

**«Исследование современного состояния и перспектив
развития отечественных космических систем
дистанционного зондирования Земли
для решения задач мониторинга окружающей среды»**

Терентьева В.В., Астахова Е.И.
Военно-космическая академия имени
А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург,
Россия

2022 г.

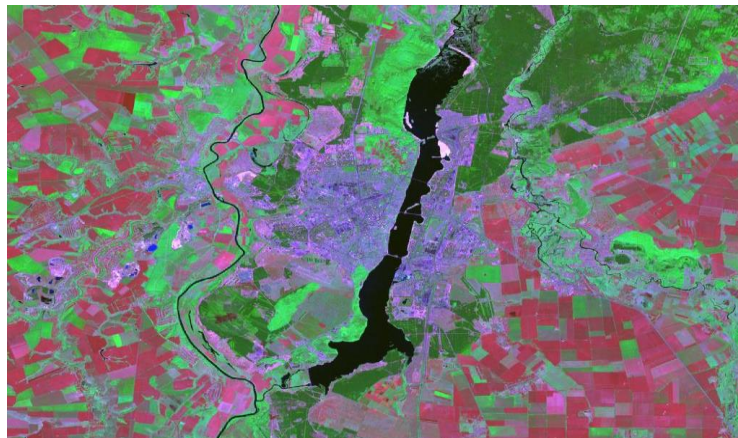
Космические средства сбора данных о состоянии окружающей среды (ОС)

Космические аппараты дистанционного зондирования Земли (КА ДЗЗ)

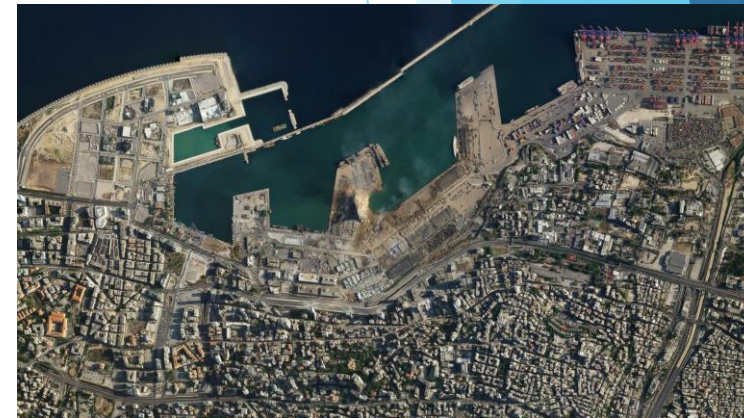
Панхроматические (ПХ)
изображения



Мультиспектральные (МС)
изображения



Гиперспектральные (ГС)
изображения



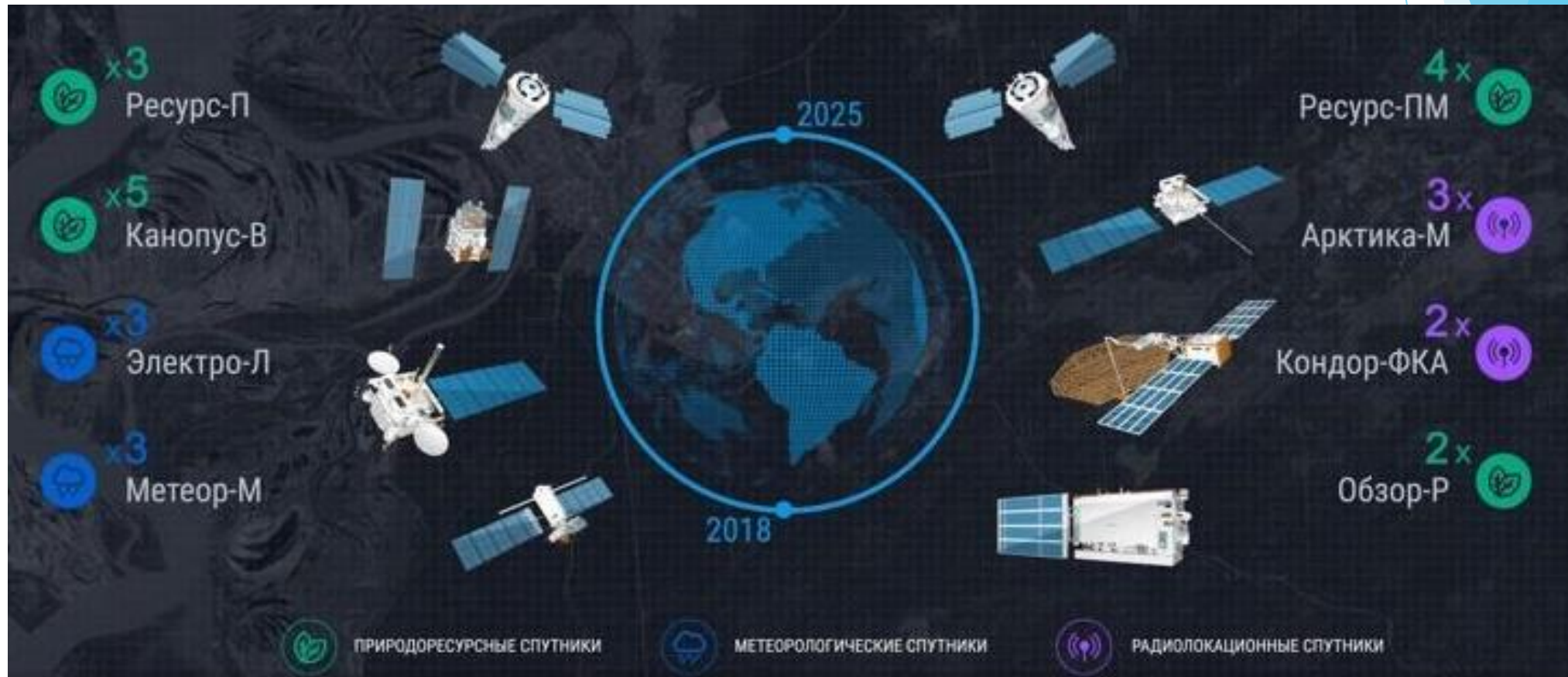
Все получаемые изображения сверхвысокого (< 1 м), высокого (1-10 м) и среднего (10-250 м) пространственного разрешения.

ПХ и МС снимки высокого пространственного разрешения позволяют решать задачи инвентаризации, оценивать соответствие границ территорий документам, устанавливающим права на пользование землей, диагностировать техническое состояние потенциальных источников негативного воздействия на окружающую среду (НВОС)

Преимуществом МС и ГС данных является возможность обнаружения в автоматизированном режиме фактов НВОС по аномальным изменениям спектральных характеристик компонентов природной среды, подвергшихся негативному воздействию.

Увеличение орбитальной группировки КА ДЗЗ к 2025 г.

В состав орбитальной группировки КА ДЗЗ на 2022 год входят 12 спутников: 7 проводят мониторинг территории (1 КА природоресурсного назначения высокодеталяного наблюдения «Ресурс-П», 5 КА из состава космических систем (КС) мониторинга чрезвычайных ситуаций «Канопус-В», один спутник «Канопус-В-ИК») и 5 контролируют гидрометеорологическую обстановку (три «Метеора-М» и два «Электро-Л»).



Основные тактико-технические характеристики СА отечественных КА ОЭ наблюдения

(спектральные каналы: ПХ – панхроматический, МС – многоспектральные, ИК – инфракрасный)

Тип СА	Количество спектральных каналов	Спектральный диапазон, мкм	Пространственное разрешение, м	Полоса захвата, км
КА «Ресурс-П»				
ОЭ аппаратура высокого разрешения «Геотон-Л1»	ПХ: 1 МС: 5	ПХ: 0,58...0,80 МС: 0,45...0,52; 0,52...0,60; 0,61...0,68; 0,72...0,80; 0,80...0,90	ПХ: 0,9 МС: 3-4	38
ШМСА-ВР (широкозахватная МС аппаратура высокого разрешения)	ПХ: 1 МС: 5	ПХ: 0,43...0,70 МС: 0,43...0,51; 0,51...0,58; 0,60...0,70; 0,70...0,80; 0,80...0,90	ПХ: 12 МС: 23	97
ШМСА-СР (широкозахватная МС аппаратура среднего разрешения)	то же	то же	ПХ: 60 МС: 120	441
ГСА (гиперспектральная СА)	до 256	0,4...1,1	30	25
КА «Ресурс-ПМ»				
ОЭК-ВР (ОЭ комплекс высокого разрешения)	ПХ: 1 МС: 8	ПХ: 0,5...0,8 МС: 0,40...0,45; 0,45...0,51; 0,51...0,58; 0,58...0,62; 0,63...0,69; 0,70...0,74; 0,77...0,89; 0,86...1,05	ПХ: 0,4 МС: 1,6	19
ШМАСР (широкозахватная МС аппаратура среднего разрешения)	ПХ: 1 МС: 7	ПХ: 0,5...0,8 МС: 0,45...0,51; 0,51...0,58; 0,63...0,69; 0,77...0,89; 0,705...0,745; 0,89...0,96 ИК: 1,55...1,70	ПХ: 5 МС: 10 ИК: 20	120
КА «Канопус-В», «Канопус-В-ИК»				
ПСС (панхроматическая съёмочная система)	ПХ: 1	0,54...0,86	2,1	23
МСС (многозональная съёмочная система)	МС: 4	0,46...0,52; 0,51...0,60; 0,63...0,69; 0,75...0,84	10,5	23
КА «Канопус-В-ИК» (в дополнение к ПСС и МСС)				
МСУ-ИК-СРМ (многоканальный радиометр среднего и дальнего ИК диапазонов)	МС: 2	3,5...4,1; 8,4...9,4	200	2000

Основные тактико-технические характеристики высокоинформативных РЛ комплексов (ВРЛК) перспективных отечественных КА РЛ наблюдения

Характеристика	КА		
	«Кондор-ФКА»	«Кондор-ФКА-М»	«Обзор-Р»
Тип антенной системы	зеркальная	гибридная зеркальная с облучателем в виде активной фазированной антенной решетки (АФАР)	АФАР
Диапазон рабочих частот	S	S	X
Режимы работы	1) детальный прожекторный (ДПР); 2) детальный непрерывный (ДНР); 3) обзорный (ОР)	1) ДПР; 2) кадровый (КР); 3) ДНР; 4) ОР	1) высокодетальный кадровый (ВДКР); 2) детальный кадровый (ДКР); 3) узкополосный маршрутный (УМР); 4) маршрутный (МР); 5) широкополосный маршрутный (ШМР)
Поляризация	H/H, V/V	H/H, V/V, H/V, V/H, V/(V+H), H/(V+H)	H/H, V/V, H/V, V/H, V/(V+H), H/(V+H)
Разрешающая способность, м	ДПР: 1-2 ДНР: 1-3 ОР: 6-12	ДПР: 0,4-0,8 КР: 0,8-1,6 ДНР: 0,8-2,5 ОР: 15-30	ВДКР: 1 ДКР: 3 УМР: 3, 5 МР: 20, 40 ШМР: 200, 300, 500
Ширина полосы захвата (размер кадра), км	ДПР: 10 × 10 ДНР: 10 ОР: 20-100	ДПР: 10 × 10-25 КР: 10 × 10-25 ДНР: 10-25 ОР: 40-220	ВДКР: 10 × 20 ДКР: 50 × 50 УМР: 30 МР: 130, 230 ШМР: 400, 600, 750
Длина снимаемого маршрута, км	500	1000	4000

Перспективные космические аппараты

Характеристика съёмочной аппаратуры спутников «Обзор-О» №1,2

Тип сканера	Спектральные каналы		Пространственное разрешение
Панхром. (Panchromatic)	500 - 850 нм		7 м – в надире
Мультиспектральный (Multispectral)	Blue	440 - 510 нм	14 м – в надире
	Green	520 - 590 нм	
	Red	630 - 680 нм	
	Rededge	690 - 730 нм	
	Near-IR1	760 - 850 нм	
	Near-IR2	1550-1700 нм 850 - 1000 нм	
Радиометрическое разрешение	12 бит		
Точность геопозиционирования	30-45 м		
Ширина полосы съёмки	Не меньше 85		
Производительность съёмки каждого КА	6 млн кв.км/км		
Периодичность съёмки	30 суток		
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с	600		

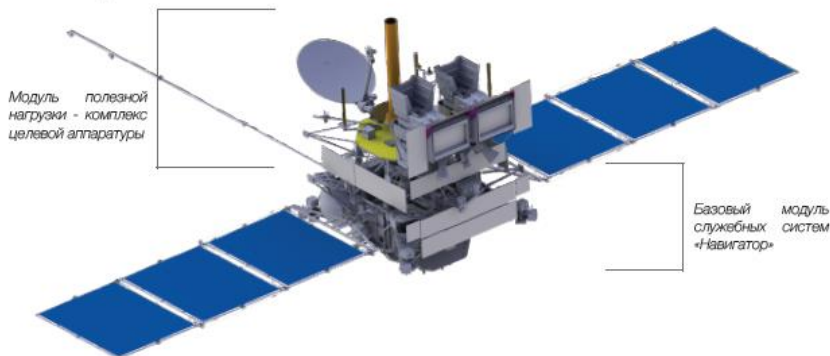
Характеристика съёмочной аппаратуры спутников «Обзор-О» №3,4

Тип сканера	Спектральные каналы		Пространственное разрешение
Панхром. (Panchromatic)	500 - 850 нм		5 м – в надире
Мультиспектральный (Multispectral)	Blue	440 - 510 нм	14 м – в надире
	Green	520 - 590 нм	
	Red	630 - 680 нм	
	Red edge	690 - 730 нм	
	Near-IR1	760 - 850 нм	
	Near-IR2	1550-1700 нм 850 - 1000 нм	
	Радиометрическое разрешение	12 бит	
Точность геопозиционирования	20-40 м		
Ширина полосы съёмки	Не меньше 120		
Производительность съёмки каждого КА	8 млн кв.км/км		
Периодичность съёмки	7 суток		
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с	600		

Перспективные космические аппараты

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ «АРКТИКА-М»

Космический аппарат (КА) спроектирован по модульному принципу, что обеспечивает независимость создания и удобство наземной отработки комплекса целевой аппаратуры и базового модуля служебных систем вплоть до этапа комплексных испытаний собранного КА.



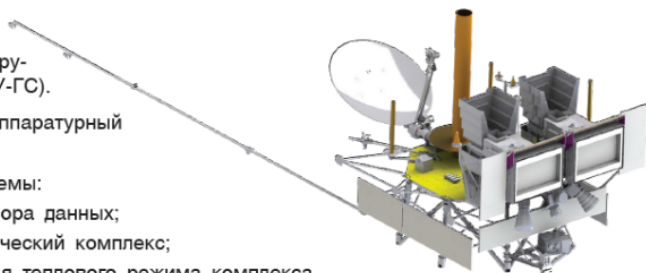
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Масса КА на старте	2 200 кг
Масса комплекса целевой аппаратуры	780 кг
Масса целевой аппаратуры	445 кг
Высота в сложенном положении	3 690 мм
Размеры в раскрытом положении на рабочей орбите	4 038 x 13 800 x 3 940 мм
Срок активного существования	7 лет

КОМПЛЕКС ЦЕЛЕВОЙ АППАРАТУРЫ КА «АРКТИКА-М»

СОСТАВ:

1. Многозональное сканирующее устройство (МСУ-ГС).
2. Гелиогеофизический аппаратный комплекс (ГГАК-ВЭ).
3. Вспомогательные системы:
 - бортовая система сбора данных;
 - бортовой радиотехнический комплекс;
 - средства обеспечения теплового режима комплекса целевой аппаратуры (КЦА);
 - система управления остронаправленной антенной;
 - бортовая кабельная сеть КЦА.



МНОГОЗОНАЛЬНОЕ СКАНИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО (МСУ-ГС)

Разработчик — АО «Российские космические системы».

КА «Арктика-М» оборудован двумя МСУ-ГС (основным и резервным) для получения многоспектральных изображений облачности и поверхности Земли в видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах в пределах видимого диска Земли во всем диапазоне условий наблюдения и выдачи цифровой информации в бортовую систему сбора данных.

СОСТАВ МСУ-ГС:

- Оптико-механический модуль видимого диапазона для съемки с разрешением 1 км в трех спектральных каналах;
- оптико-механический модуль инфракрасного (ИК) диапазона для съемки с разрешением 4 км в семи спектральных каналах.



В МСУ-ГС КА «Арктика-М» существенно повышена точность измерений параметров движения съемочной системы и координатной привязки с учетом особенностей рабочей орбиты.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Полоса обзора	весь видимый диск Земли и часть околоземного пространства
Диапазон длин волн	0,5 – 12,5 мкм
Полоса обзора	- до 30 мин в штатном режиме, - до 15 мин в учащенном режиме
Рабочая t° фотоприемников ИК диапазона	$(-193 \pm 2)^{\circ} \text{C}$

Назначение космических аппаратов

Название космического аппарата	Назначение
«Ресурс-П», «Ресурсы-ПМ»	Исследование природных ресурсов; выявление и изучение загрязнений окружающей среды, контроль водоохранных и заповедных районов; оценка состояния ледовой обстановки; мониторинг чрезвычайных ситуаций; контроль состояния социально-экономической инфраструктуры; создание и обновление кадастровых планов, топографических и навигационных карт; определение вида и состояния растительности и др.
«Кондор-ФКА»	Картографирование поверхности Земли, экологический мониторинг и разведка природных ресурсов.
«Кондор-ФКА-М»	Доработка космического комплекса радиолокационного оперативного всепогодного круглосуточного наблюдения Земли
«Канопус-В», «Канопус-В-ИК»	Картографирование; обнаружение очагов лесных пожаров, крупных выбросов загрязняющих веществ в природную среду; мониторинг сельскохозяйственной деятельности, водных и прибрежных ресурсов; землепользование; мониторинг окружающей среды на большом участке земли
«Обзор-Р»	Обеспечение МЧС России, Минсельхоза России, других министерств, ведомств радиолокационной информацией
«Обзор-О»	Выполнение оперативной съемки территории России, прилегающих территорий соседних государств и отдельных районов Земли.
«Арктика-М»	Круглосуточный всепогодный мониторинг поверхности Земли и морей Северного Ледовитого океана; постоянная и надежная связь и другие телекоммуникационные услуги, что будет способствовать динамичному социально-экономическому развитию северных регионов нашей страны.
«Электро-Л»	Решение задач гелиогеофизического обеспечения; выполнение телекоммуникационных функций по распространению, обмену гидрометеорологическими и гелиогеофизическими данными
«Метеор-М»	Получение исходных гидрометеорологических данных в глобальном масштабе для составления прогнозов погоды; контроль опасных погодных явлений и предупреждение об их приближении

Состояние космической деятельности является одним из основных факторов, определяющих уровень развития России, статус высокоразвитого в научном и технологическом отношении государства. В соответствии с концепцией проекта «Сфера» программы «Космическая деятельность России» дальнейшей задачей в этой области является продолжение развития существующих космических систем (КС) и комплексов ДЗЗ, создание и развертывание орбитальных группировок с КА нового поколения. Новая группировка КА ДЗЗ обеспечит полный объем наблюдения за окружающей средой.