе полета проводить перенацеливание визирной оси РСА относительно продольной оси КА ОХ на углы $\pm 55^\circ$ со средней угловой скоростью 2 °/с, для обеспечения радиолокационной съемки слева и справа от трассы полета.

Антенная система с АПУ закрепляется на переднем торце КП по четырем посадочным точкам.

В корпусе КП размещены служебные системы, обеспечивающие функционирование КА при наземной отработке, при старте в составе КГЧ и на всех участках орбитального полета.

КП в геометрическом отношении представляет собой параллелепипед, в поперечном сечении имеющий квадрат со стороной ≈ 900 мм, длиной 1750 мм.

Корпус КП конструктивно выполнен в виде негерметичного контейнера, состоящего из четырех панелей, механически соединенных между собой через кронштейны и вкладыши, установленные по торцам панелей. Верхняя и нижняя панели являются стационарными, боковые (правая и левая) для удобства монтажа – откидывающиеся. По заднему торцу панели соединены диафрагмой из листового материала, по переднему – панелью рамы РСА.

Бортовое оборудование КП размещено на панелях и на задней стационарной приборной раме. Внутренний объем КП на длине 1020 мм от переднего торца предназначен для размещения аппаратуры РСА на выдвижной раме и отделен от остальной части поперечной панелью задней рамы.

КА «Кондор-ФКА в рабочем состоянии представлен на рисунке 2.9 [2].

С целью снижения габаритных и весовых характеристик солнечных батарей СГЭ, они устанавливаются на КА посредством системы управления поворотами,

обеспечивающей оптимальную ориентацию БС на Солнце путем их разворота по крену.

На заднем торце КП на стационарных панелях предусмотрены посадочные точки для крепления ДУ.

Для выведения на РН типа «Союз-2» с РБ «Фрегат» на заднем торце УКП монтируется адаптер с системой отделения КА и фермой раскрепления.

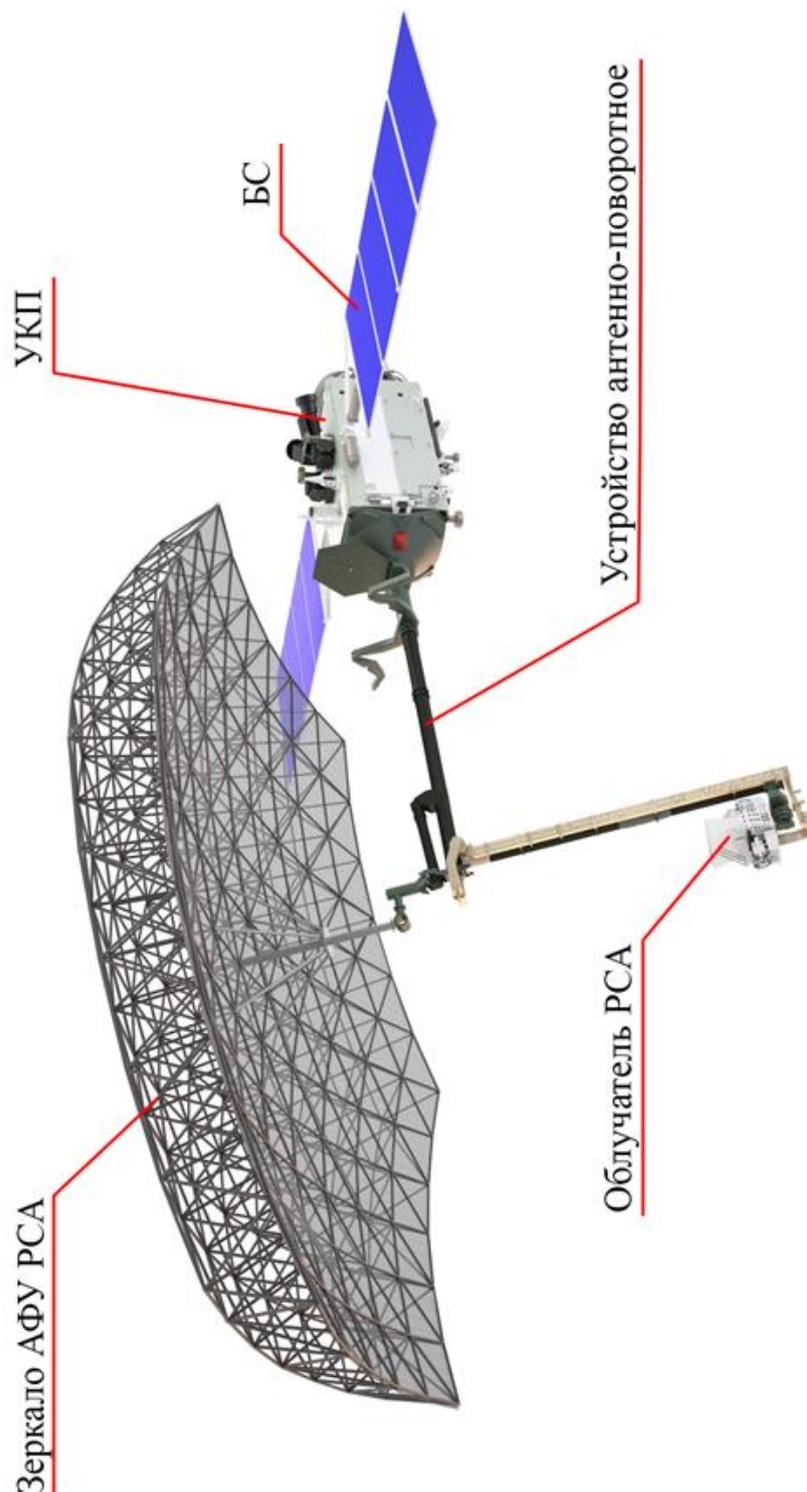


Рисунок 2.9 – КА «Кондор-ФКА» в рабочем состоянии

2.1 Радиолокатор с синтезированной апертурой

2.1.1 Режимы работы РСА

На КА РЛН установлен высокоинформативный радиолокатор с синтезированной апертурой. РСА предназначен для работы в составе КА РЛН в качестве полезной нагрузки и обеспечивает всепогодное круглосуточное наблюдение земной поверхности (суши или моря) в полосе обзора, выбираемой из двух (правой или левой - по выбору) боковых полос или участков местности, параллельных трассе полета КА.

Режимы работы РСА (таблица 3):

а) режимы целевой работы:

- ДПР детальный прожекторный режим;
- ДНР детальный непрерывный режим;
- ОР обзорный режим;
- ОР_р обзорный режим, с учётом получения лучшего разрешения;
- ОР_п обзорный режим, с учётом задействования максимальной полосы захвата.

б) юстировочные режимы:

- ЮР1 режим оценки фазочастотной характеристики трактов формирования и приёма сигналов;
- ЮР2 режим определения реального положения оптической оси антенного устройства по азимуту;
- ЮР3 режим определения реального положения оптической оси антенного устройства по углу места;
- ЮР4 режим оценки уровня собственных шумов приёмного устройства.

Режим работы РСА выбирается с учетом решаемых задач и определяемых ими требований по разрешению и ширине полосы захвата. Для детального наблюдения небольших участков местности используется ДПР работы РСА.

Таблица 3 – Режимы целевой работы

Режимы целевой работы		Параметры режима			
		Разрешение	Полоса захвата x длина кадра	Поляризация	
ДПР	детальный прожекторный	1-2 м	10x10 км	ГГ	
ДНР	детальный непрерывный	2-3 м	10x500 км	ГГ или ВВ	
ОР	ОР	Обзорный усредненный	6-12 м	20-100x500 км	ВВ
	ОР _р	Обзорный максимальное разрешение	фиксированное значение из диапазона 6-12 м	фактическое значение x 500 км	ВВ
	ОР _п	Обзорный максимальная полоса захвата	фактическое значение	фиксированное значение из диапазона 20-100 км x 500 км	ВВ

2.3.2 Технические характеристики РСА

Основные характеристики РСА приведены в таблице 4 [2].

Таблица 4 – Основные характеристики РСА

Наименование характеристики	Значение
Длина волны, см	10
Тип антенны	Зеркальная
Размер антенны (эффективный диаметр зеркала), м	6
Количество парциальных лучей в плоскости E	25
Коэффициент усиления антенного устройства, дБ (раз), не менее	38,5 (7079,5)
Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) антенного устройства, не более	2,2

Ширина диаграммы направленности каждого луча по уровню минус 3 дБ в вертикальной и горизонтальной плоскостях, град	1,0±0,1
Угловой сектор электронного перенацеливания луча в плоскости E, град	4,1±0,2
Шаг переключения лучей, град	0,17
Уровень пересечения смежных парциальных лучей, дБ	минус 0,1
Время переключения лучей, мкс, не более	10
Уровень ближних боковых лепестков диаграммы направленности для любого парциального луча, дБ, не более	минус 18
Уровень дальних боковых лепестков диаграммы направленности для любого парциального луча, дБ, не более	минус 25
Максимальная импульсная мощность на входе антенного устройства, кВт	5,5
Максимальная средняя мощность на входе антенного устройства, Вт	250
Масса антенного устройства, кг, не более	101,7
Несущая частота, МГц	3200
Полоса рабочих частот, МГц	3100-3300
Девияция частоты, МГц	±15, ±25, ±100
Углы визирования, град	24-55
Направление обзора	Справа или слева от трассы – по выбору
Максимальный угол перенацеливания антенны, град	110
Минимальный угол перенацеливания антенны, град	0,1
Угол разворота штанги корневой приводом ЭПР	180°
Время разворота, с	670±45

Угол разворота штанги рефлектора приводом ЭПР	90°
Время разворота, с	335±25
Угол разворота штанги облучателя приводом ЭПР	87,5°
Время разворота, с	330±25
Угол поворота облучающего устройства приводом ЭПР	90°
Время разворота, с	100±10
Максимальный угол поворота центральной штанги вокруг продольной оси ОХ (в диапазоне)	110° (минус 50° ÷ 50°)
Средняя угловая скорость, °/с	5
Переменная скорость вращения маховика, об/с	От 0 до 450
Минимальное время между съемками, с	до 66
Длительность зондирующего импульса, мкс, в пределах	5-17
Ширина полосы обзора по горизонтальной дальности, км, не менее	2x500
Детальный прожекторный режим	
Поляризация сигнала	Г-Г
Разрешение, м	1-2
Ширина полосы захвата по горизонтальной дальности, км, в пределах	10
Протяженность полосы захвата вдоль линии пути, км, в пределах	10
Радиометрическое разрешение, не хуже, дБ	3,0
Отношение фон/шум, дБ, не менее	2 (для площадки 15 м ²)
Детальный непрерывный режим	
Поляризация сигнала	Г-Г или В-В
Разрешение, м	2-3

Ширина полосы захвата по горизонтальной дальности, км, в пределах	10
Протяженность полосы захвата вдоль линии пути (на витке), км, не менее	500
Радиометрическое разрешение, не хуже, дБ	3,0
Отношение фон/шум, дБ, не менее	2 (для площадки 15 м ²)
Затухание аттенюатора, дБ	0 - 31
Режим работы прибора измерения шума: 0 – режим внешнего кода 1 – измерительный	0, 1
Обзорный режим	
Поляризация сигнала	V-V
Разрешение, м	6-12
Ширина полосы захвата по горизонтальной дальности, км, в пределах	20-100
Протяженность полосы захвата вдоль линии пути (на витке), км, не менее	500
Радиометрическое разрешение, не хуже, дБ	2,0-3,0
Отношение фон/шум, дБ, не менее	3 (для площадки 50 м ²)
Коэффициент использования ширины диаграммы направленности антенны по азимуту в ОР ОРр ОРп	0,3 – 1,0 0,5 – 1,0 0,5 - 1,0
Коэффициент использования ширины диаграммы направленности антенны по дальности* в ОР ОРр ОРп	0,34 – 1,02 3,0 – 6,0 0,51 – 1,02

Код ширины спектра сигнала в ОР 0 – 200 МГц, 1 – 50 МГц, 2 – 30 МГц	0 - 3
--	-------

* - зависит от количества выбранного шага парциальных лучей. Выбор меньшего шага парциальных лучей обеспечивает более равномерную радиометрическую яркость полосы захвата по дальности, однако уменьшает время синтезирования в каждой зоне и снижает разрешающую способность по азимуту

2.3.3 Функционирование узлов РСА

В составе РСА используется легкая раскрываемая в космосе компактная зеркальная антенна зонтичного типа диаметром 6 м.

Наблюдение земной поверхности проводится слева и справа от трассы КА в пределах двух полос обзора. Наведение антенны на заданный район обеспечивается специальным электромеханическим приводом – устройством антенно-поворотным, при этом КА остается неподвижным относительно путевой системы координат.

Облучатель антенны выполнен в виде линейки переключаемых излучателей, что обеспечивает электронное сканирование лучом и формирование парциальных диаграмм направленности антенны.

При выполнении съемок в прожекторном режиме облучатель антенны устанавливается в горизонтальное положение для обеспечения электронного переключения парциальных лучей антенны (до 25 лучей) в азимутальной плоскости.

При выполнении съемки в режиме детального непрерывного наблюдения облучатель антенны может располагаться как горизонтально, так и вертикально, обеспечивая работу с вертикальной или горизонтальной поляризацией сигналов.

Изменение поляризации производится путем поворота облучателя в горизонтальное или вертикальное положение с помощью поворотного устройства с двумя фиксированными положениями.

В обзорных режимах производится съёмка со сканированием парциальных лучей в угломестной плоскости. Съёмка производится при установке облучателя

антенны в вертикальное положение, т.е. при вертикальной поляризации излучаемых и принимаемых сигналов. Схема визирования РСА в ОР приведена на рисунке 2.10.

Каждый парциальный луч обеспечивает засветку участка местности определенной ширины, значение которой зависит от угла визирования. Для обеспечения захвата заданной полосы съёмки формируется количество парциальных зон, соответствующее количеству используемых парциальных лучей. Суммарная ширина полосы захвата формируется как сумма парциальных зон с учётом их взаимного перекрытия.

Параметры визирования для каждой парциальной зоны рассчитываются отдельно. Коэффициент использования диаграммы направленности антенны $K_{\text{ДНА}}$, определяемый шагом парциальных лучей, задаётся с учётом обеспечения допустимых перепадов яркости изображения на стыках парциальных зон.

При сканировании парциальных зон от ближней к дальней номера лучей возрастают при сканировании слева и уменьшаются при сканировании справа. Порядок сканирования парциальных зон по углу места парциальными лучами приведён на рисунке 2.10.

При съёмке КА ориентирован в путевой системе координат.

В отличие от других режимов съёмки, в ОР антенная система перед съёмкой устанавливается на угол $\gamma_{\text{АС}}$, определяемый в процессе расчёта. Угол γ_0 , полученный в результате баллистического расчёта, определяет направление на опорную точку, которая находится в середине начала планируемой полосы захвата на местности. Наведение АС на угол $\gamma_{\text{АС}}$ осуществляется перед началом съёмки, и её положение в процессе съёмки не изменяется. Положение лучей антенны при съёмке в ОР показаны на рисунке 2.11.

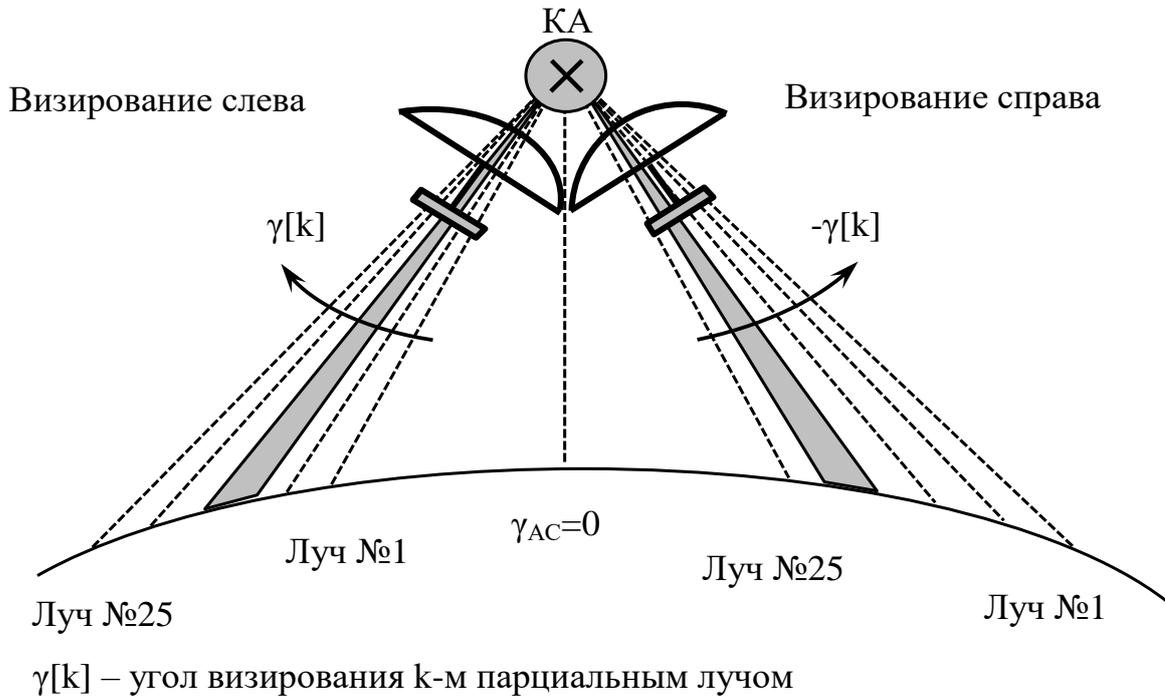


Рисунок 2.10 – Схема визирования в ОР (сканирование луча в угломестной плоскости)

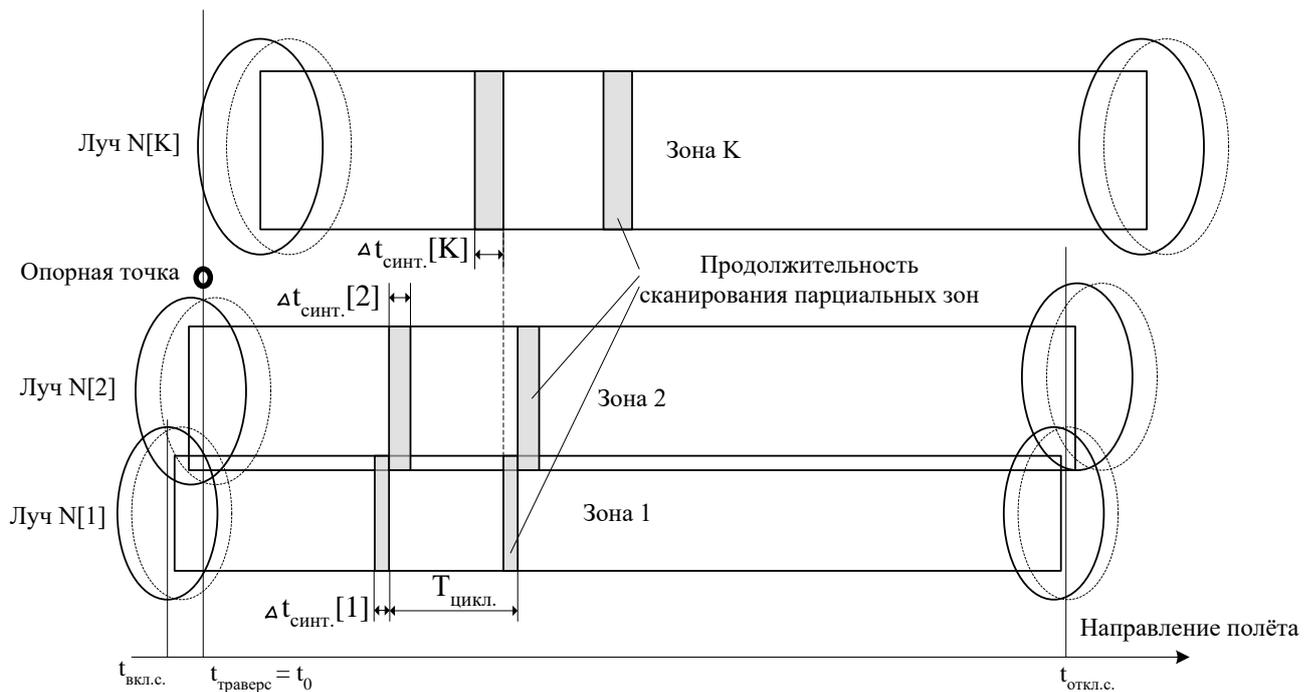


Рисунок 2.11 – Положение лучей антенны при съёмке в ОР

Выбор меньшего шага частичных лучей обеспечивает более равномерную радиометрическую яркость полосы захвата по дальности, однако уменьшает время синтезирования в каждой зоне из-за увеличения числа частичных зон, что приводит к снижению разрешающей способности по азимуту.

Возможны три модификации работы РСА в обзорном режиме:

- модификация «ОР» без учёта ограничения по потребляемой РСА мощности с расчётом количества полос в зависимости от выбранной оператором ширины полосы захвата,
- модификация «ОРп» с учётом задействования максимальной полосы захвата, без учёта требований к разрешающей способности,
- модификация «ОРр» с учётом получения лучшего разрешения без учёта требований к полосе захвата.

Выбор режима ОР, ОРр или ОРп осуществляется в ЦП НКПОР-КР при планировании целевого применения КА.

Настроечные параметры РСА (начальные значения) закладываются на момент начала лётных испытаний. В процессе и по результатам лётных испытаний параметры могут быть откорректированы в рамках задания с наземного комплекса управления.

2.3.4 Принцип формирования изображений

Выходная информация РСА формируется в аналого-цифровом преобразователе в виде двух квадратурных составляющих сигнала, каждая из которых занимает полубайт (4 разряда). После аналого-цифрового преобразователя оцифрованные сигналы РСА в виде 8 разрядного параллельного кода поступают на модуль формирования выходной информации, где к ним подмешивается служебная информация, поступающая из модуля формирования служебной информации. Сформированная выходная информация поступает в бортовую систему накопления целевой информации для последующей передачи по радиолинии на наземные приемные пункты.

3 Продукты ДЗЗ

3.1 Перечень наименований продуктов ДЗЗ

Информационные продукты Кондор-ФКА создаются для каждого режима целевой работы РСА. Перечень наименований сформирован в соответствии с [1]. Продукты подразделяются на первичные, стандартные и базовые в соответствии с [9], [10], [11]

Стандартные радиолокационные продукты создаются в комплексе первичной обработки и стандартной потоковой обработки. Базовые продукты создаются в комплексе высокоуровневой обработки по заказу потребителей.

Первичные продукты уровня 0:

- ИП 0 (радиоголограмма).

Стандартные продукты уровня 1:

- ИП 1А (комплексное РЛИ);
- ИП 1Б (геореференцированное РЛИ).

Стандартные продукты уровня 2:

- ИП 2А (геокодированное РЛИ);
- ИП 2Б (ортотрансформированное РЛИ).

Базовые продукты уровня 3:

- продукты обработки одного изображения

- ИП 2А1 (геокодированное РЛИ);
- ИП 2Б1 (ортотрансформированное РЛИ);
- ИП Р (радиометрически улучшенное РЛИ);

- продукт радарграмметрической (стерео) обработки

- ИП ЦКР-Р (цифровая карта рельефа местности);

- продукты интерферометрической обработки

- ИП ЦКФ-И (изображение интерферограммы);
- ИП ЦКК-И (изображение когерентности);
- ИП ЦКР-И (цифровая карта рельефа местности);
- ИП ЦКС-И (цифровая карта смещений);
- ИП ЦКИ-И (цифровая карта когерентного детектирования изменений);
- ИП ЦКТ-Р (цифровая карта типов поверхности);

- продукт обработки набора изображений

- ИП ЦКИ-Р (цифровая карта амплитудного детектирования изменений);
- МИП (мозаика информационных продуктов);

Производный информационный продукт:

- ОИП (обзорное изображение информационного продукта).

3.2 Описание технологических процессов формирования продуктов ДЗЗ

3.2.1 Уровни обработки данных ДЗЗ

Задача обработки сводится к получению радиолокационного изображения и дополнительных продуктов на основе радиолокационного изображения с требуемыми заказчиком параметрами.

В общем случае, радиолокационное изображение – это изображение земной поверхности, полученное с помощью радиолокатора с синтезированной апертурой в СВЧ-диапазоне электромагнитных волн после обработки полученной информации.

Основными и необходимыми этапами обработки информации, полученной с СПИ, являются этапы формирования радиоголограммы и синтезирования радиолокационного изображения.

На основе комплексного синтезированного изображения создаются все остальные продукты.

Уровень 0 производит первичные продукты. К ним относятся распакованные необработанные данные, с сопроводительной информацией. Поток информации с борта КА принимается на СПИ, где, используя состав кадрово-строчной информации (определяемый протоколом параметров), выделяется кадр радиоголограммы.

Уровень 1 производит стандартные продукты. К ним относятся данные, прошедшие обработку в системе координат съёмочного устройства. На средствах КПО НКПОР-КР проводится синтез исходной голограммы и технологическая обработка. Синтез – это процесс формирования радиолокационного изображения путём когерентного (с учётом фазы) суммирования отсчётов входной радиоголограммы в пределах синтезирования апертуры. Синтезированное изображение содержит амплитудную и фазовую составляющие. Технологическая обработка синтезированных

изображений включает радиометрическую коррекцию (в соответствии с формой диаграммы направленности антенны и дальностью до объектов съёмки внутри кадра РЛИ) и геореференцирование. Геореференцированное изображение содержит только амплитудную составляющую.

Уровень 2 производит стандартные продукты. К ним относятся данные, прошедшие геометрическое трансформирование. На средствах КСПО НКПОР-КР проводится геокодирование и ортотрансформирование РЛИ. Задача пространственной привязки – это преобразование точек снимка из антенной системы координат РСА в одну из картографических проекций. Таким образом, изображение становится ориентировано в направлении «север-юг». Коррекция проводится с использованием баллистических данных и ЦМР.

Уровень 3 производит базовые продукты. К ним относятся данные, полученные в результате дополнительной обработки одного или нескольких стандартных продуктов уровня 1 и 2, готовые для дальнейшей тематической обработки и анализа. На средствах КВО НКПОР-КР проводится высокоуровневая обработка, включая:

- точное геокодирование и точное ортотрансформирование,
- радиометрическое улучшение изображений,
- интерферометрическая обработка,
- стереообработка,
- мультिवременная композитная обработка амплитудных изображений,
- составление мозаики.

Задача точного геокодирования и точного ортотрансформирования - уточнение пространственной привязки. Коррекция одиночного изображения проводится с использованием опорной информации (опорные точки, ЦМР). Остальные продукты создаются по двум и более изображениям. Все продукты высокоуровневой обработки создаются по требованию заказчика.

Производный информационный продукт (обзорное изображение информационного продукта) формируется на всех уровнях (кроме 0) в составе информационной папки продукта.

Уровни обработки радиолокационной информации для каждого из режимов (ДПР, ДНР, ОР) остаются идентичными.

Общая схема по уровням обработки и схема взаимосвязи информационных продуктов приведены на рисунке 3.1 и рисунке 3.2

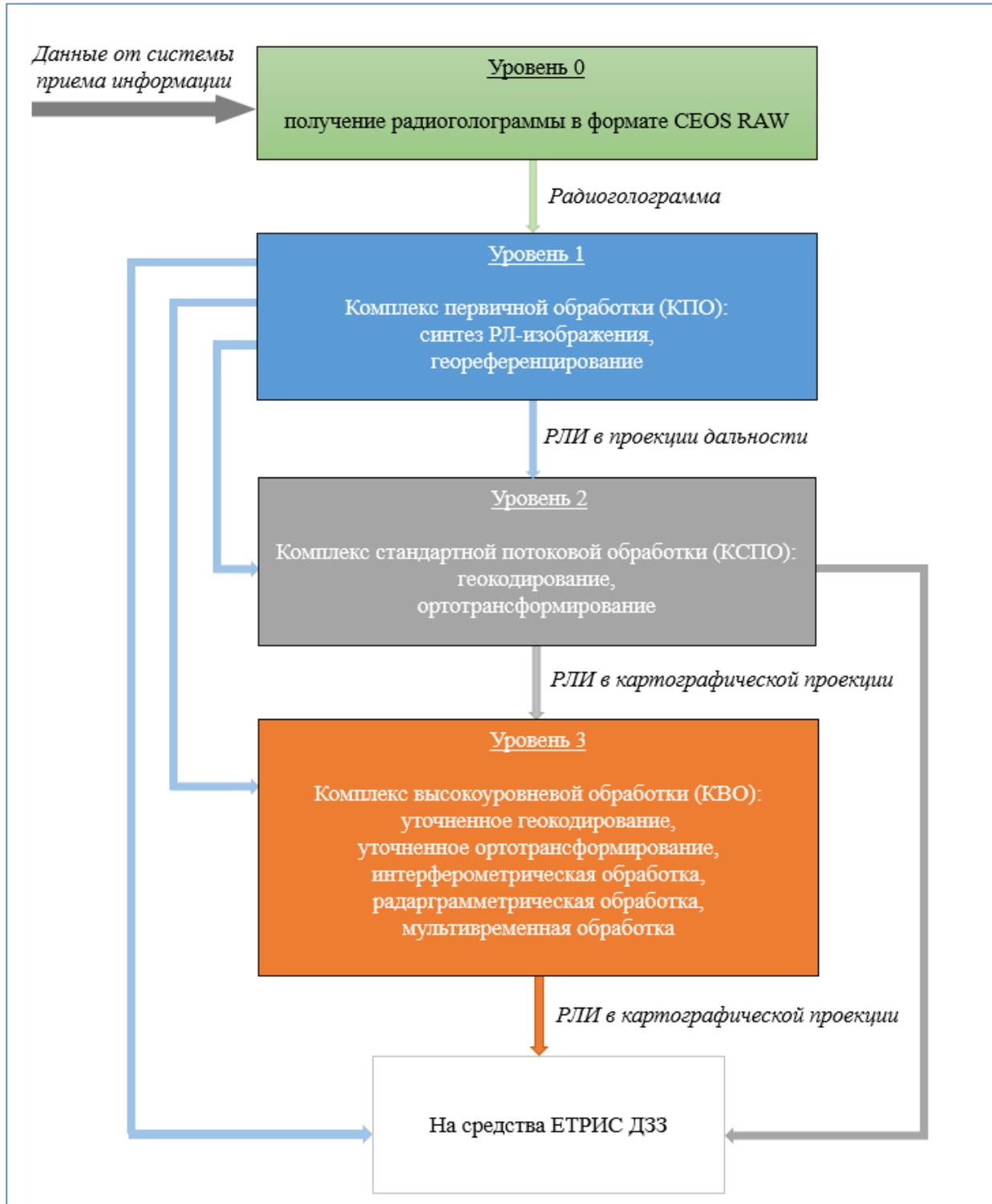


Рисунок 3.1 – Уровни обработки РЛ-информации В КЦОИ НКПОР-КР

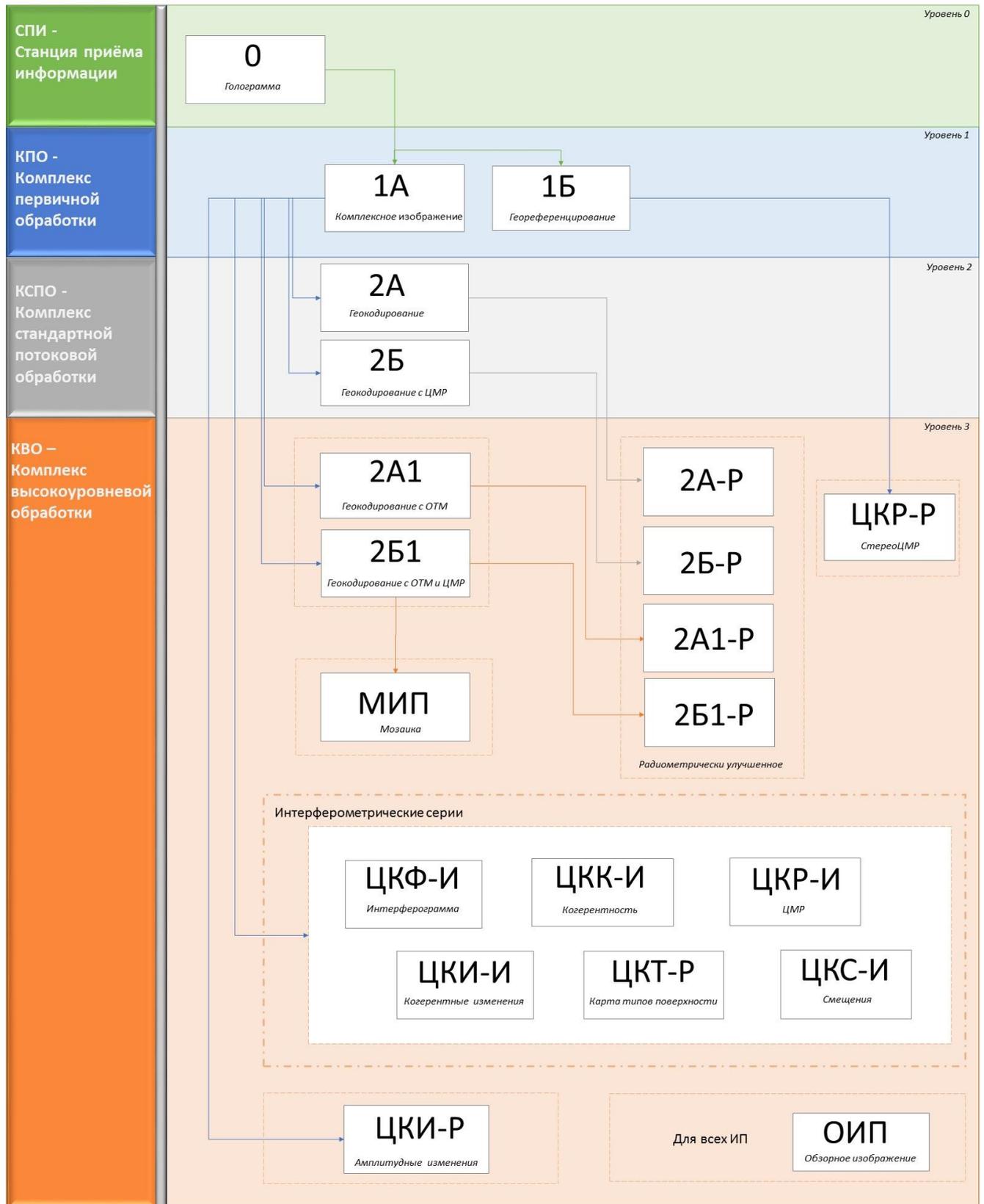


Рисунок 3.2 – Схема взаимосвязи информационных продуктов КС «Кондор-ФКА»

3.2.2.3 Интерферометрическая обработка

Интерферометрическая съёмка использует серию (минимум два) снимков одного участка земной поверхности, сделанных одним или двумя КА, которые движутся по параллельным орбитам. По двум снимкам вычисляется комплексная интерферограмма, представляющая собой также двумерную матрицу, в которой каждый элемент равен произведению сигнала первого снимка и комплексно сопряженного сигнала второго снимка. Таким образом, фаза каждого элемента комплексной интерферограммы равна разности фаз двух снимков.

Основными параметрами, влияющими на характеристики интерферометрической съёмки, являются:

- перпендикулярная базовая линия. С одной стороны, с увеличением перпендикулярной базовой линии растёт пространственная декорреляция и ошибка измерения фазы двух обрабатываемых совместно сигналов, с другой стороны большее значение перпендикулярной базовой линии приводит к большей чувствительности по высоте, то есть увеличивается точность измерения высоты рельефа;
- временной интервал между съёмками. Интервал между двумя последовательными съёмками РСА должен быть минимально возможным (интерферометрические задачи) для уменьшения влияния изменений отражательных характеристик земной поверхности (временной декорреляции).
- разность углов визирования двух съёмок не должна приводить к изменению фазы обратного отражения.

Под интерферометрической серией понимается совокупность данных радиолокационных наблюдений в интерферометрическом режиме конкретного участка местности, размер которого соответствует одному включению, объединённых общей геометрией и одним режимом съёмки. Серия интерферометрических съёмок должна проводиться на повторяющихся витках кратных периоду замыкания трассы. Интерферометрическая серия описывается следующим перечнем параметров:

- номером интерферометрической серии;
- признаком интерферометрической съёмки (интерферометрия/дифференциальная интерферометрия);

- режимом съемки (ДПР, ДНР, ОРр, ОР, ОРп,);
- геометрией съемки:
 - а) угол визирования;
 - б) направление обзора (левый/правый борт);
 - в) признак витка (нисходящий/восходящий));
- поляризацией (для ДНР);
- значениями базовых линий для всех вариантов интерферометрических пар в серии;
- метеопараметрами за 5 суток до съемки и на момент съемки каждого ИП 1А (апостериорными);
- признаками пригодности интерферометрических пар, полученных по результатам высокоуровневой обработки;
- полный перечень ИП высокоуровневой обработки, сформированных по данной серии и хранящихся в архиве.

По результатам интерферометрической и дифференциальной интерферометрической съемок в НКПОР-КР формируются следующие информационные продукты высокоуровневой обработки (ИП ВО):

- цифровая матрица относительных или абсолютных высот местности (ЦКР-И, DTM);
- цифровая матрица относительных смещений элементов земной поверхности (ЦКС-И, SMI);
- цифровая матрица, содержащая значения разности фаз интерферометрической пары (ЦКФ-И, IPH);
- цифровая матрица, содержащая значения параметра когерентности интерферометрической пары (ЦКК-И, COH);
- цифровая карта когерентного детектирования изменений (ЦКИ-И, DMI),
- цифровая карта типов поверхности (ЦКТ-Р)

Перед съёмкой необходимо получение сопутствующей информации (метеопараметры, состояние поверхности между съёмками, архивные цифровые модели рельефа, карты смещений, картографические материалы).

3.2.2.4 Фазовые измерения при формировании цифровой модели смещений дифференциально-интерферометрическим методом

В случае трёхпроходной интерферометрии исходными данными являются три комплексных радиолокационных снимка, образующие попарно три интерферометрические пары. Рассмотрим общий случай, когда смещения происходят непрерывно в течение периода времени между первой и последней съёмками и на основании трех исходных снимков могут быть получены три интерферограммы

Интерферограмма $I(1;3)$ от РЛИ1 и РЛИ3 содержит топографическую фазу на момент первой съёмки и фазовые смещения, обусловленные смещениями подстилающей поверхности за период времени между первой и третьей съёмками.

Интерферограмма $I(1;2)$ от РЛИ1 и РЛИ2 содержит топографическую фазу на момент первой съёмки и фазовые смещения, обусловленные смещениями подстилающей поверхности за период времени между первой и второй съёмками.

Интерферограмма $I(2;3)$ от РЛИ2 и РЛИ3 содержит топографическую фазу на момент второй съёмки и фазовые смещения, обусловленные смещениями подстилающей поверхности за период времени между второй и третьей съёмками.

Топографическая фаза на момент второй съёмки отличается от топографической фазы на момент первой съёмки тем, что содержит внутри себя фазовые смещения за период между первой и второй съёмками, отмасштабированные естественным образом в соответствии с разрешающей способностью по высоте интерферометрического метода построения ЦМР. Если перпендикулярная компонента базовой линии достаточно мала, можно считать, что топографические фазы равны.

Таким образом, можно сформировать три дифференциальных интерферограммы $Dint(I(1;3) - I(1;2))$, $Dint(I(1;3) - I(2;3))$, $Dint(I(1;2) - I(2;3))$.

Если используется:

– дифференциальная интерферограмма $Dint(I(1;3) - I(1;2))$, то результатом работы метода является цифровая карта смещений в направлении «центр кадра – радиолокатор» за период между второй и третьей съёмками.

дифференциальная интерферограмма $Dint(I(1;3) - I(2;3))$, то результат – карта смещений за период между первой и второй съёмками.

– дифференциальная интерферограмма $Dint(I(1;2) - I(2;3))$, то результат имеет менее ясный смысл – это карта разностей смещений за периоды между РЛИ1-РЛИ2 и РЛИ2-РЛИЗ соответственно.

В случае четырёхпроходной дифференциальной интерферометрии исходными данными являются четыре комплексных радиолокационных снимка, образующие попарно, хотя бы две интерферометрические пары. Смысл смещений, выявляемых на основе полученной на их основе дифференциальной интерферограммы, выясняется точно так же, как это делалось в описании трехпроходной дифференциальной интерферометрии, представленном выше.

В случае двухпроходной дифференциальной интерферометрии исходными данными являются интерферометрическая пара комплексных радиолокационных снимков и файл цифровой модели рельефа на один и тот же район подстилающей поверхности. Отличие метода от трёхпроходного варианта состоит в формировании модельной интерферограммы на основе цифровой модели рельефа и использовании ее совместно с реальной интерферограммой для получения дифференциальной интерферограммы.

3.2.2 Виды коррекции

3.2.2.1 Геометрическая коррекция:

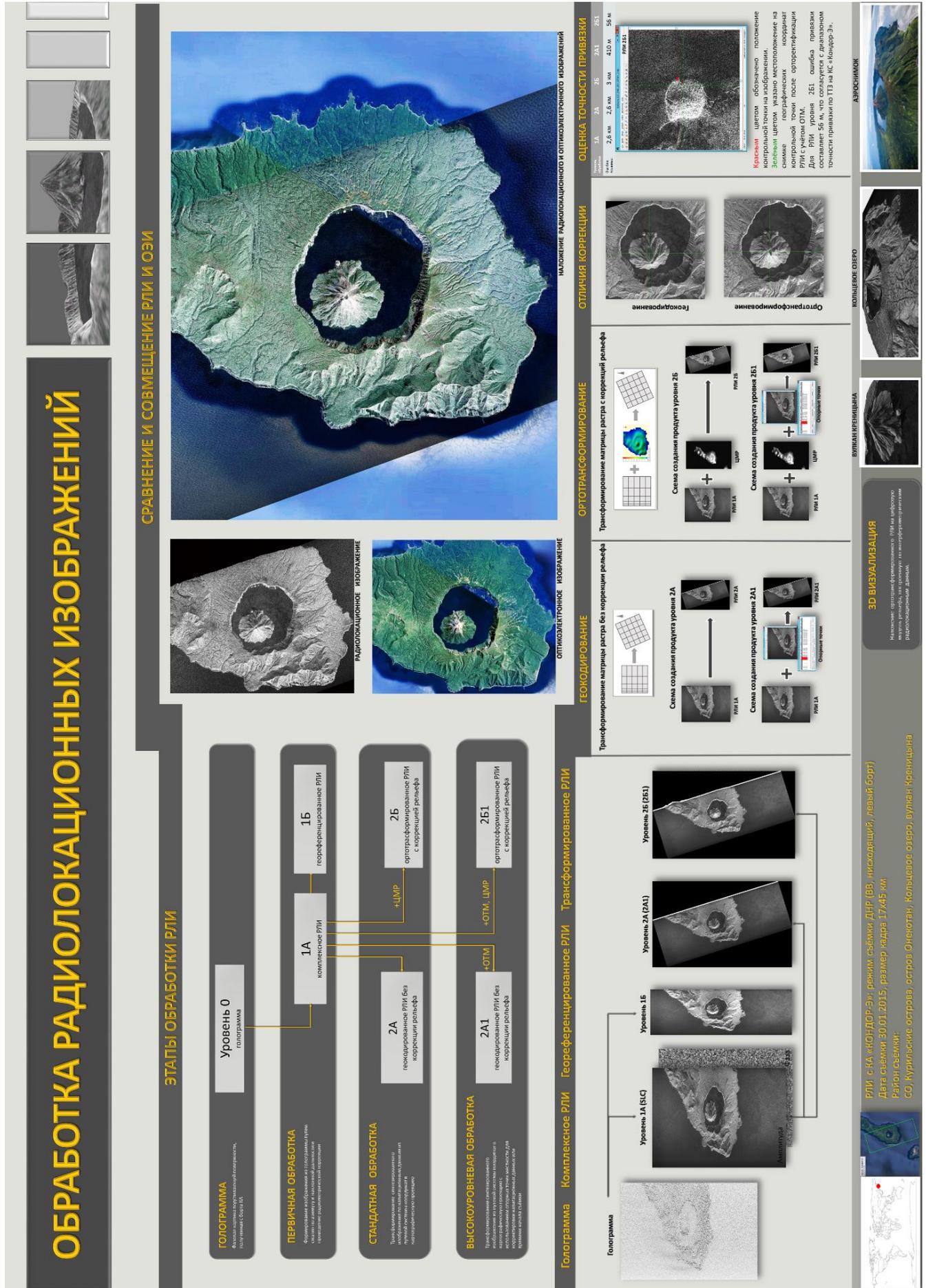
Различные виды коррекции отличаются использованием дополнительных источников привязки: баллистические данные, опорные точки местности, цифровые модели рельефа (рисунок 3.3).

Геореференцирование – операция обработки, на выходе которой формируется снимок в путевой системе координат «время - наземная дальность». Растр снимка трансформируется таким образом, чтобы обеспечить заданное межпиксельное расстояние на земной поверхности.

Геокодирование – преобразование географических координат точек снимка из антенной системы координат РСА в одну из картографических проекций. В геокодированном изображении снимок ориентирован в направлении «север – юг». Межпиксельное расстояние определяется в единицах проекции (градусах или метрах).

Орточтрансформирование – пересчёт картографических координат точек снимка на опорной поверхности с учётом локальных возвышений рельефа. Эта операция проводится с привлечением цифровой модели рельефа поверхности. Цифровая модель рельефа представляет собой двумерную матрицу, каждому элементу которой поставлена в соответствии тройка координат: широта, долгота, высота. Яркость каждого элемента пропорциональна возвышению соответствующей точки на земной поверхности над геоидом (уровнем моря).

Точное геокодирование и точное орточтрансформирование – уточнение географических координат снимка по наземным опорным точкам местности с участием оператора. Опорные точки должны иметь точность, превосходящую на порядок точность представления баллистических данных.



Голограмма

Уровень 1А (SIC)

Уровень 1Б

Уровень 2А (2A1)

Уровень 2Б (2Б1)

РЛИ с КА «КОНДОР-ЭК» режим съемки ДНУ (ВВ, нисходящий, левый борт)

Дата съемки 30.01.2015, размер кадра 17x15 км

Регион съемки:

СО, Курильские острова, остров Онекан, Кольцовое озеро, вулкан Кранидзюна

Рисунок 3.3 – Геометрическая коррекция РЛИ

3.2.2.2 Коррекция интерферометрических данных

Снимки интерферометрической серии, полученные на разных витках, будут смещены и повернуты относительно друг друга. Для точного подсчёта интерферограммы радиолокационные изображения должны быть совмещены с точностью лучше размера элемента изображения. Чем точнее совмещены изображения, тем выше будет отношение сигнал/шум и тем меньше будет фазовых ошибок на интерферограмме.

Целью коррекции интерферометрических данных является устранения несоответствия между несколькими изображениями в интерферометрической серии. На этапе планирования и первичной обработки необходимо уточнение следующих параметров:

- доплеровской частоты, вычисляемой в процессе первичной обработки;
- параметров базовых линий интерферометрических пар;
- априорных ПДЦМ;
- априорных метеоданных по состоянию среды распространению сигнала и подстилающей поверхности на момент планируемой съемки.

На этапе первичной обработки вычисляется значение средней доплеровской частоты для всех обрабатываемых ИП 0 интерферометрической серии и производится формирование каждого ИП 1А с использованием полученного среднего значения доплеровской частоты.

На этапе высокоуровневой обработки для анализа источников фазовых шумов необходимо использование:

- апостериорных метеоданных, полученных от КРТМ на момент съемки,
- карт уклонов местности;
- карт типов подстилающей поверхности.

При формировании ИП интерферометрической обработки необходима опорная информация (опорные точки местности) для уточнения привязки и для получения абсолютных значений высоты рельефа. При отсутствии такой информации будет получена цифровая модель рельефа в относительных значениях высоты.

3.2.2.3 Радиометрическая коррекция

Радиолокационные изображения имеют искажения яркости по строке дальности, которые обуславливаются следующими причинами:

- неравномерность диаграммы направленности в плоскости, перпендикулярной направлению полета;
- зависимостью отраженного сигнала от наклонной дальности.

Целью радиометрической коррекции является получение примерно равных значений средней яркости одинаковых участков изображений и равномерной яркости и контрастности по всему полю изображения (унификация гистограмм по средней яркости и дисперсии).

Для коррекции искажений яркости РЛИ используются различные алгоритмы. Метод яркостной коррекции изображения на основе статистического анализа изображения использует алгоритм выравнивания яркости по строке дальности, суть которого состоит в следующем:

- производится осреднение значений пикселей в каждом элементе дальности по всем азимутальным строкам;
- полученные коэффициенты в каждом элементе дальности нормируются на количество строк по азимуту;
- каждая строка дальности умножается на полученную корректирующую функцию.

Этот алгоритм не учитывает конкретную геометрию обзора и диаграмму направленности антенны, которые специфичны для каждого датчика. Это позволяет проводить приближенную коррекцию любых РЛИ независимо от источника, но при этом теряются радиометрические параметры изображения.

Более точный алгоритм использует информацию о конкретной геометрии обзора на основе служебной информации РСА, навигационной информации и данных по диаграмме направленности антенны, что позволяет корректировать РЛИ с сохранением всех радиометрических свойств изображения в каждой его точке, и затем измерять ЭПР любого объекта (группы объектов) на снимке.

3.2.3 Геометрическая калибровка

Геометрическая калибровка для РСА предполагает калибровку антенны с целью точного попадания центра диаграммы направленности антенны (ДНА) в заданную точку снимаемого участка местности. После проведения съёмки полученная радиоголограмма через бортовую систему сбора и передачи данных передаётся на наземные пункты приёма, где проходит обработку с получением радиолокационного изображения (РЛИ). В результате анализа РЛИ получают значения расхождения угла установки антенны РСА и полученные расхождения учитываются при задании параметров для дальнейших съёмок.

Для РСА не предусмотрена предполётная геометрическая калибровка, поскольку она предполагает использование стенда полунатурного моделирования, на котором бы проводилась калибровка РСА с развёрнутым рефлектором и использованием имитаторов фоно-целевой обстановки.

В процессе лётных испытаний и штатной эксплуатации для РСА предусмотрены способы определения расхождения заданного и фактического направления центра ДНА по азимуту и углу места (режимы ЮР2 и ЮР3 соответственно).

Режим ЮР2 предназначен для определения реального положения электрической оси антенного устройства по азимуту. В результате обработки РЛИ в режиме ЮР2 должна быть получена величина угловой ошибки прицеливания по азимуту, которую используют для поправок ориентации изделия «Кондор-ФКА» при съёмке по углам курса и тангажа.

Режим ЮР2 подобен маршрутному режиму съёмки. Отличается более высокой частотой повторения зондирующих импульсов (ЗИ) для однозначного определения доплеровских частот. Центральная частота доплеровского центроида определяет положение электрической оси ДНА, нулевая доплеровская частота определяет направление на траверс.

Режим ЮР2 проводится как для горизонтальной, так и для вертикальной поляризации облучателя. Наведение антенного устройства по углу места осуществляется перед началом съёмки и её положение в процессе съёмки не изменяется. Для проведения съёмки в данном режиме используется центральный (№ 13) луч.

Район съёмки в ЮР2 должен иметь равнинный характер с равномерной удельной эффективной площадью рассеивания (УЭПР) и достаточным уровнем отражённого сигнала. Не следует выбирать гористую местность или морскую поверхность. Предпочтителен массив тайги или джунглей на равнинной местности.

Продолжительность съёмки в ЮР2 составляет $1 \div 2$ с, что соответствует протяжённости маршрута $7 \div 15$ км.

Радиолокационная голограмма, полученная в режиме ЮР2, обрабатывается в наземном комплексе обработки. Данная голограмма не предполагает синтеза по азимуту и дальности. На выходе программно-математического модуля обработки данных от РСА в режиме ЮР2 получают угол отклонения оптической оси антенного устройства КА от траверса с указанием знака.

Режим ЮР3 используют для определения реального положения электрической оси антенного устройства РСА по углу места и расчёта поправки по углу отклонения антенны РСА. После обработки РЛИ должна быть получена величина углового смещения максимума ДНА в вертикальной плоскости (YOZ изделия) и выданы угловые поправки при наведении луча антенной системы на опорную точку.

Для проведения съёмки выбранного участка местности используется центральный луч (№13) при любом положении облучателя (вертикальная или горизонтальная поляризация).

Наведение АУ по углу места осуществляется перед началом съёмки и её положение в процессе съёмки не изменяется.

Режим ЮР3 подобен маршрутному режиму съёмки. Отличается низкой частотой повторения ЗИ, обеспечивающей наибольшую полосу захвата.

Продолжительность съёмки в ЮР3 составляет $1 \div 2$ с.

Радиолокационная голограмма, полученная в режиме ЮР3 обрабатывается в наземном комплексе обработки. На вход программного модуля обработки данных в режиме ЮР3 поступает радиолокационная голограмма, прошедшая сжатие по дальности. На выходе программно-математического модуля обработки данных от изделия в режиме ЮР3 получают угол отклонения оптической оси антенного устройства КА от надира.

3.2.4 Радиометрическая калибровка данных

Радиометрическая калибровка РЛИ проводится с целью получения поправочных калибровочных коэффициентов для оценки ЭПР объектов.

Калибровочный коэффициент определяет отношение между интенсивностью сигнала, отраженного от объекта и его истинным (паспортным) значением ЭПР. Для определения калибровочного коэффициента могут использоваться цели с известными отражательными свойствами - как точечные яркие калибровочные объекты, так и протяженные, такие как тропические леса Амазонки.

Определение калибровочных коэффициентов проводится по снимкам потенциальной миры полигона с УО. Съёмки производятся в режимах ДНР и ДПР в различных зонах дальностей – ближней, средней и дальней. Для съёмки в режиме ДНР используется центральный луч №13, с длительностью сеанса 15 сек. После проведения съёмки полученная радиоголограмма через бортовую систему сбора и передачи данных передаётся на наземные пункты приёма, где проходит обработку с получением радиолокационного изображения (РЛИ) до уровня 1А.

Проводится анализ отклонения значений интенсивности отраженного сигнала для каждого УО от их паспортных значений. Полученные значения аппроксимируются полиномом первого порядка. Такой анализ проводится для углов съёмки приблизительно равных: 25, 30, 35, 40, 45, 50. Таким образом, набирается серия полиномов (или уравнений прямых) для различных углов падения и режимов съёмки.

Значения поправочных коэффициентов записываются в текстовый файл и могут быть экспортированы в исходный файл уровня 1А. В результате импорта РЛИ во внутренний формат программы обработки проводится пересчет значения амплитуды полученного сигнала на изображении 1А в значение ЭПР каждого пиксела.

3.2.5 Системы координат

3.2.5.1 В процессе проведения съёмки диаграмма направленности радиолокационной аппаратуры наводится на заданную точку местности. При этом задачей СУД в части обеспечения наведения является поддержание путевой системы координат для компенсации угловой скорости вращения Земли. Съёмка производится в

режиме бокового (или скошенного) обзора. Наведение оси визирования по углу места осуществляется перед началом съемки. Расчетное значение программного угла крена определяется на момент траверза углом визирования опорной точки, соответствующей району наблюдения. Значение угла курса на момент траверза определяется из условия обнуления радиальной составляющей скорости сближения центра масс КА с опорной точкой наведения.

Наведение оси визирования целевой аппаратуры, установленной на КА, осуществляется за счёт её переориентации на угол крена относительно корпуса КА, связанные оси которого стабилизированы в путевой системе координат. Направление осей системы координат, связанной с целевой аппаратурой, совпадает с одноимёнными осями связанной системы координат КА. При этом начальное положение оси визирования целевой аппаратуры совпадает с направлением, противоположным оси OY_1 ССК. В качестве систем координат, используемых при наведении целевой аппаратуры, применяются следующие правые прямоугольные системы координат (рисунок 3.7):

1) связанная система координат $Ox_1Y_1Z_1$ (ССК):

- начало координат расположено в центре масс КА;
- ось Ox_1 совпадает с продольной осью КА;
- ось OY_1 ортогональна оси Ox_1 и направлена вверх в вертикальной плоскости симметрии;
- ось OZ_1 дополняет систему координат до правой;

2) орбитальная система координат $Ox_0Y_0Z_0$ (ОСК):

- начало координат расположено в центре масс КА;
- ось OY_0 лежит в плоскости орбиты и направлена по радиус-вектору \vec{r} от центра масс Земли;
- ось Ox_0 лежит в плоскости орбиты и направлена перпендикулярно оси OY_0 по трансверсали в сторону движения КА (по проекции вектора абсолютной скорости центра масс КА на плоскость местного горизонта);
- ось OZ_0 перпендикулярна плоскости орбиты и дополняет систему координат до правой;

3) путевая система координат $Ox_{Пут}Y_{Пут}Z_{Пут}$ (ПутСК):

- начало координат расположено в центре масс КА;
- ось $OY_{Пут}$ лежит в плоскости орбиты и направлена по радиус-вектору \vec{r} от центра масс Земли;
- ось $OX_{Пут}$ направлена по вектору путевой скорости КА относительно опорной точки (ПСТ или точки наведения);
- ось $OZ_{Пут}$ дополняет систему координат до правой.

Вектор путевой скорости $\vec{V}_{пут}$ центра масс КА относительно опорной точки на поверхности Земли определяется соотношением

$$\vec{V}_{пут} = \vec{V}_Г - \vec{\omega}_3 \times \vec{D},$$

где $\vec{D} = \vec{r}_{КА} - \vec{r}_{ТН}$ – вектор дальности от центра масс КА до опорной точки на поверхности Земли;

$\vec{\omega}_3$ – вектор угловой скорости вращения Земли;

$\vec{V}_Г$ – вектор скорости движения центра масс КА относительно центра Земли (в гринвичской системе координат);

$\vec{r}_{КА}$ – радиус-вектор центра масс КА;

$\vec{r}_{ТН}$ – радиус-вектор точки наведения.

Матрица ориентации путевой системы координат относительно орбитальной имеет вид:

$$M_{орб \rightarrow пут} = \begin{pmatrix} \cos \psi_{пут} \cdot \cos \theta_{пут} & \sin \theta_{пут} & -\sin \psi_{пут} \cdot \cos \theta_{пут} \\ -\cos \psi_{пут} \cdot \sin \theta_{пут} & \cos \theta_{пут} & \sin \psi_{пут} \cdot \sin \theta_{пут} \\ \sin \psi_{пут} & 0 & \cos \psi_{пут} \end{pmatrix},$$

где $\psi_{пут}$ – путевой угол (угол между осью $OX_{ОСК}$ и проекцией путевой скорости на плоскость местного горизонта);

$\theta_{пут}$ – угол наклона вектора путевой скорости к плоскости местного горизонта;

4) гринвичская геоцентрическая система координат $OX_Г Y_Г Z_Г$ (ГСК), вращающаяся вместе с Землей:

- начало координат расположено в центре масс Земли;
- ось $OX_Г$ направлена вдоль линии пересечения плоскости земного экватора с плоскостью гринвичского меридиана на текущую эпоху;

- ось OZ_G направлена к международному условному началу (вдоль оси вращения Земли);
- ось OY_G дополняет систему координат до правой.

На рисунке 3.4 приведены описанные выше системы координат, рисунок дополнен основными параметрами опорной точки (ПСТ и точки наведения):

$\lambda_{ВУ}$ - долгота восходящего узла;

i - наклонение орбиты;

u - аргумент широты;

$\lambda_{ВУ_{пут}}$ - путевая долгота восходящего узла;

$u_{пут}$ - путевой аргумент широты;

$i_{пут}$ - путевое наклонение орбиты;

$V_{пут}^{ПСТ}$ - вектор путевой скорости относительно подспутниковой точки;

$\lambda_{ТН}$, $\varphi_{ТН}$ - долгота и широта точки наведения;

$\lambda_{ПСТ}$, $\varphi_{ПСТ}$ - долгота и широта подспутниковой точки;

$r_{ПСТ}$ - радиус вектор подспутниковой точки;

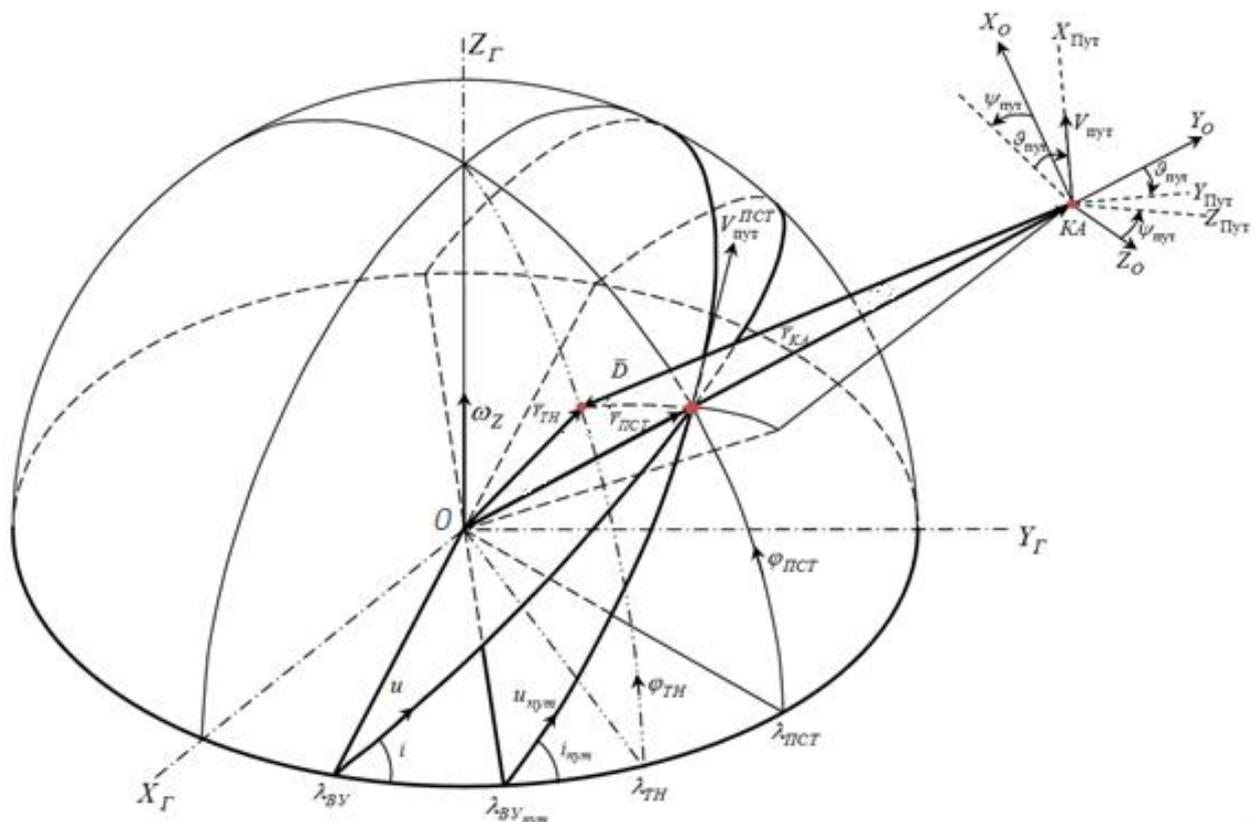


Рисунок 3.4 – Системы координат

3.2.5.2 Система координат синтезирования

Описание процесса синтезирования апертуры антенны в РЛС космического базирования можно произвести с помощью системы координат синтезирования (СКС), ось OZ которой соединяет центр земли O и точку положения космического аппарата (КА) в середине интервала синтезирования (ИС) $-T_c/2 \leq t < T_c/2$, ось OY проходит через точку прицеливания P_0 на земной поверхности, а ось OX образует с ними правую прямоугольную систему координат и по направлению совпадает с направлением движения космического аппарата (КА), как это показано на рисунке 3.5.

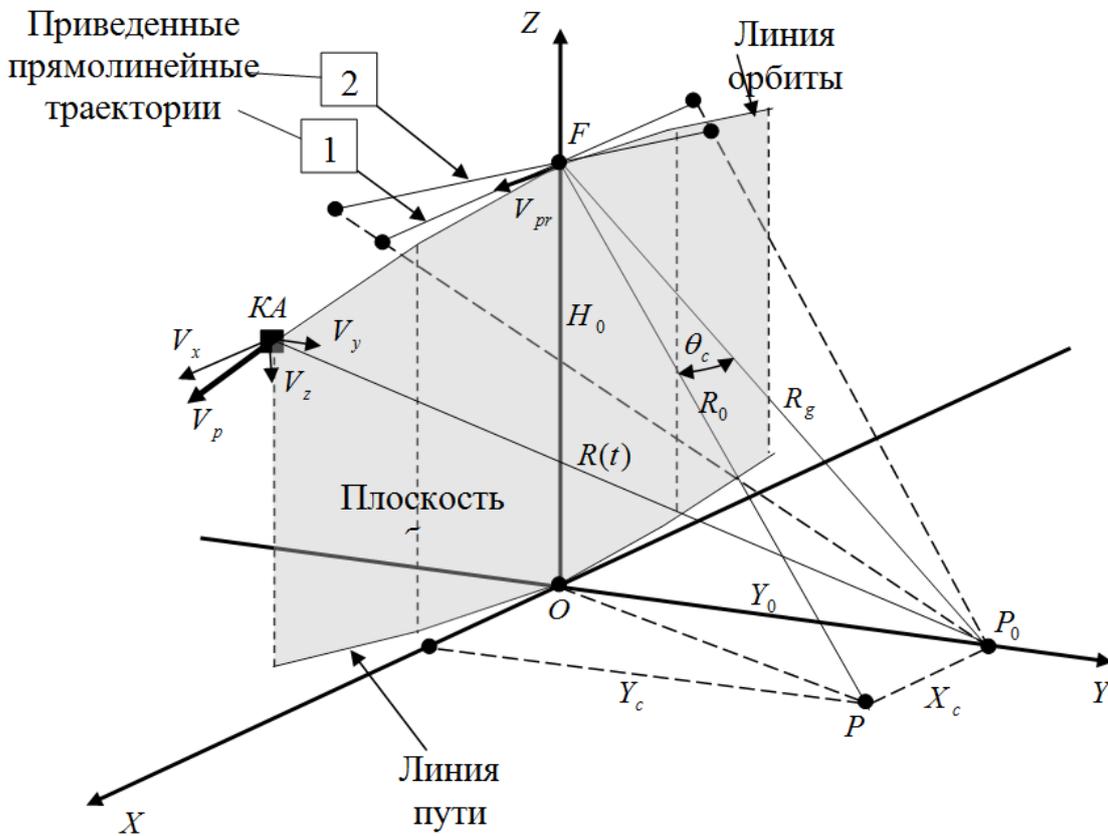


Рисунок 3.5 – Система координат синтезирования

Обычно точка прицеливания P_0 (центр формируемого кадра радиолокационного изображения (РЛИ)) выбирается так, что расстояние $R(t)$ между ней и положением КА в середине ИС (точка F) было минимально $R(0) = \min$. Другим признаком такой ориентации СКС относительно точки P_0 может служить равенство нулю первой производной функции $R(t)$ в нулевой момент времени $R'(0) = 0$. Функция $R'(t)$ имеет физический смысл радиальной составляющей скорости КА $V_R(t)$.

Необходимо отметить, что при строго круговой орбите, когда вертикальная составляющая земной скорости КА V_z равна нулю, плоскость XOY СКС совпадает с локальным положением плоскости орбиты КА, в противном случае плоскость XOY развернута относительно плоскости орбиты на небольшой угол, компенсирующий вертикальную составляющую скорости КА.

3.2.5.3 Система координат радиолокационного изображения

Радиолокационное изображение обычно предоставлено в одной из следующих систем координат:

Антенная система координат – представляет собой двумерный массив с осями азимута (направление путевой скорости КА) и наклонной дальности (направление линии визирования от РСА до точки на поверхности Земли).

Наземная система координат – представляет собой двумерный массив с осями азимута (направление путевой скорости КА) и наземной дальности (направление линии визирования от подспутниковой точки до точки на поверхности Земли).

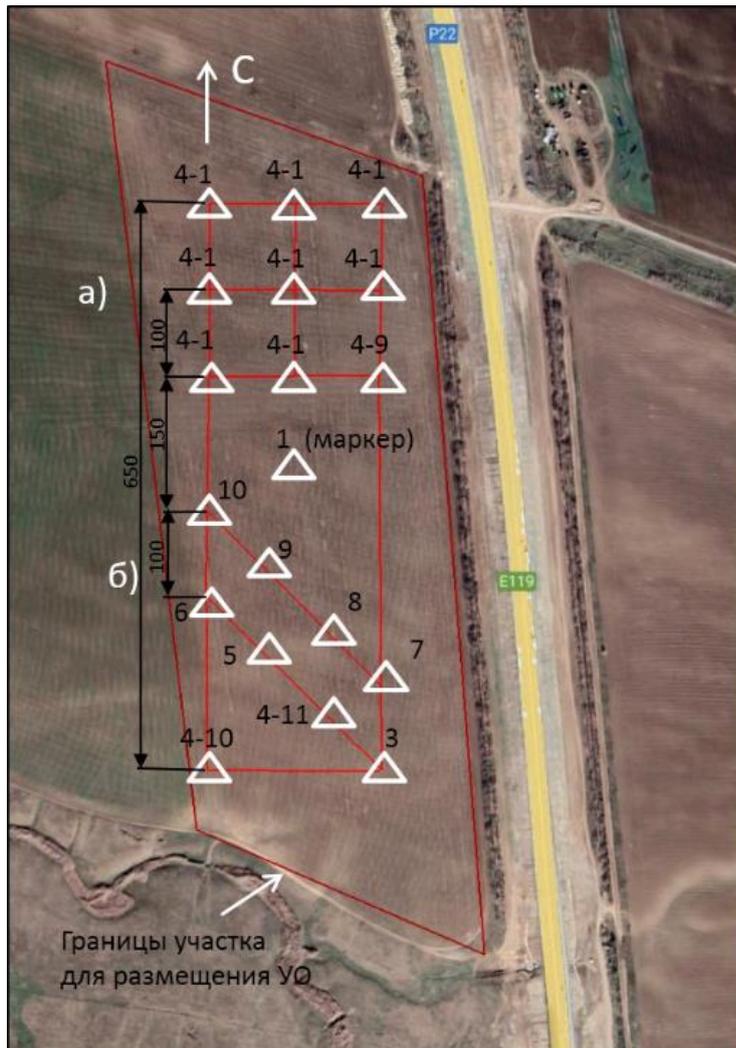
3.2.6 Точность характеристик продуктов ДЗЗ

Проверка соответствия радиолокационной информации КС «Кондор-ФКА» требованиям ТТЗ осуществляется по программам и методикам, определенным документом «Космическая система «Кондор-ФКА». Программа летных испытаний» [5].

Для верификации КС «Кондор-ФКА» используется тестовый участок радиолокационного диапазона [6], включающий:

- Тест-объект №1. Пространственная мира для оценки пространственных геометрических характеристик РСА, состоящая из 9 радиолокационных отражателей;
- Тест-объект №2. Потенциальная мира (радиометрическая) для оценки радиометрических характеристик РСА, состоящая из 15 радиолокационных отражателей.

На рисунке 3.6 приведена базовая схема расстановки УО на тест-объекте при проведении летных испытаний КС «Кондор-ФКА».



ЭПР УО:

4-1 – 4-11 – 25 дБ

1 – 38,62 дБ

3 – 30 дБ

5 – 20 дБ

6 – 15 дБ

7 – 10 дБ

8 – 5 дБ

9 – 0 дБ

10 – -5 дБ

Рисунок 3.6 – Базовая схема расстановки УО на тест-объекте КТУ РЛД:

а – пространственная мира для оценки геометрических характеристик РСА;

б – потенциальная мира для оценки радиометрических характеристик РСА;

1 - маркер (точка прицеливания)

Подтверждаемые характеристики:

1) При полной орбитальной группировке из двух КА КС должна обеспечивать проведение радиолокационных съемок земной поверхности в ДПР, ДНР и ОР с возможностью реализации интерферометрической съемки в каждом из указанных режимов:

- в ДПР с разрешением не более 1-2 м и размером кадра не менее 10x10 км;

- в ДНР с разрешением не более 2-3 м при полосе захвата не менее 10 км;

- в ОР с разрешением в зависимости от полосы захвата не более 6-12 м при полосе захвата - 20-100 км;

- полосу обзора не менее 2x500 км;

- интерферометрическую и дифференциальную съемку в ДПР, ДНР, ОР.

2) Ошибка реализации положения границ снимаемого кадра относительно заданного положения (3σ):

- в ДПР, ДНР не более 0,5 - 1,0 км;

- в ОР не более 1,5 - 3,0 км.

3) Возможность привязки РЛИ к топографическим координатам в режимах ДПР, ДНР с ошибкой (1σ) не более:

- при наличии реперов 10-30 м;

- при отсутствии реперов 30-90 м.

4) При получении интерферометрических данных в режимах ДПР, ДНР среднеквадратическую погрешность:

- определения относительной высоты элементов рельефа местности не более 2-4 м при шаге отметок 10 - 20 м;

- измерения сдвигов элементов сюжета относительно друг друга за время, прошедшее между съёмками не более 20 мм в направлении линии визирования.

5) Радиометрическое разрешение, не хуже:

- 3,0 дБ в ДПР;

- 3,0 дБ в ДНР;

- 2,0-3,0 дБ в ОР.

6) Радиометрическая чувствительность (шумовой эквивалент) в зависимости от угла визирования, не хуже:

- минус 22-20 дБ в ДПР;

- минус 25-21 дБ в ДНР;

- минус 30-25 дБ в ОР.

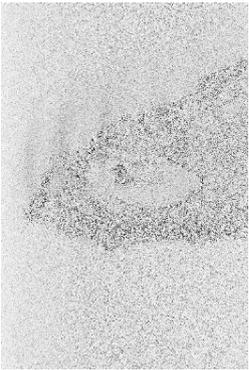
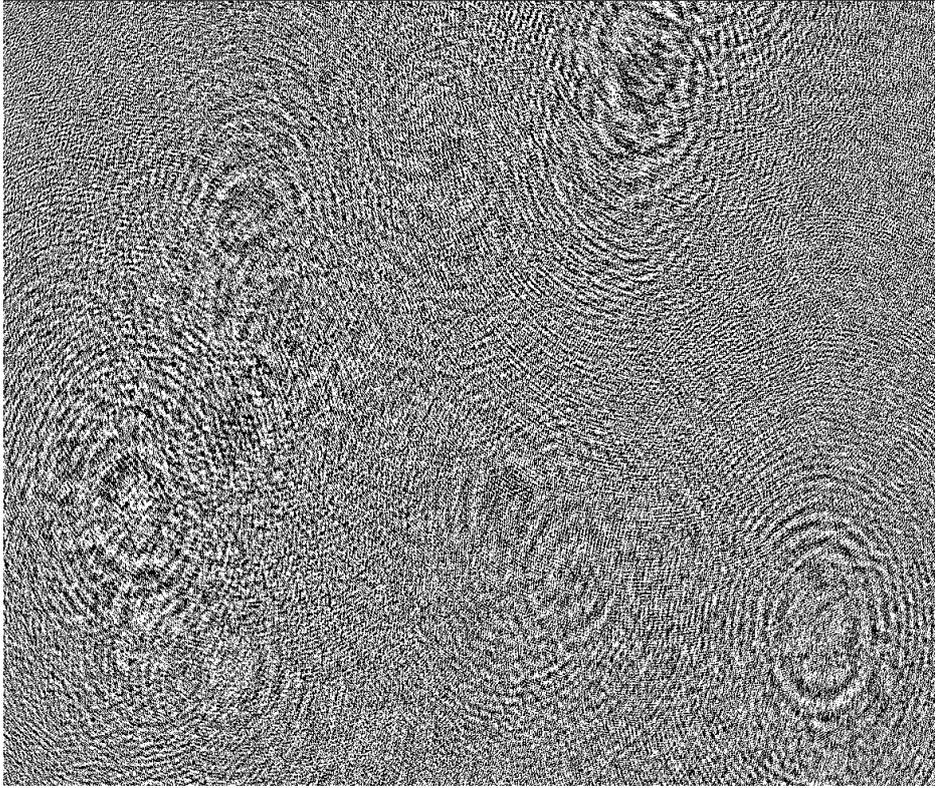
7) Динамический диапазон линейно воспроизводимых яркостей деталей изображения во всех режимах должен быть не менее 30 дБ.

11) Возможность привязки радиометрической шкалы на момент съёмки к реальным значениям УЭПР отражающей поверхности со среднеквадратической ошибкой не более 1-3 дБ в пределах динамического диапазона.

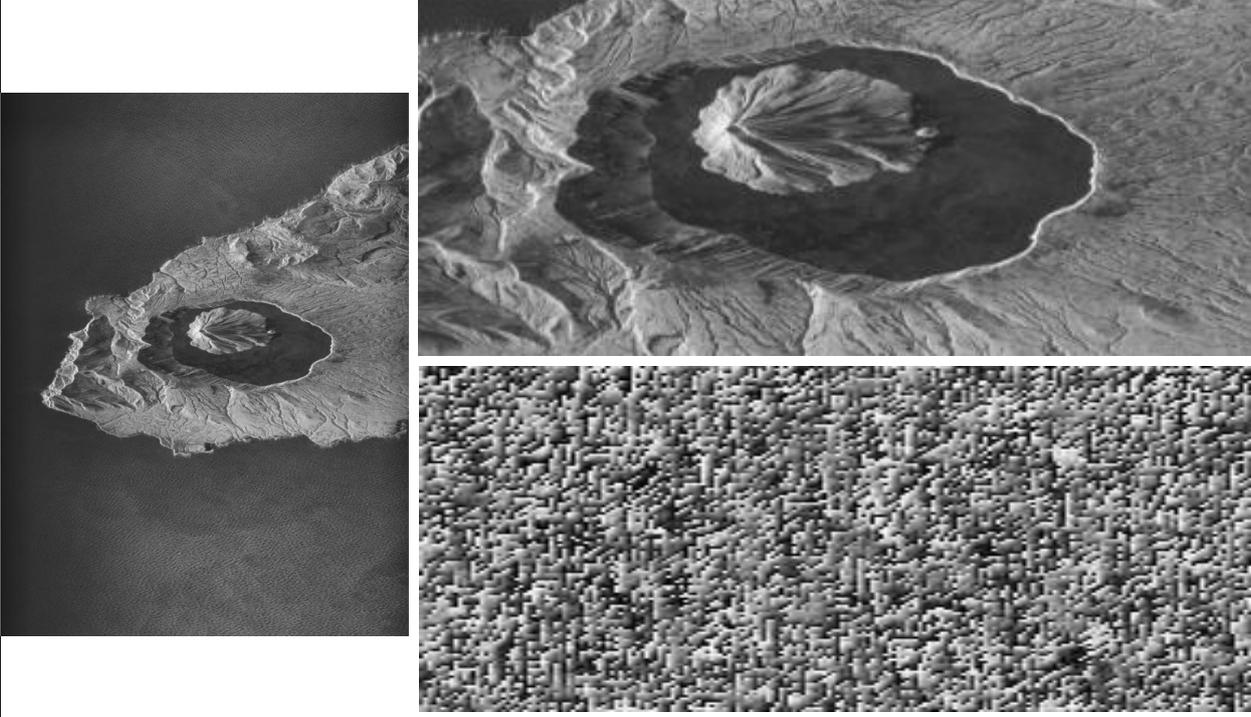
3.3 Состав продуктов ДЗЗ

В таблице 5 представлено подробное описание каждого ИП.

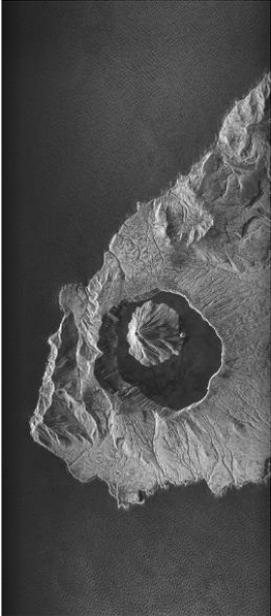
Таблица 5 – Продукты КС Кондор-ФКА

Станция приема информации		
уровень 0	Радиоголограмма	продукт RAW код типа SAR-0
		
	Продукт формируется в комплексе приема информации.	
Описание	Матрица комплексных величин, соответствующих значениям принятого траекторного сигнала в узлах прямоугольной равномерной сетки в проекции наклонной дальности, сопровождаемая кадровой и строковой служебной информацией.	
Тип данных	Представлена в комплексной форме (синфазная и квадратурная составляющие) в формате 1 байт на комплексный отсчет.	
Формат	CEOS уровня 0	
Назначение	Продукт для получения радиолокационного изображения.	

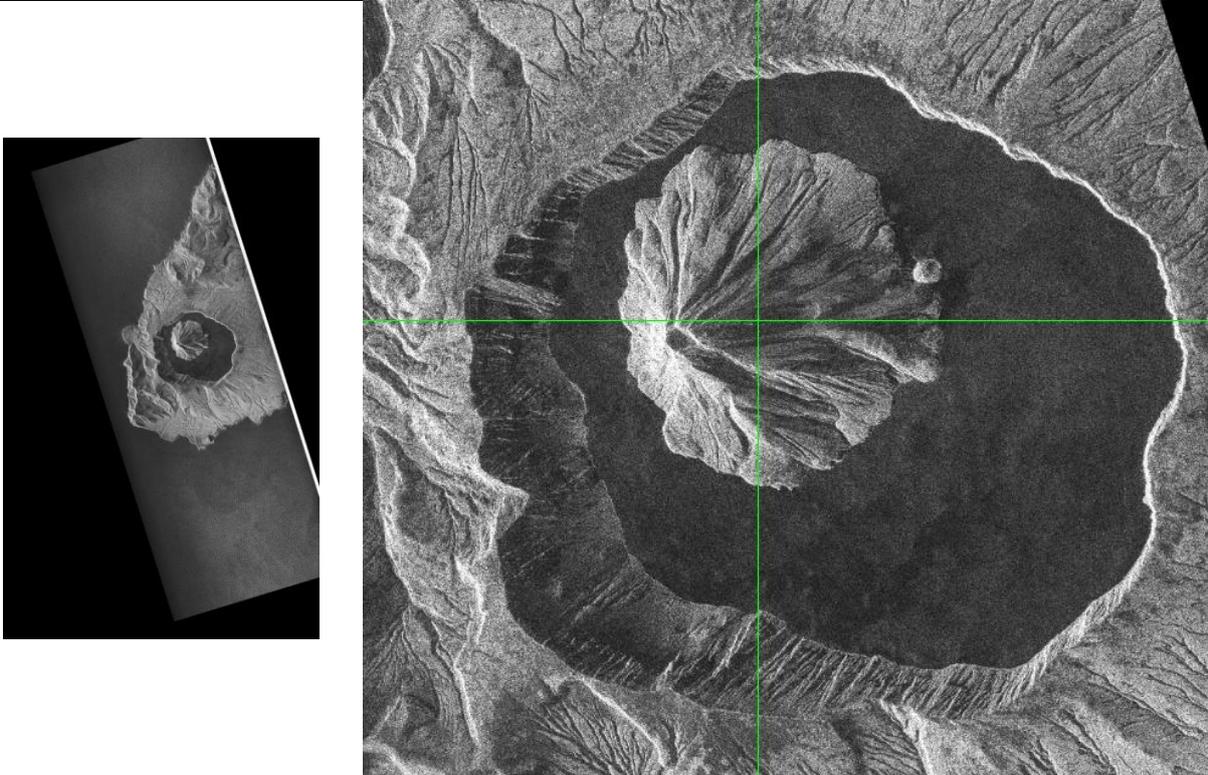
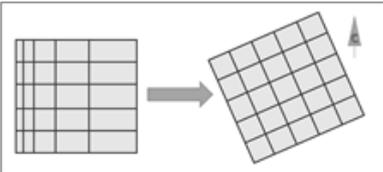
Продолжение таблицы 5

Комплекс первичной обработки	
уровень 1	Комплексное РЛИ продукт 1А код типа SAR-1А
	
Описание	РЛИ в антенной системе координат (наклонная дальность – азимут). Изображение, сформированное путём когерентного (с учётом фазы) суммирования отсчётов входной радиоголограммы в пределах синтезирования апертуры. Межпиксельное расстояние по дальности определяется частотой АЦП приемника РСА, по азимуту – реальной или приведенной частотой повторения зондирующих импульсов. Проведена радиометрическая коррекция.
Входные данные	Продукт уровня 0 (радиоголограмма).
Тип данных	Комплексный, квадратуры – целые знаковые числа, 2 байта на квадратуру.
Формат	CEOS уровня 1.
Назначение	Основной радиолокационный продукт. Используется при создании продуктов 2 уровня и продуктов высокоуровневой обработки, в том числе на основе интерферометрических пар).

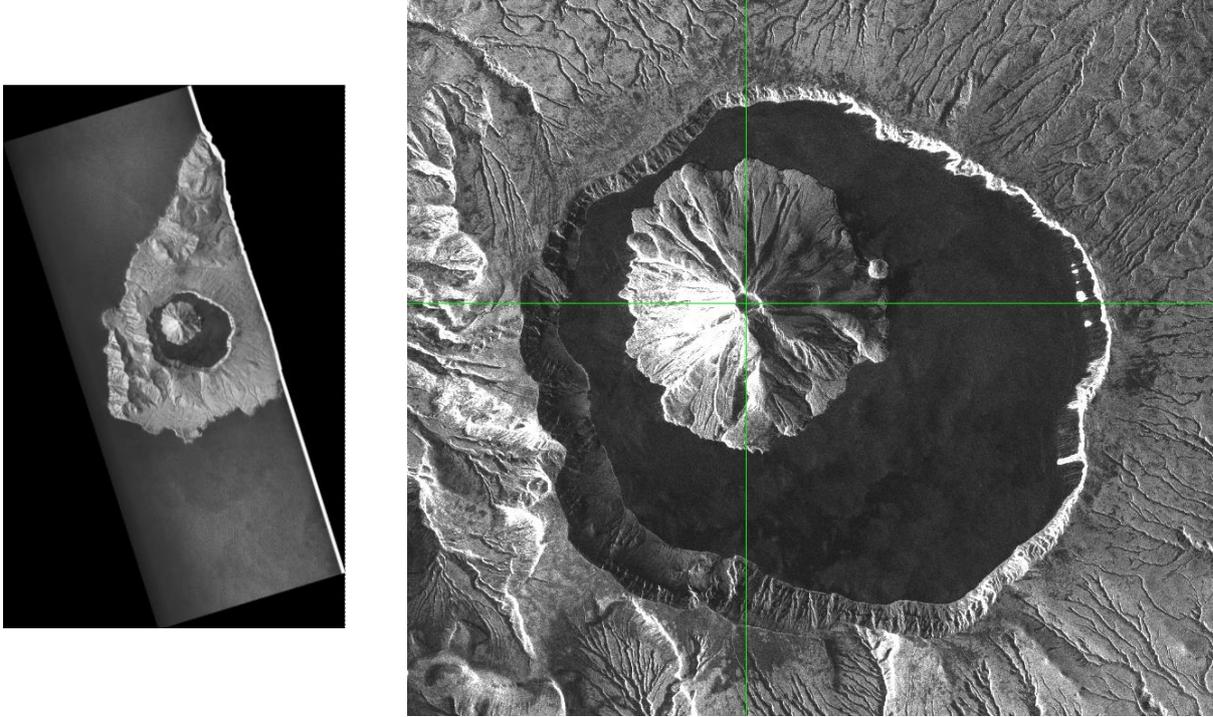
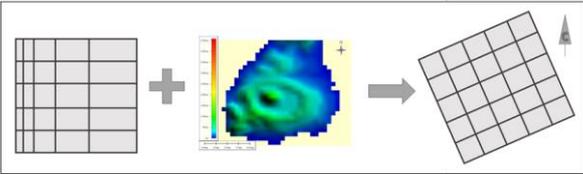
Продолжение таблицы 5

Комплекс первичной обработки		
уровень 1	Геореференцированное РЛИ	продукт 1Б код типа SAR-1B
		
Описание	Амплитудное РЛИ в путевой системе координат (наземная дальность – азимут), представленное в виде отсчетов амплитуды в вещественной форме. Межпиксельное расстояние по обеим координатам одинаковое и зависит от режима съемки и обработки.	
Входные данные	Продукт уровня 0 (радиоголограмма).	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет	
Формат	CEOS уровня 1.	
Назначение	Необходим для быстрой визуальной оценки качества радиолокационного изображения, анализа подстилающей поверхности в экстренных случаях, проведения радарграмметрической (стерео) обработки.	

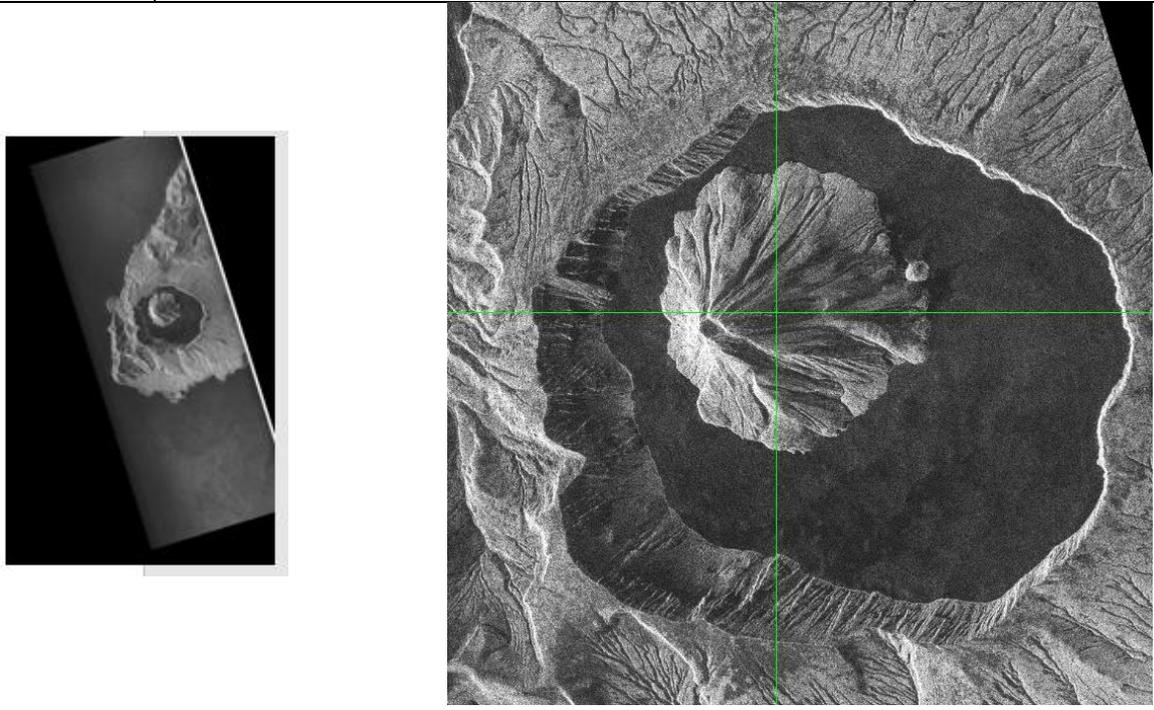
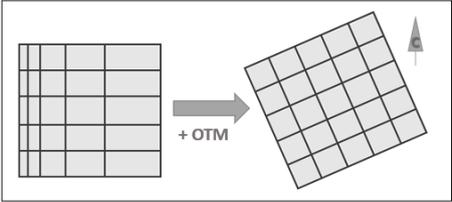
Продолжение таблицы 5

Комплекс стандартной потоковой обработки		
уровень 2	Геокодированное РЛИ	продукт 2А код типа SAR-2А
		
Описание	<p>Амплитудное РЛИ, трансформированное в картографическую проекцию с использованием орбитальной (навигационной) информации.</p> 	
Входные данные	продукты 1А в формате CEOS уровня 1.	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Применяется при необходимости быстрого получения ориентированного по сторонам север-юг изображения без сложного рельефа и при отсутствии опорных точек на местности (например, для водной поверхности или лесных массивов).	

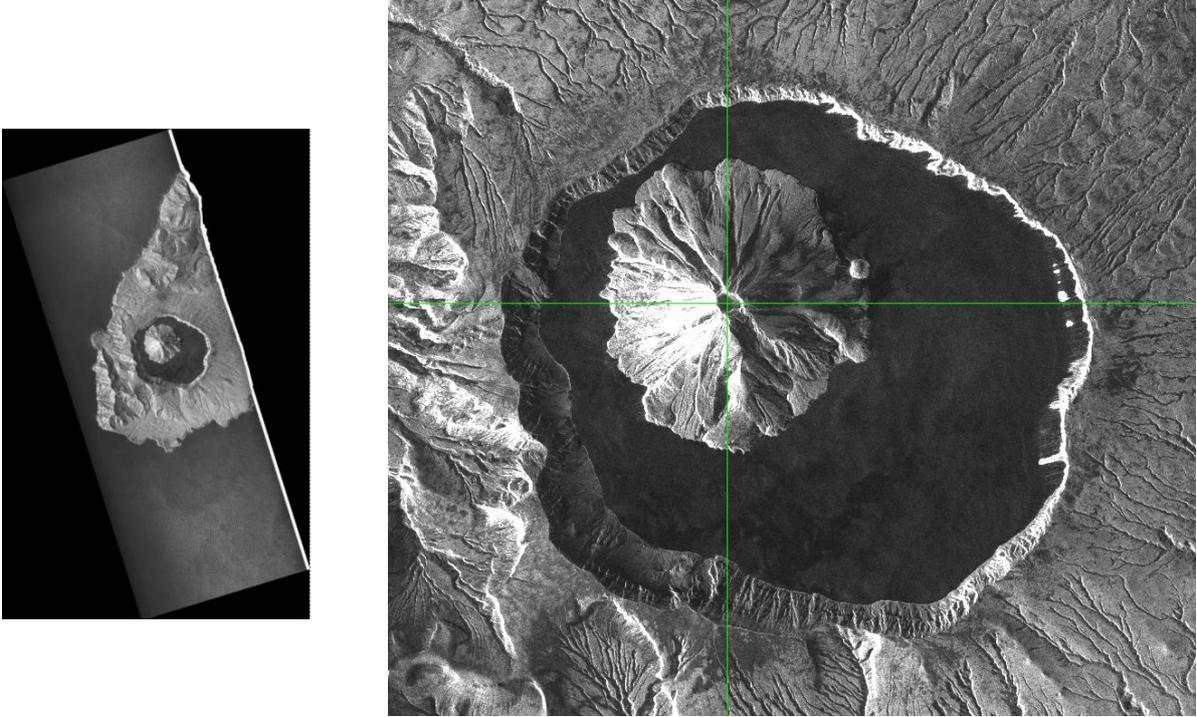
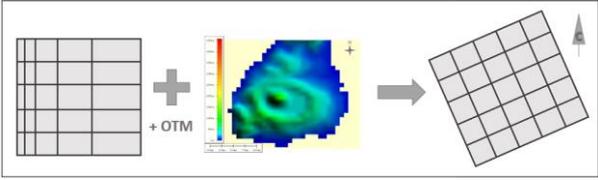
Продолжение таблицы 5

Комплекс стандартной потоковой обработки		
уровень 2	Ортотрансформированное РЛИ	продукт 2Б код типа SAR-2B
		
Описание	<p>Амплитудное РЛИ, трансформированное в картографическую проекцию с использованием орбитальной информации и цифровой модели рельефа (ЦМР).</p> 	
Входные данные	продукты 1А в формате CEOS уровня 1.	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	<p>Применяется при необходимости быстрого получения ориентированного по сторонам север-юг изображения при наличии сложного рельефа и при отсутствии опорных точек на местности (например для горных массивов).</p>	

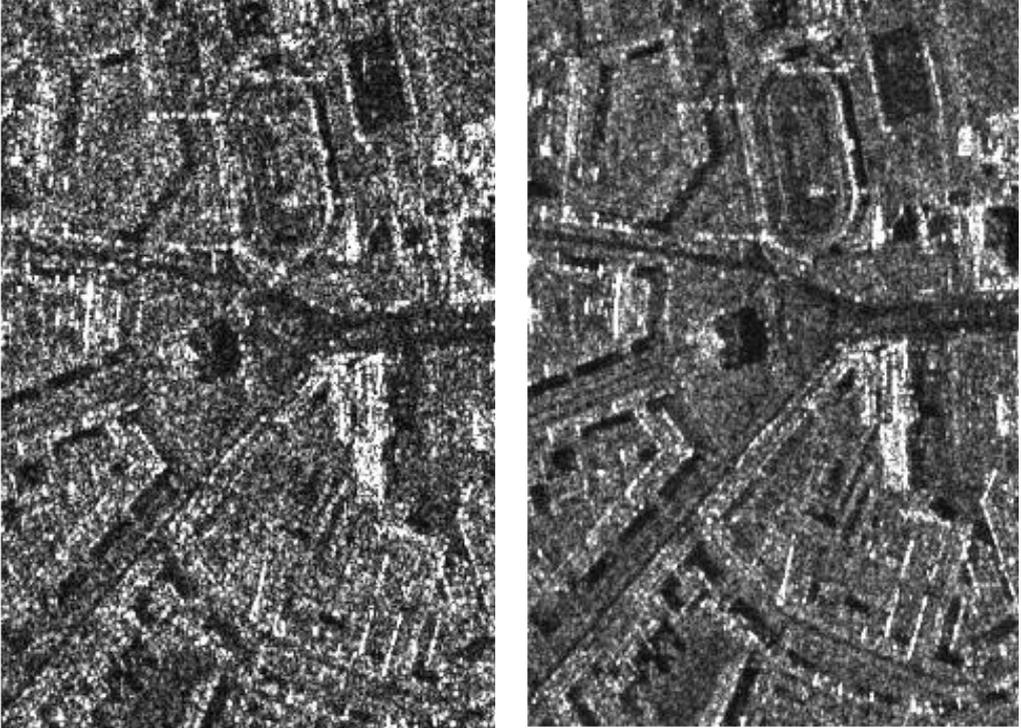
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Уточненное геокодированное РЛИ	продукт 2A1 код типа SAR-2A1
		
	<p>Амплитудное РЛИ, трансформированное в картографическую проекцию с использованием орбитальной (навигационной) информации и опорных точек местности (ОТМ). Размер пикселя и коэффициент некогерентного накопления задается оператором.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
Входные данные	продукты 1А в формате CEOS уровня 1.	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Предназначено для картографических задач. Например, обновление карт для подстилающей поверхности без сложного рельефа. Масштаб карты зависит от режима съёмки.	

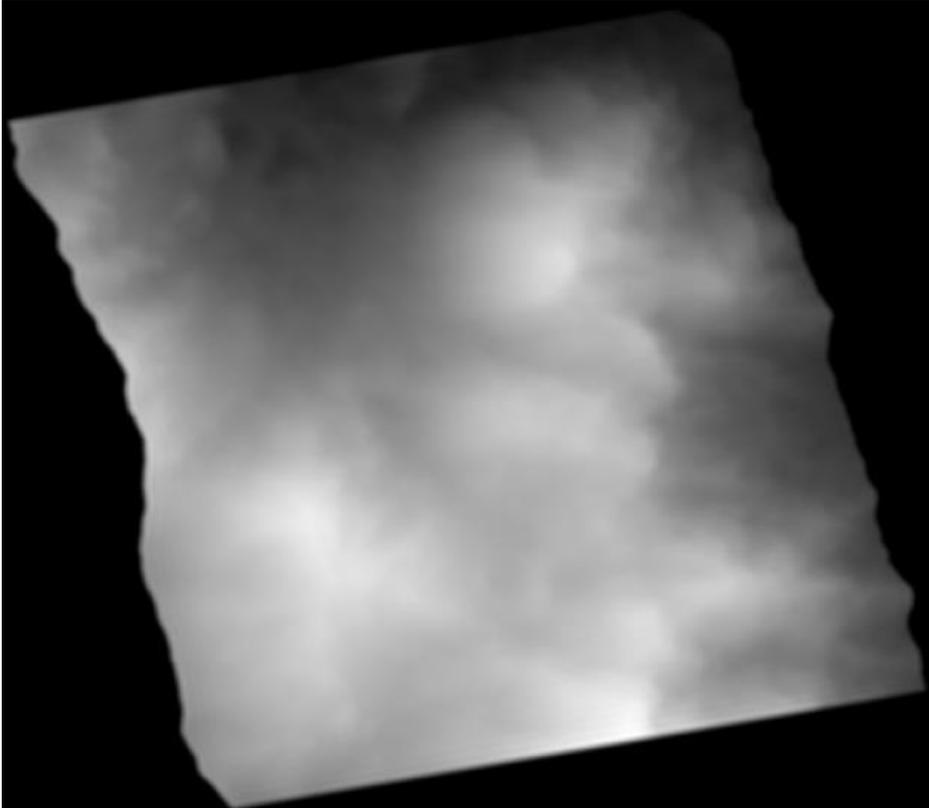
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Уточненное ортотрансформированное РЛИ	продукт 2Б1 код типа SAR-2B1
		
Описание	<p>Амплитудное РЛИ, трансформированное в картографическую проекцию с использованием орбитальной информации, ОТМ и цифровой модели рельефа (ЦМР). Размер пикселя и коэффициент некогерентного накопления задается оператором.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
Входные данные	продукты 1А в формате CEOS уровня 1.	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Предназначено для картографических задач. Например, обновление карт для подстилающей поверхности с наличием сложного (горного) рельефа. Масштаб карты зависит от режима съёмки.	

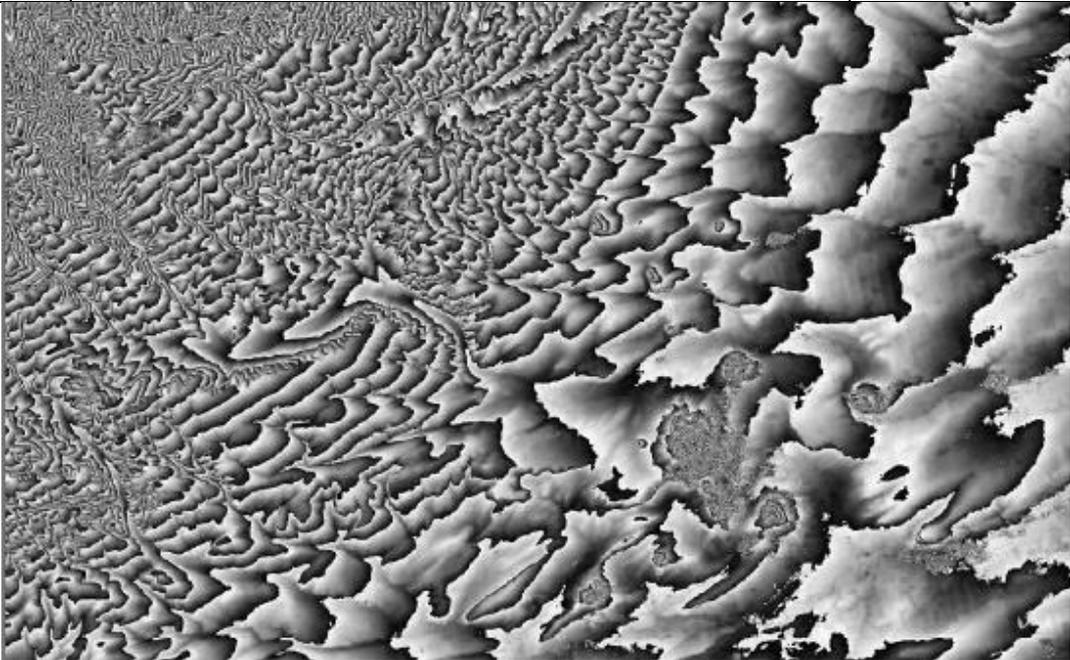
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки	
уровень 3	Радиометрически улучшенное РЛИ
продукт Р код типа RCI-2A RCI-2B RCI-2A1 RCI-2B1	
	
Описание	Радиолокационные изображения, подвергнутые процедурам цифровой фильтрации. Представляются в той же проекции, что и входные продукты.
Входные данные	продукты 2A, 2A1, 2B, 2B1.
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет
Формат	GeoTIFF
Назначение	Улучшение визуального качества амплитудного РЛИ.

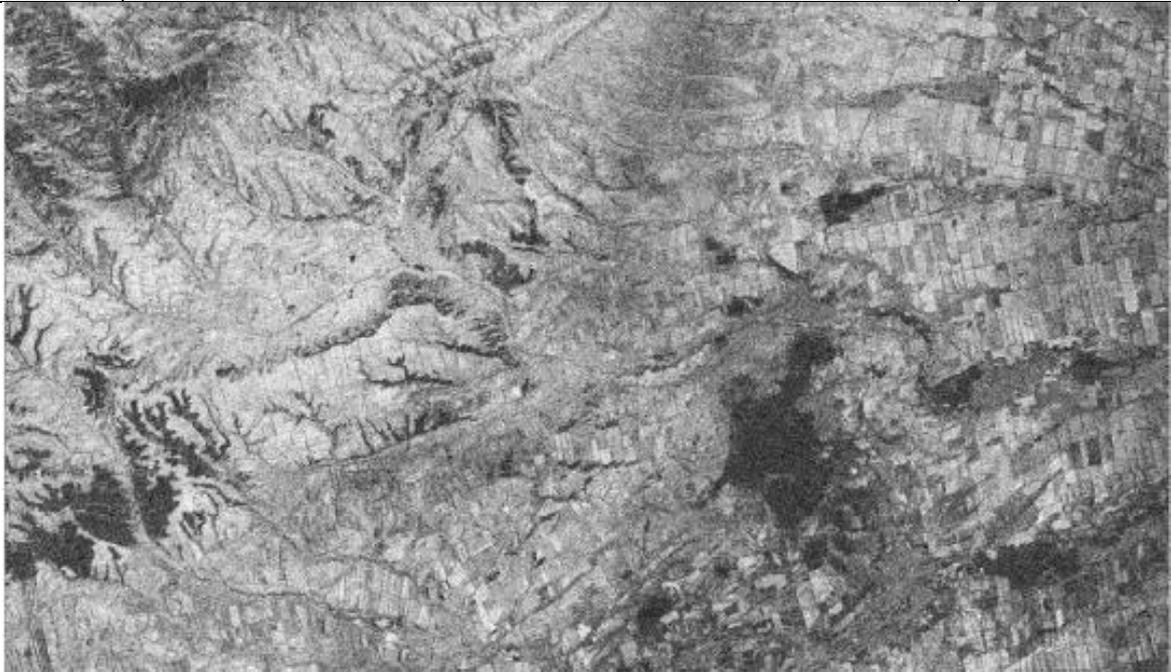
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт радарграмметрической (стерео) обработки – цифровая карта рельефа местности	продукт ЦКР-Р код типа RDG
		
Описание	<p>Цифровая матрица абсолютных высот рельефа, полученная в результате радарграмметрической обработки стереопары амплитудных РЛИ.</p> <p>Представляется в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты уровня 1Б.	
Тип данных	вещественный, 4 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Получение значений высоты рельефа, построение изолиний высот и профиля	

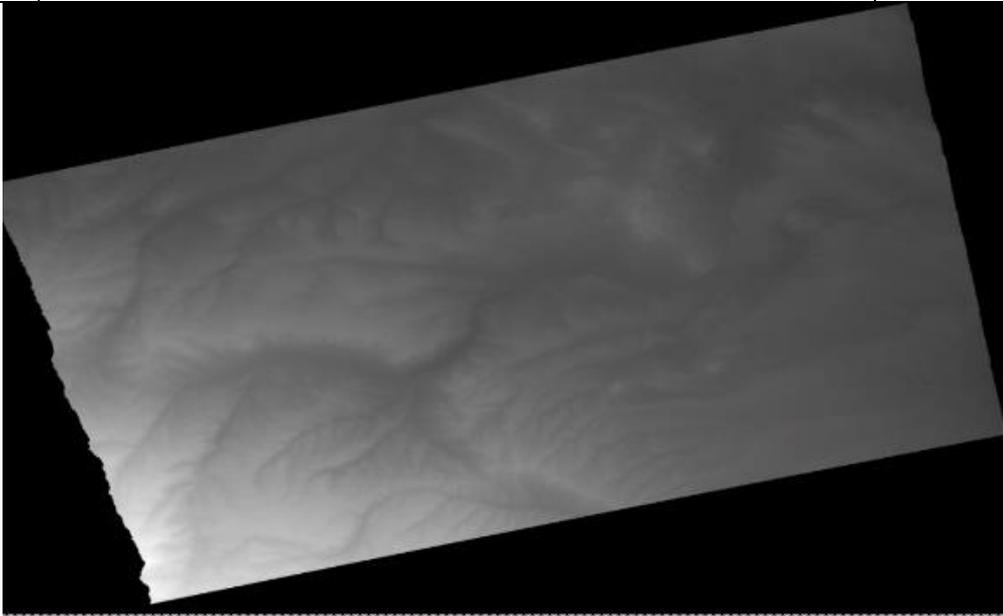
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт интерферометрической обработки – изображение интерферограммы	продукт ЦКФ-И код типа IPH
		
Описание	<p>Промежуточный результат интерферометрической обработки РЛИ. Цифровая матрица, содержащая значения разности фаз интерферометрической пары комплексных РЛИ.</p> <p>Представляется в проекции азимут-наклонная дальность или в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А (интерферометрические пары).	
Тип данных	вещественный, 4 байта на отсчёт	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Продукт для быстрой оценки рельефа местности и зон неоднозначности.	

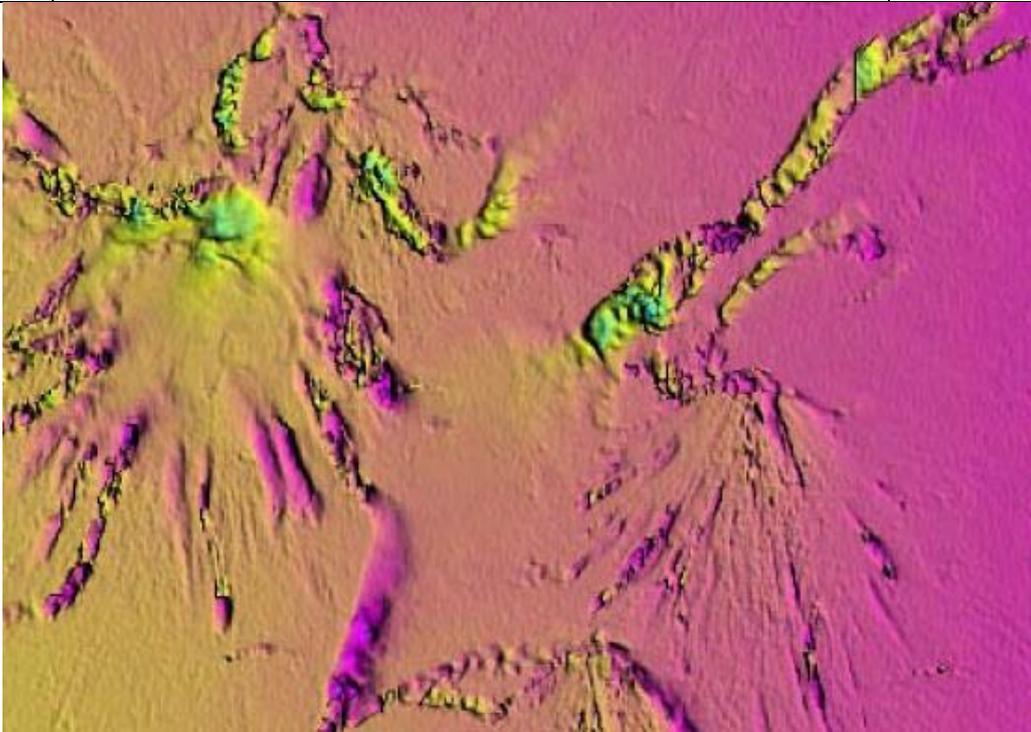
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт интерферометрической обработки – изображение когерентности ЦКК-И	продукт ЦКК-И код типа СОН
		
Описание	<p>Промежуточный результат интерферометрической обработки РЛИ. Цифровая матрица, содержащая значения параметра когерентности интерферометрической пары комплексных РЛИ. Представляется в проекции азимут-наклонная дальность или в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А (интерферометрические пары).	
Тип данных	вещественный, 4 байта на отсчёт.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Оценка изменений на поверхности за время между съёмками. Используется в качестве дополнительного слоя при классификации изображений.	

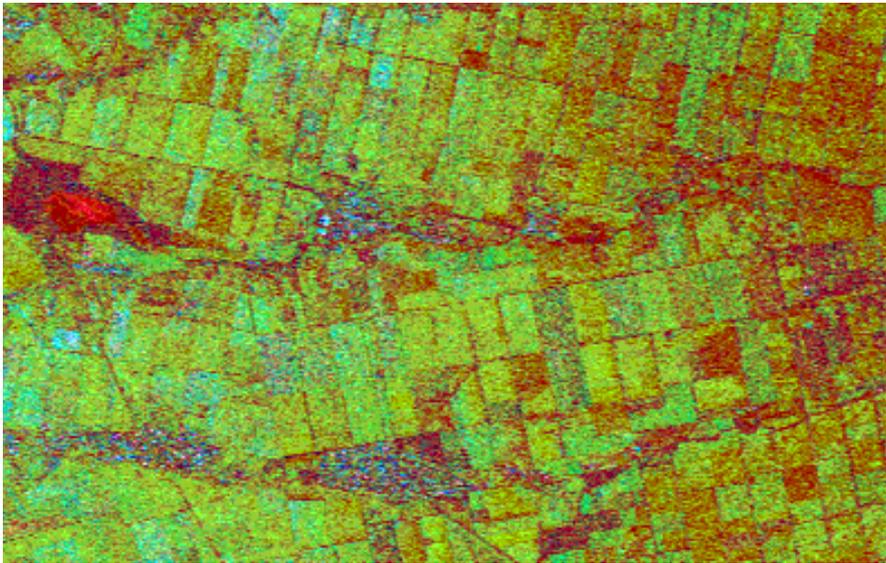
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт интерферометрической обработки – цифровая карта рельефа местности	продукт ЦКР-И код типа DTM
		
Описание	<p>Цифровая матрица относительных или абсолютных высот рельефа, полученная в результате обработки интерферометрической пары РЛИ.</p> <p>Представляется в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А (интерферометрические пары).	
Тип данных	вещественный, 4 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	<p>Использование цифровых моделей рельефа в геоинформационных системах в качестве основного слоя, дающего информацию по высоте. На основе рельефа возможно построение 3D модели местности, изолиний на карте и профиля высоты.</p>	

Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт интерферометрической обработки – цифровая карта смещений	продукт ЦКС-И код типа SMI
		
Описание	<p>Цифровая матрица относительных смещений элементов земной поверхности, полученная в результате обработки двух или более интерферометрических РЛИ.</p> <p>Представляется в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А (интерферометрические пары)	
Тип данных	вещественный, 4 байта на отсчет	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	<p>Оценка последствий землетрясений, мониторинг территорий вблизи карьерных разработок, жилых и промышленных кварталов, в районах строительства метро с целью выявления и развития просадок.</p>	

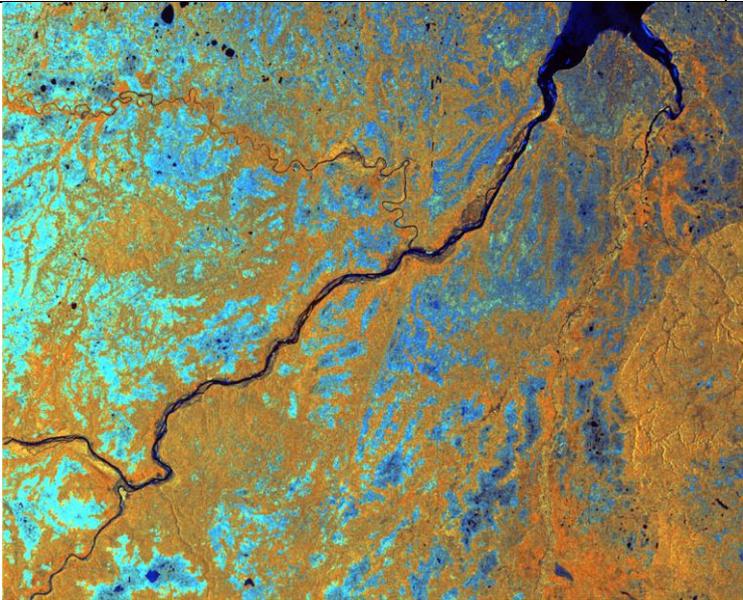
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт интерферометрической обработки – цифровая карта когерентного детектирования изменений	продукт ЦКИ-И код типа DMI
		
Описание	<p>Промежуточный результат когерентного совмещения двух или нескольких РЛИ. Многоканальное разновременное изображение (RGB), созданное на основе интерферометрического набора РЛИ, содержащее амплитуду первого и второго РЛИ и параметр взаимной когерентности. Отображает изменения амплитудных характеристик изображений за период наблюдения различными цветами.</p> <p>Представляется в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А (интерферометрические пары)	
Тип данных	вещественный, 4 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF.	
Назначение	Мониторинг объектов городского хозяйства, промышленности и транспорта; сельхоз угодий и состояния лесов. Выявление изменений на поверхности за период наблюдения.	

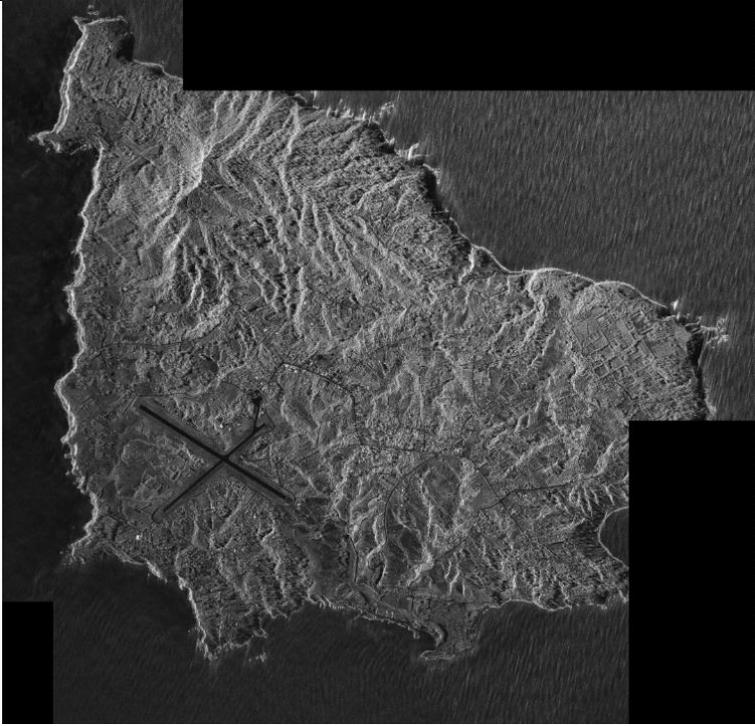
Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт интерферометрической обработки – цифровая карта типов поверхности	продукт ЦКТ-Р код типа AMR
		
Описание	<p>Результат классификации, проведенной по набору из двух или более РЛИ одной и той же территории, полученных в разные моменты времени, геометрически совмещенных друг с другом по картографической информации, фазовой информации, по опорным точкам с точностью до элемента разрешения или выше. Все РЛИ набора должны быть трансформированы на единую координатную сетку, иметь одинаковые размеры и тип данных.</p> <p>Представляется в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А (интерферометрические пары).	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Классификация типов поверхности для задач лесного и сельского хозяйства, мониторинга ледовой поверхности на реках и морях.	

Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт обработки набора изображений – цифровая карта амплитудного детектирования изменений	продукт ЦКИ-Р код типа DMR
		
Описание	<p>Результат пространственного совмещения амплитудных РЛИ. Многоканальное разновременное изображение (RGB), созданное на основе набора предварительно совмещенных амплитудных РЛИ, содержащее амплитуду первого и второго РЛИ и разность амплитуд. Отображает изменения амплитудных характеристик изображений за период наблюдения различными цветами.</p> <p>Представляется в одной из согласованных картографических проекций.</p>	
Входные данные	продукты 1А	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Мониторинг объектов промышленности и транспорта; сельхоз угодий и состояния лесов. Выявление изменений на поверхности за период наблюдения для получения быстрого результата.	

Продолжение таблицы 5

Комплекс высокоуровневой обработки		
уровень 3	Продукт обработки набора изображений – мозаика информационных продуктов	продукт МИП код типа MOS
		
Описание	Бесшовное изображение, созданное в результате пространственного совмещения двух и более смежных или перекрывающихся ортонормированных РЛИ или производных ортонормированных продуктов. Представляется в одной из согласованных картографических проекций.	
Входные данные	продукты 2Б1	
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет.	
Формат	GeoTIFF	
Назначение	Создание картографических материалов размером, превышающих один кадр.	

Продолжение таблицы 5

Формируется при создании информационных продуктов в соответствующих комплексах.	
Производный информационный продукт – обзорное изображение информационного продукта	продукт ОИП код типа QL
Описание	Промежуточный результат формирования всех информационных продуктов, кроме продукта нулевого уровня обработки (радиоголограмма). Обзорное изображение, полученное путем значительного увеличения размера пиксела продуктов первичной потоковой, стандартной потоковой и высокоуровневой обработки. Представляется в той же проекции, что и исходное изображение.
Входные данные	Все продукты в соответствующих комплексах
Тип данных	целый беззнаковый, 2 байта на отсчет.
Формат	TIFF для продуктов в путевой проекции (1А, 1Б), GeoTIFF для продуктов в картографической проекции.
Назначение	Предназначено для быстрого просмотра изображения, визуальной оценки получаемого продукта и каталогизации. Входит в состав информационной папки продукта: preview/ файл обзорного изображения.

3.4 Правила формирования наименования файлов продуктов ДЗЗ [7]

ИП поставляется в виде папки, которая содержит файлы информационного продукта. Папка содержит информационный продукт только одного типа.

Все данные ИП, за исключением схем, файлов формата CEOS и дополнительных данных, имеет определенное протоколом имя, зависящее от данных КА и параметров ИП.

ИП содержится в следующей структуре папок и файлов (таблица 6):

- Папка продукта:
 - Папка имя ИП (для ИП уровня 0-1Б)
 - Файл продукта (для ИП уровня 2А и выше),
 - Description,
 - Preview,
 - aux_data,
 - schemas;
 - Файл описания содержимого ИП.

Таблица 6 – Структура папок и файлов ИП

Имя папки/файла	Формат	Описание
 Папка продукта	папка	Папка продукта.
 <имя ИП>.ceos	папка	Папка продукта в формате CEOS. Папка присутствует только для ИП уровней 0-1Б.
 VDF_DAT.001	CEOS	Файл директории тома
 DAT_01.001	CEOS	Файл данных
 LEA_01.001	CEOS	Лидер-файл
 TRA_01.001	CEOS	Трейлер-файл
 NUL_VDF.001	CEOS	Файл директории нулевого тома
 Файл продукта	GeoTIFF	Файл(ы) продукта, тип зависит от уровня продукта. Файл присутствует для ИП уровня 2А и выше.

	description	Папка	Папка содержит различные паспорта продукта
	Паспорт продукта	XML	Паспорт продукта
	Паспорт качества	XML	Паспорт качества
	preview	папка	Папка содержит файлы предварительного просмотра
	Файл обзорного изображения	GeoTIFF	Файл, содержащий обзорное изображение в графическом формате.
	Файл привязки для геообразуера	KML	Файл привязки кадра (или его части).
	schemas	папка	Папка содержит XSD схемы файлов из состава ИП
	product.xsd	XSD	Файл схемы паспорта продукта
	quality.xsd	XSD	Файл схемы паспорта качества продукта
	summary.xsd	XSD	Файл схемы файла описания содержимого ИП
	Файл описания содержимого ИП	XML	Файл описания содержимого ИП

В случае, если папка пустая, она должна присутствовать в составе продукта.

ИП может поставляться разрезанный на части (определяется параметрами обработки), в этом случае части распределяются в соответствии с принадлежностью по указанной структуре папок и в наименовании файлов указывается номер части. Каждая часть имеет свои паспорта и файлы предпросмотра.

3.4.1 Наименование продуктов ДЗЗ уровня 0-2

Папка с файлами информационных продуктов должна иметь следующее наименование:

КФКА_<номер КА>_<код пункта приема информации>_<код пункта обработки информации>_<номер витка сеанса сброса>_<номер сеанса наведения сеанса

сброса>_<номер витка съемки>_<номер кадра>_<тип режима съемки>_<тип продукта>_<дата формирования продукта>_<время формирования продукта>

Пример именованя папки ИП:

KFKA_0180_0001_0001_00820_1_00817_17_02_SAR-0_181220_134557

Описание полей приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Описание полей

Наименование поля	Формат поля	Описание содержимого поля	Источник
Номер КА	КККК	Номер космического аппарата (4 десятичные цифры, дополненные нулями слева, диапазон изменения 0000-9999)	ПСП
Код пункта приема информации	РРРР	Значение цифрового кода конкретного пункта приема, (4 десятичные цифры, дополненный нулями слева, параметр обязательный)	ПСП
Код пункта обработки информации	РРРР	Значение цифрового кода конкретного пункта приема, (4 десятичные цифры, дополненный нулями слева, параметр обязательный)	ПСП
Номер витка сеанса сброса	ВВВВВ	Номер витка начала рабочего участка первого сеанса наведения в сеансе приема информации, (5 десятичных цифр, дополненные нулями слева)	ПСП
Номер сеанса наведения сеанса сброса	N	Номер сеанса наведения сеанса сброса, (одна десятичная цифра)	ПСП
Номер витка съемки	ВВВВВ	Номер витка начала съемки (5 десятичных цифр, дополненные нулями слева)	КЗ
Номер кадра	Десятичный номер	Сквозной номер кадра, задается десятичным числом	КЗ
Тип режима съемки	NN	Тип режима съемки, принимает значения в соответствии с режимом съемки (2 десятичные цифры, дополненные нулями слева)	КЗ(32, 11, 3)
Тип продукта	Строка	Тип информационного продукта, задается латинскими символами и цифрами	ПСП

Дата формирования продукта	ГГММД Д	Дата формирования продукта	
Время формирования продукта	ЧЧММС С	Время формирования продукта (ДМВ)	

Примечания:

ПСП – план сеансов приема;

КЗ – кадровый заголовок.

Файлы ИП именуется аналогично папке ИП, в конце добавляется признак файла (не обязательно) и расширение файла:

КФКА_<номер КА>_<код пункта приема информации>_<код пункта обработки информации>_<номер витка сеанса сброса>_<номер сеанса наведения сеанса сброса>_<номер витка съемки>_<номер кадра>_<тип режима съемки>_<тип продукта>_<дата формирования продукта>_<время формирования продукта>_<признак файла>.<расширение>

Поле <признак файла> является необязательным полем в виде текстовой строки и принимает следующие значения:

«qf» – для файла обзорного изображения (квиклука);

«qr» – для паспорта качества;

«sum» – для файла описания содержимого ИП.

Поле <расширение> определяет формат файла и принимает следующие значения

«tif» – для файлов ИП (кроме формата CEOS) и файлов обзорных изображений (квиклуков);

«xml» – для файлов паспортов и файла описания содержимого ИП;

«kml» – файл привязки для геобраузеров;

«txt» – для текстовых файлов;

«ceos» – для папки с файлами CEOS.

Пример именованя файла описания содержимого ИП:

KFKA_0180_0001_0001_00820_1_00817_17_02_SAR-2A_181220_134557_sum.xml

Пример именованя файла обзорного изображения цельного ИП:

KFKA_0180_0001_0001_00820_1_00817_17_02_SAR-2A_181220_134557_ql.jpg

Пример именованя файла паспорта качества кадра ИП:

KFKA_0180_0001_0001_00820_1_00817_17_02_SAR-2A_181220_134557_01_qr.xml

Информационные продукты в формате CEOS представляют из себя набор файлов и поставляются в виде вложенной папки с названием, соответствующему наименованию файлов ИП (п.3.2) с признаком файла

«ceos»:

KFKA_<номер КА>_<код пункта приема информации>_<код пункта обработки информации>_<номер витка сеанса сброса>_<номер сеанса наведения сеанса сброса>_<номер витка съемки>_<номер кадра>_<тип режима съемки>_<тип продукта>_<дата формирования продукта>_<время формирования продукта>.ceos

Пример именованя папки ИП в формате CEOS:

KFKA_0180_0001_0001_00820_1_00817_17_02_SAR-1A_181220_134557.ceos

3.4.2 Наименование продуктов ДЗЗ уровня 3

Папка с файлами информационных высокоуровневых продуктов должна иметь следующее наименование (таблица 8):

KFKA_<код пункта обработки информации>_<идентификатор задания>_<тип продукта>_<дата формирования продукта>_<время формирования продукта>

Пример именованя папки ИП:

KFKA_0001_3227_DTM_181220_134557

Таблица 8. Описание полей наименования папки ИП высокоуровневой обработки

Наименование поля	Формат поля	Описание содержимого поля	Источник
Код пункта обработки информации	РРРР	Значение цифрового кода конкретного пункта приема, (4 десятичные цифры, дополненный нулями слева, параметр обязательный)	ПСП

Идентификатор задания	Десятичное число	Номер задания на обработку	Задание
Тип продукта	Строка	Тип информационного продукта, задается латинскими символами и цифрами	ПСП
Дата формирования продукта	ГГММДД	Дата формирования продукта	
Время формирования продукта	ЧЧММСС	Время формирования продукта (ДМВ)	

Файлы высокоуровневых ИП именовются аналогично папке высокоуровневых ИП, в конце добавляется признак файла (не обязательно) и расширение файла: *KFKA_<код пункта обработки информации>_<идентификатор задания>_<тип продукта>_<дата формирования продукта>_<время формирования продукта>_<признак файла>.<расширение>*

Поля соответствуют полям в таблице 9. Поля <признак файла> и <расширение> аналогичны полям ИП уровней 0-2Б.

Пример именования файла описания содержимого ИП:

KFKA_0001_3227_DTM_181220_134557_sum.xml

Пример именования файла обзорного изображения цельного ИП:

KFKA_0001_3227_DTM_181220_134557_ql.tif

Пример именования файла паспорта качества кадра ИП:

KFKA_0001_3227_DTM_181220_134557_01_qr.xml

3.4.3 Описание паспорта продуктов ДЗЗ

Паспорт информационного продукта уровня 0 формируется СПИ, уровней 1А и 1Б создается комплексом КПО, паспорт информационного продукта уровня 2А, 2Б создается комплексом КСПО, паспорт информационных продуктов высокоуровневой обработки создается КВО из состава КЦОИ.

Паспорт качества ИП формируется для ИП целиком или отдельно для каждой его части. Файл паспорта ИП имеет формат XML и кодировку «UTF-8». Все данные передаются внутри тегов, атрибуты не используются. Имена тегов записываются латинскими буквами в верхнем и нижнем регистрах.

Значения в паспорте могут принимать значения, представленные в таблице 9.

Таблица 9 – Паспортные значения

Тип данных	Префикс	Описание
xsd:double	r	десятичное число с плавающей точкой двойной точности, 64 бита со знаком в соответствии с IEEE 754-1985.
xsd:int	n	целое число (32 бита со знаком)
xsd:string	s	текстовая строка, символы в кодировке UTF-8
xsd:dateTime	d	дата и время, в соответствии с ISO 8601. имеет формат YYYY-MM-DDThh:mm:ss.sTZD где: YYYY = год MM = месяц (01=январь и т.д.) DD = день месяца (от 01 до 31) hh = часы (от 00 до 23) mm = минуты (от 00 до 59) ss = секунды (от 00 до 59) s = одна или более цифр дробной части секунд (дробная часть может отсутствовать) TZD = временная зона (Z или +hh:mm или -hh:mm) Например, 1997-07-16T19:20:30.45+01:00
xsd:date	d	дата и время, в соответствии с ISO 8601. имеет формат YYYY-MM-DDTZD где: YYYY = год MM = месяц (01=январь и т.д.) DD = день месяца (от 01 до 31) TZD = временная зона (Z или +hh:mm или -hh:mm) Например, 1997-07-16+01:00 или 1997-07-16Z
TypeAngleLon	a	Угол, геокоординаты по долготе. От -180 до +180 градусов.

TypeAngleLat		Имеют формат AAA:MM:SS.ZZZZZ, где AAA – градусы, MM – угловые минуты, SS.ZZZZZ – угловые секунды
	a	Угол, геокоординаты по широте. От -90 до +90 градусов. Имеют формат AA:MM:SS.ZZZZZ, где AA – градусы, MM – угловые минуты, SS.ZZZZZ – угловые секунды

Корневой тег (таблица 10) файла паспорта ИП уровней 0-2Б1 имеет имя «SURVEY_ROOT». В корневом теге <SURVEY_ROOT> содержатся следующие поля:

Таблица 10 – Поля данных в корневом теге <SURVEY_ROOT>

№ п/п	Наименование поля	Тип поля	Описание содержимого поля	Примечание
1	Version	xsd:string	Версия формата паспорта ИП	
2	dLastEditionDate	xsd:date	Дата последней редакции файла обработанного изображения	
3	nProcessingStation	xsd:int	Код пункта обработки информации	
4	nOrgEditor	xsd:int	Код организации, ответственной за последнюю редакцию файла-паспорта ИП	
5	Spacecraft		Тег, содержит данные по КА	Для типов ИП: – SAR-0; – SAR-1A; – SAR-1B; – SAR-2A; – SAR-2B; – SAR-2A1; – SAR-2B1; – RCI-2A; – RCI-2B; – RCI-2A1; – RCI-2B1
6	Receive		Тег, содержит данные по приему кадра с КА	
7	Product		Тег, содержит информацию по ИП	
8	Position		Тег, содержит координаты РЛИ	
9	Survey		Тег, содержит данные по съемке и характеристикам РСА	Для типов ИП – SAR-0; – SAR-1A; – SAR-1B; – SAR-2A;

				<ul style="list-style-type: none"> – SAR-2B; – SAR-2A1; – SAR-2B1; – RCI-2A; – RCI-2B; – RCI-2A1; – RCI-2B1
10	Sources		Тег, содержит данные об ИП, примененных при создании	Для типов ИП: <ul style="list-style-type: none"> – RDG; – IPH; – COH; – DTM; – SMI; – DMI; – DMR; – AMR; – MOS

Таблица 11 – Поля данных в теге <Spacecraft>

№ п/п	Наименование поля	Тип поля	Описание содержимого поля	Примечание
1	nSpacecraftNum	xsd:int	Номер КА	
2	cSpacecraftCode	xsd:string	Код типа КА	KFKA-5 или KFKA-6

Тег <Product> (таблица 12) содержит информацию по характеристикам ИП:

Таблица 12 – Поля данных в теге <Product>

№ п/п	Наименование поля	Тип поля	Описание содержимого поля	Примечание
1	cDataFile	xsd:string	Имя файла обработанного изображения	
2	cQuickLookFile	xsd:string	Имя файла обзорного изображения	
3	cOverlayFile	xsd:string	Имя файла привязки для геобраузера	
4	nQuickLookCompression	xsd:int	Коэффициент сжатия файла быстрого просмотра	0 - "4x4"; 1 - "6x6"; 2 - "8x8"; 3 - "10x10"; 4 - "12x12"; 5 - "14x14"; 6 - "16x16"

5	cProductType	xsd:int	Код типа информационного продукта (код ИП)	<ul style="list-style-type: none"> – SAR-0; – SAR-1A; – SAR-1B; – SAR-2A; – SAR-2B; – SAR-2A1; – SAR-2B1; – RCI-2A; – RCI-2B; – RCI-2A1; – RCI-2B1; – RDG; – IPH; – COH; – DTM; – SMI; – DMI; – DMR; – AMR; – MOS
6	nFormatType	xsd:int	Признак формата выходного продукта	<p>0 – в соответствии с «Протоколом по составу и структуре информационных продуктов КС «Кондор-ФКА»;</p> <p>1 – в соответствии с форматом пакета цифровой видеоинформации (ПЦВИ)</p> <p>2 – произвольный набор параметров</p>
7	dCreationTime	xsd:dateTime	Дата и время создания ИП	
8	nNomRangeRes	xsd:double	Номинальное разрешение по дальности, м	<p>ДПР – 1</p> <p>ДНР – 2</p> <p>ОР (ОРр, ОРп) – 10</p>
9	nNomRangeAz	xsd:double	Номинальное разрешение по азимуту, м	<p>ДПР – 1</p> <p>ДНР – 2</p> <p>ОР (ОРр, ОРп) – 10</p>
10	rPixelSpacing	xsd:double	Межпиксельное расстояние по дальности, м	<p>Для режимов съёмки 1-3, 8, 9 и типов ИП</p> <ul style="list-style-type: none"> – SAR-1A; – SAR-1B.
11	rLineSpacing	xsd:double	Межпиксельное расстояние по азимуту, м	
12	nSpacingUnit	xsd:double	Межпиксельное расстояние по широте	<p>Для типов ИП:</p> <ul style="list-style-type: none"> – SAR-2A; – SAR-2B; – SAR-2A1; – SAR-2B1;
13	rLongSpacing	xsd:double	Межпиксельное расстояние по	

			долготе	– RCI-2A; – RCI-2B; – RCI-2A1; – RCI-2B1; – RDG; – IPH; – COH; – DTM; – SMI; – DMI; – DMR; – AMR; – MOS
14	nSpacingUnit	xsd:int	Единица измерения межпиксельного расстояния	0 – в метрах; 1 – в градусах.
15	nWidth	xsd:int	Ширина кадра в пикселях	Для ИП ур.0 соответствует длине строки РГГ
16	nHeight	xsd:int	Высота кадра в пикселях	Для ИП ур.0 соответствует количеству строк РГГ
17	rDopplerFreq	xsd:double	Используемая доплеровская частота	Для ИП SAR-1A и режимов съёмки 1-3, 8, 9
18	nDopplerAmbig	xsd:double	Используемая доплеровская неоднозначность	Для кода ИП 1 и режимов съёмки 1-3
19	nPartNumber	xsd:int	Номер части ИП	Для ИП SAR-1A и режимов съёмки 1-3, 8, 9: 0 – не используется 1 – локальный Доплер 2 – абсолютный Доплер

Тег <Position> (таблица 13) содержит информацию о положении кадра:

Таблица 13 – Поля данных в теге <Position>

№ п/п	Наименование поля	Тип поля	Описание содержимого поля	Примечание
1	aNWLat	TypeAngleLat	Широта верхнего левого угла	
2	aNWLong	TypeAngleLon	Долгота верхнего левого угла	
3	aNELat	TypeAngleLat	Широта верхнего правого угла	
4	aNELong	TypeAngleLon	Долгота верхнего правого угла	
5	aSELat	TypeAngleLat	Широта нижнего правого угла	
6	aSELong	TypeAngleLon	Долгота нижнего правого угла	

7	aSWLat	TypeAngleLat	Широта нижнего левого угла	
8	aSWLong	TypeAngleLon	Долгота нижнего левого угла	
9	aMidLat	TypeAngleLat	Широта центра кадра	
10	aMidLong	TypeAngleLon	Долгота центра кадра	

Тег <Survey> (таблица 14) содержит информацию по режимам съемки и характеристикам РСА:

Таблица 14 – Поля данных в теге <Survey>

№ п/п	Наименование поля	Тип поля	Описание содержимого поля	Примечание
1	nBoardFrameNum	xsd:int	Номер кадра ЦБК	КЗ(3)
2	nFrameNum	xsd:int	Сквозной номер файла	LONG(КЗ(6,0,8),КЗ(7))
3	nOrbitSurveyNum	xsd:int	Номер витка съемки	КЗ(20)
4	nNumOnOrbit	xsd:int	Номер съемки на витке	КЗ(28,0,8)
5	nSurveyMode	xsd:int	Код режима съемки	1 – ДНР 2 – ОР 3 – ДПР 4 – ЮР1 5 – ЮР2 6 – ЮР3 7 – ЮР4 8 – ОРп; 9 – Орр КЗ(32, 11, 3)
6	nSurveyType	xsd:int	Код признака типа съемки	0 – МО; 1 – ГП; 2 – технологическая (полигонная) съемка КЗ(2, 0, 2)
7	dStartTime	xsd:dateTime	Дата и время начала съемки	
8	rSensingPeriod	xsd:double	Продолжительность съемки, с	
9	rWaveLength	xsd:double	Длина волны РСА, м	0.0936851
10	nPolarization	xsd:int	Код поляризация сигнала на излучение/приём	1 – НН, 2 – VV (КЗ(2, 2, 2))
11	nPass	xsd:int	Код ветви орбиты	0 – восходящая (если КЗ(2, 8, 1) = 0) 1 – нисходящая (если КЗ(2, 8, 1) =

				1)
12	nLookSide	xsd:int	Код направления съёмки (код борта)	-1 – правый (если КЗ(2, 13, 1) = 1) 1 – левый (если КЗ(2, 13, 1) = 0)
13	nIncedence	xsd:double	Угол съёмки, градусы	Угол между надиром и электрической осью ДН на центр кадра ($\pm \text{LONG}(\text{КЗ}(17,0,8), \text{КЗ}(19)) * 1e-5$)

Тег <Sources> (таблица 15) содержит информацию о ИП, примененных при создании

сложных ИП. Содержит несколько тегов <Source> для каждого из ИП.

Таблица 15 – Поля данных в теге <Source>

№ п/п	Наименование поля	Тип поля	Описание содержимого поля	Примечание
1	cSrcFileName	xsd:string	Имя ИП	
2	nFormatType	xsd:string	Формат продукта	
3	Spacecraft		Тег, содержит данные по КА	
4	Receive		Тег, содержит данные по приему кадра с КА	

4 Порядок предоставления продуктов ДЗЗ

4.1 Порядок подачи заявки на получение продуктов ДЗЗ

Для подачи заявок на проведение космической съемки или на получение архивных материалов через Геопортал Роскосмоса потребитель должен иметь учетную запись для доступа в личный кабинет. Заявка должна содержать перечень районов интереса, заданных координатами границ района на эллипсоиде, параметры съёмки и параметры выходной продукции, включая тип информационных продуктов, параметры обработки и др. Коммерческому пользователю необходимо осуществить полную оплату заказа.

Реализация операций получения, формализации, организации выполнения и контроля выполнения заявок осуществляется в комплексе взаимодействия с потребителями (КВП) из состава АСУ ЦП ДЗЗ. В случае недостаточности исходных данных оператор принимает решение по реализации заявки по согласованию с потребителем.

После поступления заявки оператор КВП уточняет (при необходимости) и формализует ее, т.е. подготавливает и регистрирует все параметры (контактные данные, наименование района интереса, географические координаты, период съёмки, требуемый уровень обработки и др.), необходимые для выполнения заявки.

Для заявок на архивные материалы, осуществляется подбор данных ДЗЗ из архива и выдается задание на обработку до уровня, указанного в заявке.

Для заявок на проведение космической съемки оператор КВП выдает задание на съемку, поступающее в базу данных АСУ ЦП.

Для решения срочных задач, в том числе связанных с чрезвычайными ситуациями, формируются оперативные заявки. Распределение приоритетов и информационных ресурсов КА ДЗЗ для других министерств (ведомств) утверждается Госкорпорацией «Роскосмос» по представлению Оператора КС ДЗЗ.

Виды данных ДЗЗ и изготавливаемые на их основе информационные продукты, предоставляемые потребителям, определяются утвержденным Госкорпорацией "Роскосмос" перечнем продукции.

4.2 Планирование космической съёмки, выполняемой целевой аппаратурой КА РЛН

Планирование космической съёмки осуществляется Оператором КС ДЗЗ и заключается в формировании планов работы бортовой целевой аппаратуры КА «Кондор ФКА» на различные интервалы времени.

Прогнозные планы на съёмку являются предварительными и служат для рационального распределения целевых возможностей КА «Кондор ФКА» в интересах выполнения заявок потребителей.

Формирование оперативного каталога является операцией, определяющей ход дальнейшего процесса планирования и использования ресурсов как орбитальных, так и наземных средств.

Оперативный каталог представляет собой перечень территорий или участков съёмки, сформированный на основе анализа имеющейся (полученной ранее) информации ДЗЗ, с учетом технических характеристик КА.

Планы работы на сутки формируются ежедневно, в связи с чем данный этап принято называть «текущим планированием».

Текущее планирование реализуется в Центре планирования КА «Кондор ФКА» (ЦП-КР) и осуществляется на основании оперативного каталога объектов и участков съёмки, опорных планов и планов приема целевой информации в НКПОР-О и в региональные центры приема, а также с учётом срочных заявок, поступающих в особых случаях (чрезвычайных ситуациях).

Результатами текущего планирования в ЦП-КР являются программы работы целевой аппаратуры КА «Кондор ФКА», которые передаются в ЦУП для последующей закладки их на борт КА, а также планы сеансов приёма, исходные данные для обработки, передаваемые на комплексы приёма и обработки информации. Средствами АСУ ЦП обеспечивается контроль наложения сеансов приёма информации с КА на различные приемные (антенные) комплексы НКПОР.

4.3 Выполнение космической съёмки и последующей передачи данных ДЗЗ с КА РЛН на наземные станции приема

Выполнение космической съёмки проводится по рабочей программе, заложенной на борт КА с помощью средств НКУ.

Прием данных ДЗЗ с борта КА «Кондор-ФКА» на ППИ Госкорпорации «Роскосмос» осуществляется комплексами приема и регистрации информации. Комплексы приема и регистрации информации выполняют подготовку данных для приема с борта КА, прием, регистрацию, временное хранение данных. По линиям связи через СОД информация передается в НКПОР-КР для последующей обработки.

4.4 Предоставление продуктов ДЗЗ

Потребитель через «Личный кабинет» Геопортала Роскосмоса отслеживает статус заказа, получает заказанные информационные продукты путем скачивания по ссылке, автоматически дублируемой на электронную почту пользователя.

По вопросам предоставления контактов и организации системы заказа продуктов ДЗЗ (форматы, сроки, условия) необходимо обращаться к оператору КС «Кондор-ФКА» – НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы».

По вопросам использования данных ДЗЗ обращаться в

- НЦ ОМЗ АО «Российские космические системы» e-mail:
service@ntsomz.ru, marketing@ntsomz.ru;
- или АО «ВПК «НПО машиностроения» e-mail:
vpk@vpk.npomash.ru.

5 Применение получаемых данных ДЗЗ

5.1. Примеры РЛИ в различных режимах

На рисунках 5.1 – 5.3 приведены примеры радиолокационных изображений для каждого режима.



Рисунок 5.1 – Пример радиолокационного синтезированного изображения с КА «Кондор-Э» в режиме съёмки ДПР (разрешение 1-2 м), г. Токио, Япония



Рисунок 5.2 – Пример радиолокационного синтезированного изображения с КА «Кондор-Э» в режиме съёмки ДНР (разрешение 2-3 м), г. Лесозаводск, РФ

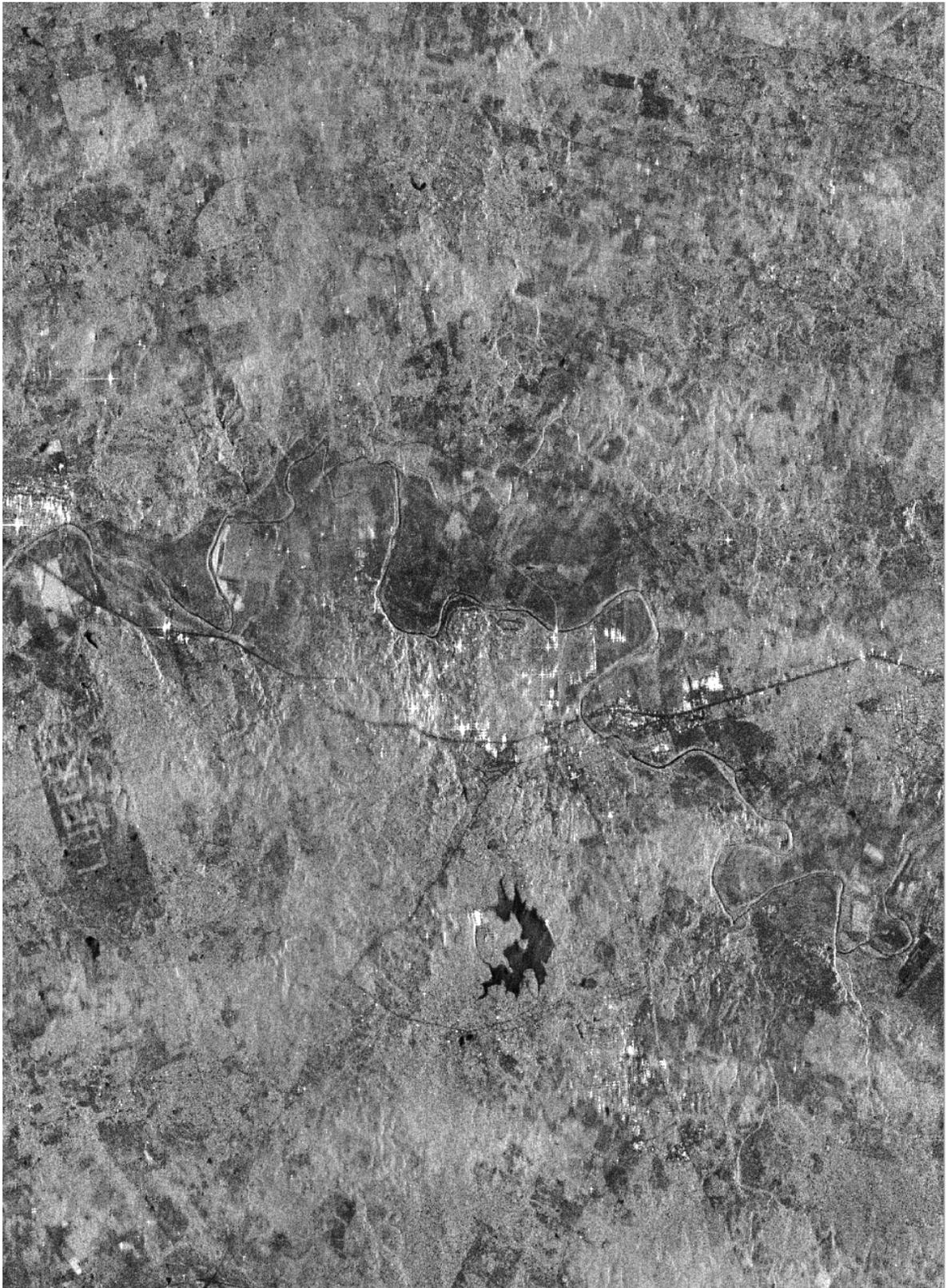


Рисунок 5.3 – Пример радиолокационного синтезированного изображения с КА «Кондор-Э» в режиме съёмки ОР (разрешение 6-12 м), штат Техас, США

5.2 Примеры использования данных ДЗЗ, получаемых с КА РЛН для решения тематических задач

5.2.1 Круглосуточный и всепогодный мониторинг в интересах МЧС по решению тематической задачи определения половодья и вскрытия рек.

Постановка задачи: мониторинг рек Приморского края в период вскрытия рек и весеннего половодья (март-апрель).

Исходные данные: на район реки Уссурка между городами Дальнереченск и Лесозаводск на заданный период получено три радиолокационных изображения КС «Кондор-Э»:

- ДПР от 25.03.2015,
- ДНР от 03.04.2015,
- ДНР от 08.04.2015.

Согласно штатной технологии планирования, приема и обработки информации КС «Кондор-Э» получено три ИП уровня 1А (рисунок 5.4).

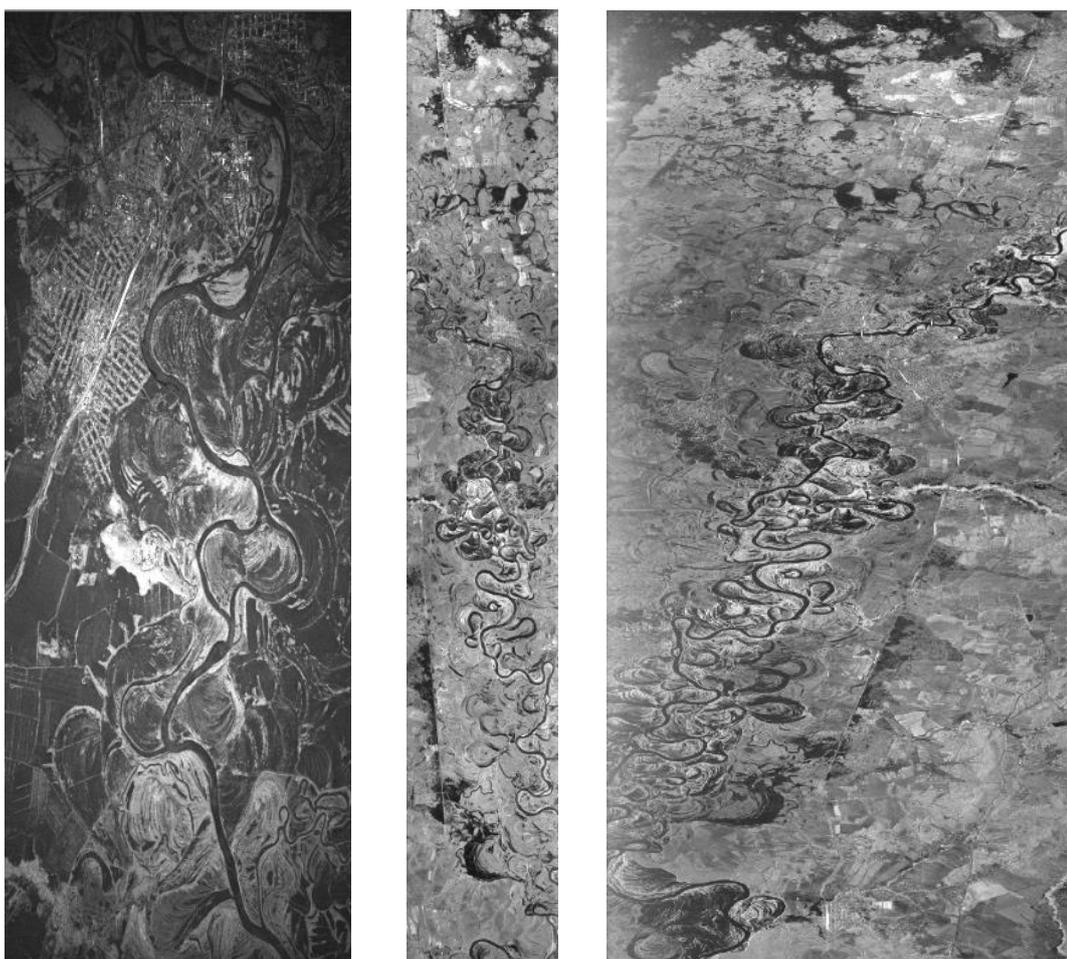


Рисунок 5.4 - ИП уровня 1А (ДПР от 25.03.2015, ДНР от 03.04.2015, ДНР от 08.04.2015)

Формирование ИП уровня 2Б1 проводилось с использованием дополнительных данных по ЦМР и опорных точек. Точность привязки составила 30 м, что соответствует ТТЗ (рисунок 5.5).

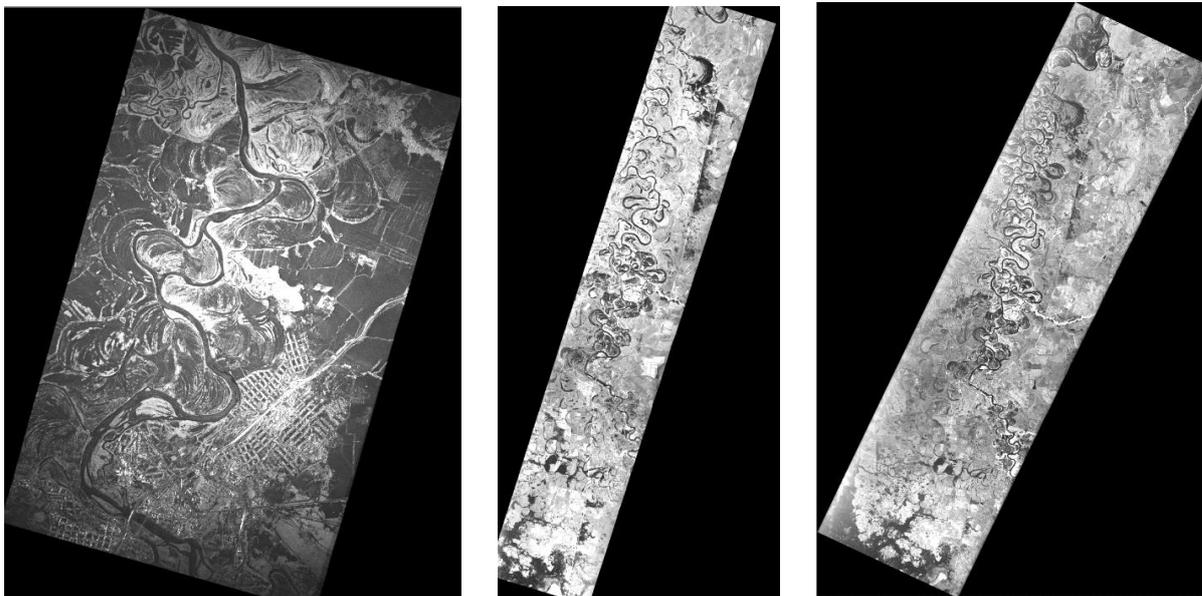


Рисунок 5.5 - ИП уровня 2Б1 (ДПР от 25.03.2015, ДНР от 03.04.2015, ДНР от 08.04.2015).

ИП уровня 2Б1 в формате tiff является исходным для проведения тематического анализа изображений в геоинформационных системах потребителя.

В результате дополнительной обработки в ГИС, такой как совмещение с картографическими данными, фильтрация, классификация и выделение классов получены тематические карты. При классификации использованы методы пороговой обработки и неконтролируемой классификации по алгоритму к-средних.

Анализ полученных результатов сопоставлялся с гидрологическими отчетами на соответствующую дату.

Результаты анализа трёх изображений на участок в районе города Лесозаводск представлены в виде трёх аннотированных изображений.

На рисунке 5.6 показана тематическая карта после обработки РЛИ от 25.03.2015. Первое изображение - участок РЛИ в районе г. Лесозаводск, наложенный на карту; второе изображение – классификация тематического слоя реки, выделенной по РЛИ. Определены различные типы речного льда и водная поверхность.

По информации с наземных станций на 25.03.2015 г.:
«на реках Приморского края продолжается развитие весенних ледовых процессов, наблюдаются промоины и закраины. Сплошной ледостав сохраняется на р. Уссури от г. Лесозаводск.»

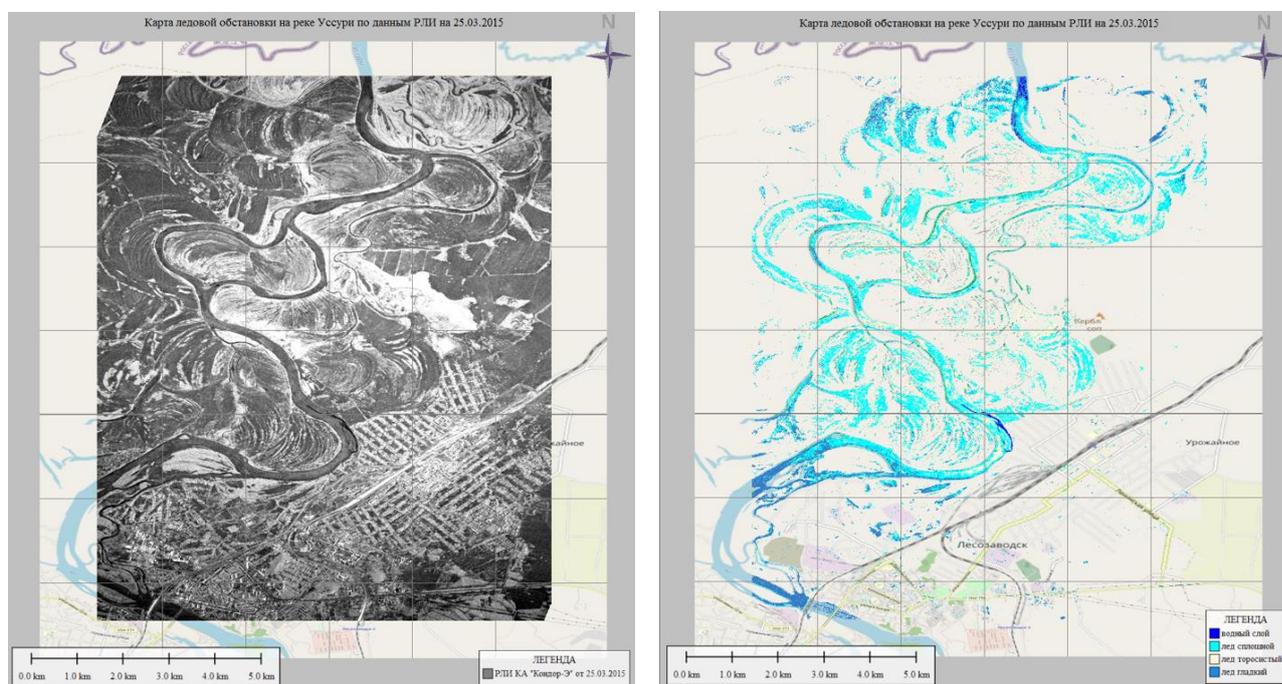


Рисунок 5.6 – Тематическая карта по РЛИ на 25.03.2015 г

Результат:

по данным РЛИ на 25.03.2015 на реке Уссури в районе г. Лесозаводск обнаружены сплошной ледостав (голубой цвет), промоины на реке в черте города (синий цвет).

На рисунке 5.7 показана тематическая карта после обработки РЛИ от 03.04.2015. Первое изображение - участок РЛИ от 03.04.2015 в районе г. Лесозаводск, наложенный на карту; второе изображение – классификация тематического слоя реки, выделенной по РЛИ. Определены различные типы речного льда и водная поверхность.

По информации с наземных станций на 03.04.2015:

«продолжается процесс вскрытия и притока талых вод в русла рек, усиленный осадками, прошедшими в Приморье в ночь на 3 апреля. На реке Уссури на участке р. Кировский - г. Лесозаводск продолжается ледоход, высокие уровни воды за счет заторных явлений категории неблагоприятного гидрологического явления, подтоплены поймы рек, отдельные участки автодорог.»

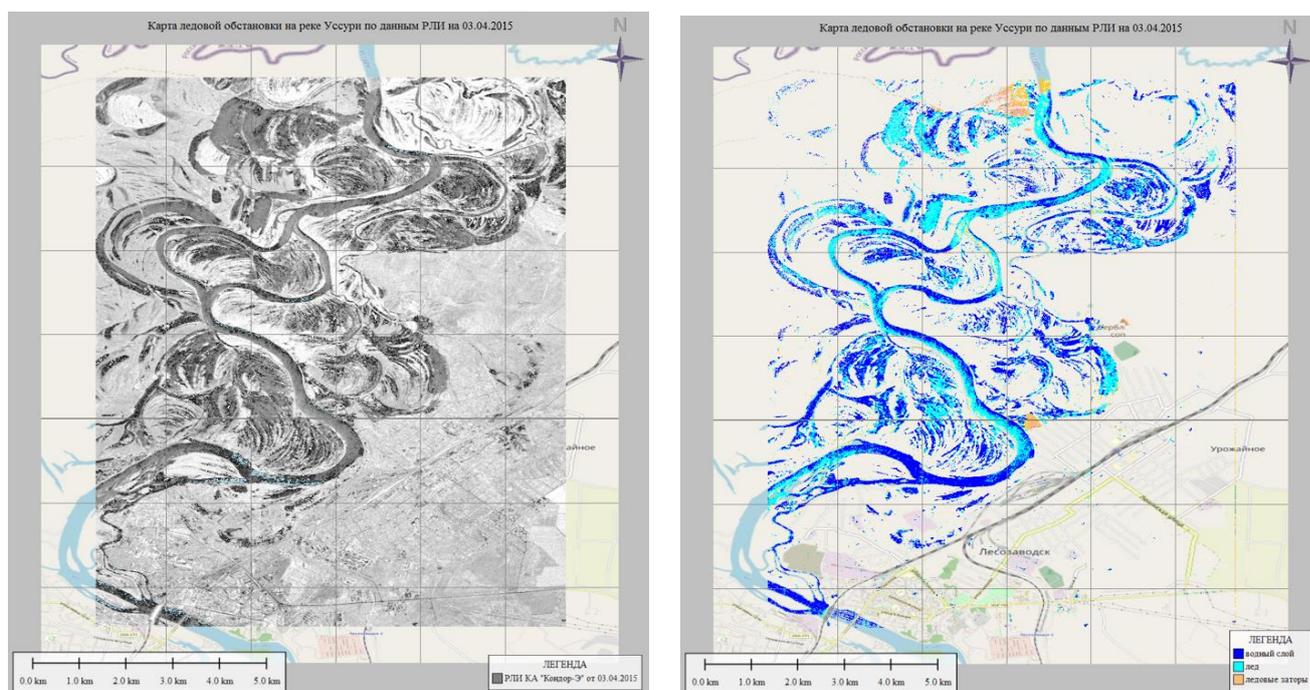


Рисунок 5.7 – Тематическая карта по РЛИ на 03.04.2015 г

Результат:

по данным РЛИ на 03.04.2015 на реке наблюдается интенсивное развитие ледовых процессов (голубой цвет), вскрытие реки (открытая вода – синий цвет), в верхнем течении наблюдаются заторные явления (желтый цвет), река в берегах, подтоплена пойма реки без ущерба (синий цвет).

На рисунке 5.8 показана тематическая карта после обработки РЛИ от 08.04.2015. Первое изображение - участок РЛИ в районе г. Лесозаводск, наложенный на карту; второе изображение – классификация тематического слоя реки, выделенной по РЛИ. Определена водная поверхность по всему участку реки и поймам.

По информации с наземных станций на 08.04.2015 г.: «процесс вскрытия рек завершился, реки преимущественно очистились ото льда, высокие уровни воды, категории неблагоприятного гидрологического явления, сохраняются в среднем течении реки Уссури на участке пос. Кировский - г. Лесозаводск - Графское, отмечается подтопления низких пойменных участков, отдельные участки автодорог. Реки преимущественно в берегах.»

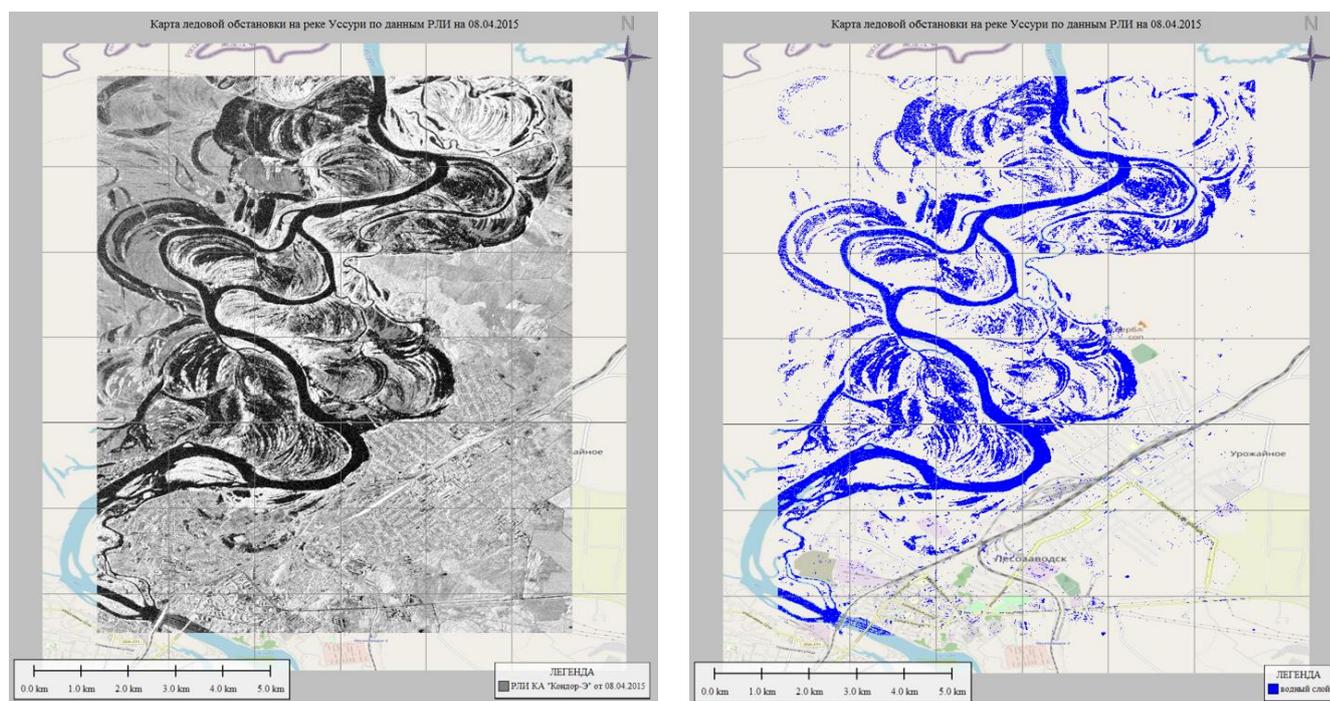


Рисунок 5.8 – Тематическая карта по РЛИ на 08.04.2015 г

Результат:

по данным РЛИ на 08.04.2015 река полностью очистилась ото льда (синий цвет), река в берегах, подтоплена пойма реки без ущерба (синий цвет).

На рисунке 5.9 показана классификация освобожденного ото льда водного слоя реки на разные даты, выделенные по соответствующим РЛИ: 25.03.2015 - малиновый цвет, 03.04.2015 – зелёный цвет, 08.04.2015 – синий цвет.

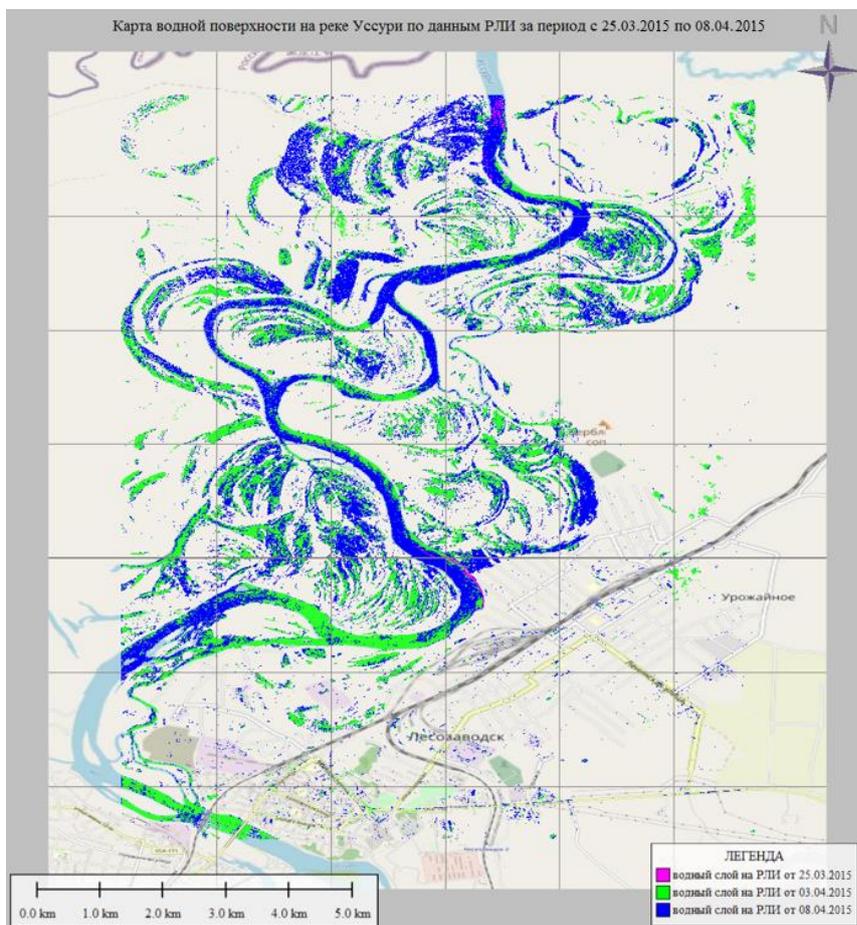


Рисунок 5.9 – Тематическая карта заключительная

Анализ тематических карт, созданных по трём РЛИ на р. Усури в районе г. Лесозаводск-г. Дальнереченск показал, что данные S-диапазона позволяют определять основные характеристики развития ледовых процессов: половодья и вскрытия рек, заторы, ледоход, забереги и промоины, динамику подтопления пойм рек, элементов инфраструктуры (автодороги, хозяйственные объекты), очищение ото льда реки.

Таким образом, данные системы КС «Кондор-ФКА» могут решать задачи гидрологического мониторинга рек и прилегающих территорий, в том числе:

- наблюдение за характером и таянием льдов на реках,
- выделение и фиксирование изменений зон подтоплений в районе городской и промышленной инфраструктуры.

Алфавитный указатель

- Длина волны 36,96
- Зеркальная антенна 40,110
- Информационный продукт 45, 46, 83, 84, 85
- КВО 24,46, 87,90,96
- КПО 23,24, 45, 90
- КСПО 23, 24, 46, 90
- КЦОИ 8, 14, 20, 47, 90
- НКПОР-КР 13,4, 17, 22, 23, 24, 25, 100
- Навигационно-баллистическое обеспечение 21
- Опорная точка местности 53, 54, 55, 72, 73
- Парциальный луч 36,37,40,41,42
- Периодичность наблюдений 10, 15, 28, 29
- Производительность КС 15
- Погрешность привязки 16
- Полоса захвата 36, 38, 39, 40, 41, 42, 65
- Полоса обзора 38
- Поляризация сигнала 36, 38, 39, 58, 96
- Рабочая программа 20, 21
- Радиоголограмма 44, 57, 59, 67., 68, 69, 84
- Разрешение 11, 16, 36, 38, 39. 65. 94, 101, 102, 103
- Синтез радиолокационного изображения 45
- Система координат 60, 61, 63, 64
- Радиометрическая
- калибровка 59
 - коррекция 55, 68
 - разрешение 38, 39, 66
 - чувствительность 66
 - яркость 40, 42
- Режимы работы РСА 21, 35

ДНР 10, 11, 15, 16, 35, 36, 46, 50, 59, 65, 66, 94, 96, 102, 104, 105
ДПР 10, 11, 15, 16, 35, 36, 46, 50, 59, 65, 66, 94, 96, 101, 104, 105
ОР 35, 36, 39, 40, 42, 43, 50, 94, 96
ЮР1 35, 96
ЮР2 35, 57, 58, 96
ЮР3 35, 57, 58, 96
ЮР4 35, 96
РСА 9, 10, 21, 33, 35, 36, 40, 43, 57
УКАСОИ 22,23,24
Устройство антенно-поворотное 33
ЦП 14, 17, 20, 43, 99
Ширина диаграммы направленности 37

Список используемых источников

- [1] №8323/14 от 12.11.2014 Тактико-техническое задание на выполнение опытно-конструкторской работы «Создание космического комплекса радиолокационного оперативного всепогодного круглосуточного наблюдения Земли на базе КА типа «Кондор-Э» с радиолокатором S-диапазона»
- [2] КСФКА-0000-0ПЗ5 Пояснительная записка «Космическая система «Кондор-ФКА». Эскизный проект»
- [3] ТЗ.371ТО04.06-2015 ТЗ на СЧ ОКР «Создание наземного комплекса приема, обработки, хранения и распространения информации минимального состава космической системы «Кондор-ФКА» Пояснительная записка «Технология информационного взаимодействия составных частей НКПОР-КР и привлекаемых средств»
- [4] Технология навигационно-баллистического обеспечения планирования, получения и обработки целевой информации в НКПОР-КР космической системы «Кондор-ФКА»
- [5] 371КК14-0000-0ПМ7 Космическая система «Кондор-ФКА». Программа летных испытаний
- [6] № МХ-513-р от 11.05.2021 Временное положение по организации взаимодействия средств СВПН, НКПОР-КР и привлекаемых средств ЕТРИС ДЗЗ в процессе подтверждения характеристик КС «Кондор-ФКА» на этапе ЛИ
- [7] №181-пр/1 от 19.08.2021 Протокол по составу и структуре информационных продуктов
- [8] ГОСТ Р 59085-2020 «Руководство пользователя данными дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемыми с космических аппаратов радиолокационного наблюдения. Требования к структуре и содержанию»
- [9] ГОСТ Р 59079-2020 Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Типы данных дистанционного зондирования Земли из космоса
- [10] ГОСТ Р 59080-2020 Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса стандартные. Требования к составу и документированному описанию
- [11] ГОСТ Р 59081-2020 Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса производные (базовые). Требования к составу и документированному описанию