



Лекция 12: ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

**Вопросы: 12.1 Технические средства
дистанционного зондирования.**

**12.2 Влияние параметров орбит и атмосферы
на качественные характеристики материалов дистанционного
зондирования.**

**12.3 Свойства космических снимков и их классификация по
отдельным показателям.**

12.4 Цифровые съемочные системы.

12.5 Космические системы дистанционного зондирования

**12.6 Белорусская космическая система дистанционного
зондирования Земли**

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, А.С. Средства получения цифровых снимков и методы их фотограмметрической обработки / Назаров А.С. – Минск: учеб. центр повышения квалификации и переподготовки кадров землеустроительной и картографо-геодезической службы. 2009. – 263 с.

Вопрос 12.1 Технические средства дистанционного зондирования

По способу формирования изображения ЦСС классифицируют:

- Цифровые съемочные системы с использованием ПЗС-матриц (кадровые системы);
- Цифровые съемочные системы с использованием ПЗС-линеек (сканирующие системы) (ПЗС- приемник зарядовой связью CCD –Charge Coupted Device).

Цифровые съемочные системы с использованием ПЗС-матриц (DMC (фирма Z/Imaging (США, Германия); UltraCam_D (фирма Vexcel); UltraCamx (фирма Vexcel); Цифровых съемочные комплексы ЦТК-140 и ЦТК-70 (Россия, АНО "Космос-НТ" и ИКИ РАН).

Преимущества использования цифровых съемочных систем:

1. Отсутствуют расходы на аэрофотопленку и фотолабораторные работы.
2. Контроль качества снимков в полете.
3. Высокое радиометрическое разрешение (12 бит на пиксел и выше).
4. Одновременная съемка в разных спектральных диапазонах.
5. Отсутствие процесса внутреннего ориентирования при обработке в цифровых фотограмметрических системах.
6. Возможность создавать неограниченное количество копий снимка с качеством оригинала.
7. Отсутствие деформации при хранении.

8. Большие объемы устройств хранения, позволяющие получить большое количество снимков за один залет.

Цифровые съемочные системы с использованием ПЗС-линеек (ADS 40 (фирма LH-System, Швейцария); 3-DAS1 НПП «Геосистема»; HRSC (центр космических исследований Германии DLR)).

При фотограмметрической обработке цифровых изображений, получаемых с помощью сканирующих ЦСС необходимо учитывать следующее:

1. Результатом съемки являются полосы изображений, поэтому стереоскопические наблюдения и измерения возможны только по полосе перекрытия со смежным маршрутом.

2. Геометрия сканерных снимков не соответствует центральной проекции, поскольку каждая их строка формируется из собственного центра.

3. Отсутствие продольных перекрытий сканерных снимков и невозможность создания по ним стереопар существенно снижают точность их фотограмметрической обработки

4. Поэтому современные ЦСС используют несколько ПЗС-линеек, каждая из которых формирует изображение по определенному направлению.

В настоящее время все производство аэросъемочного оборудования сосредоточено в специально созданном подразделении Hexagon Geospatial Division (Швеция). Подразделение имеет два производственных центра: в городе Хербрук (Швейцария) на базе компании Leica Geosystems и в городе Ален (Германия) на базе Z/I Imaging. В Хербруке ведется разработка и производство линейных сканеров серии ADS (Leica Geosystems), а также лазерных сенсоров. В г. Ален разрабатываются и производятся кадровые камеры серии DMC (Z/I Imaging), туда же перейдет разработка и производство среднеформатной камеры RCD30 (Leica Geosystems).

✓ Три линейных сенсора, направленные вперед, назад и в надиры и состоящие из нескольких спектральных линеек, формируют «цифровой ковер».

✓ Основное отличие ADS100 — увеличение полосы захвата до 20 000 тысяч пикселей поперек маршрута для всех линеек и, соответственно, увеличение производительности. В ADS100 отсутствует панхроматический канал, все цветные каналы имеют наивысшее разрешение (20 000 пикселей). Надирный сенсор имеет дополнительную линейку в зеленом канале: две зеленые линейки смещены друг относительно друга на полпикселя, что позволяет в результате интерполяции реализовать так называемый «режим высокого разрешения».

Следующее важное усовершенствование — это наличие режима временной задержки и накопления сигнала (TDI — time-delay integration) для компенсации сдвига изображения. Все используемые CCD-линейки являются матрицами с 16 строками, что позволяет применять различные режимы TDI (от 1 до 15 пикселей). Наличие TDI-режима дает возможность летать на больших скоростях при худших условиях освещения.

В современных условиях при аэрофотосъемке используют цифровую камеру ADS 100, которая имеет следующие характеристики:

- Тип камеры – сканерный авиационный сенсор.
- Вес – 100-120 кг.
- Число CCD-сенсоров - SH100: 13 линейек (4 линейки R, G, B, N вперед, 4 линейки R,G,B,N (назад), 5 линейек R,G,G,B,N (в надир)).
- Фокусное расстояние (для результирующего кадра) 62,5 мм.
- Радиометрическое разрешение 12 бит/пиксел.
- Компенсация сдвига (смаза) изображения.
- Геометрия результирующего изображения - центральная проекция каждой строки изображения.
- Формат растрового изображения – TIF.

При съемке сканирующими ЦСС на самолете устанавливают интегральный навигационный комплекс GPS/IMU (Inertial Measurement Unit). Совместная обработка данных полученных с помощью GPS и инерциальной системы позволяют с достаточной точностью определять значения шести параметров внешнего ориентирования каждой строки изображения. Это позволяет устранить геометрические искажения снимка.

Вопрос 12.2 Влияние параметров орбит и атмосферы на качественные характеристики материалов дистанционного зондирования

Космическая съёмка, т.е. съёмка с высоты более 150 км, выполняется со спутника, который в соответствии с законами небесной механики перемещается по строго установленной орбите. Поэтому возможности его маневрирования по сравнению с самолетом весьма ограничены.

Любой спутник – съёмщик всегда должен рассматриваться с учетом параметров его орбиты. С точки зрения космических съёмок земной поверхности важны следующие параметры орбит: форма, высота, наклонение, положение её плоскости по отношению к Солнцу.

Форма орбиты определяет постоянство высоты съёмки на разных участках орбиты. Космические носители с установленной на них съёмочной аппаратурой движутся по круговым или эллиптическим орбитам (рис. 12.1).

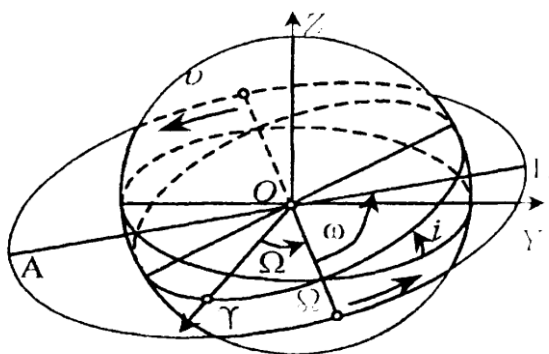


Рис.12.1. Элементы орбиты носителя съёмочной аппаратуры

Для наблюдения из космоса целесообразнее использовать круговые орбиты, поскольку на них спутник движется примерно на одинаковом расстоянии от Земли. Для эллиптических орбит расстояние до земной поверхности изменяется от минимального в перигее до максимального в апогее.

Высота орбиты вместе с параметрами съёмочной системы определяет масштаб получаемого изображения, его метрические характеристики и ширину полосы обзора. Спутники работают на различных высотах. При низких орбитах существенно сказывается сопротивление атмосферы при высоте менее 100 км прогрессивно возрастающее торможение столь велико, что спутник не может совершить даже одного витка и, сгорая, падает вниз. По мере увеличения высоты увеличивается время активного существования спутников, охват съёмкой, но при этом обычно уменьшается разрешение снимков.

По высоте можно выделить три группы наиболее часто используемых для съёмки Земли орбит:

100–500 км – орбиты для пилотируемых кораблей, орбитальных станций и космических систем.

600–2000 км – орбиты искусственных спутников Земли, используемые для ресурсных и метеорологических съёмок с помощью электронной аппаратуры.

36000 – 40000 км – орбиты геостационарных спутников, используемых для постоянного наблюдения за районом. Скорость движения таких спутников равна скорости вращения Земли, поэтому они постоянно находятся над одной её точкой т.е. при такой высоте спутник, как бы зависая над определенной территорией, обеспечивает её постоянное наблюдение.

Наклонение орбиты (i) – это важная характеристика, которая определяется углом между плоскостью орбиты и плоскостью экватора.

Различают орбиты **экваториальные**, где отклонение отсутствует, **полярные** (с наклоном 90^0) и **наклонные**, занимающие промежуточное положение. Наклонные орбиты могут быть прямыми (имеют северо-восточное) направление входящего витка и обратными (имеют северо-западное) направление восходящего витка. С известного космодрома Плисецк спутники выводятся на орбиты с наклоном от 72^0 до полярных орбит. Наклонение определяет широтный пояс, охватываемый съёмкой. Сравнительно небольшие метеорологические и ресурсные спутники запускают на полярные орбиты.

Положение орбиты по отношению к Солнцу – это угол между плоскостью орбиты и направлением на Солнце. Для получения снимков при постоянных условиях освещенности используют солнечно-синхронные орбиты. У таких орбит угловая скорость смещения относительно Солнца соответствует скорости вращения Земли вокруг Солнца (360^0 в год). Находясь на солнечно-синхронной орбите, спутник появляется над одним и тем же местом в одно и тоже время, и условия освещенности зависят только от времени года.

Вопрос 12.3 Свойства космических снимков и их классификация по отдельным показателям

При работе с различными типами снимков специалистов в первую очередь интересует спектральный диапазон съёмки, который определяет биогеофизические характеристики объектов, передаваемые снимками и технология получения изображения, от которой зависят изобразительные, радиометрические и геометрические свойства снимков. Эти две характеристики представляют основу классификации космических снимков.

Спектральный диапазон съёмки определяет первый, фундаментальный уровень этой классификации, учитывающий отражательные и излучательные характеристики объектов, воспроизводимых на снимках. По этому признаку выделяют три основные группы снимков:

- снимки в видимом, ближнем и среднем инфракрасном диапазоне, который называют также световым;
- снимки в тепловом инфракрасном диапазоне;
- снимки в радиодиапазоне.

Классификация космических снимков по трем показателям, важнейшим для дешифрирования:

По обзорности

- Глобальные (планета) Θ - 10000 км
- Крупнорегиональные Θ = 500 – 3000 км
- Региональные Θ = 50 – 500 км
- Локальные Θ = 10 – 50 км

По масштабу

- Сверхмелкомасштабные 1: 1 000 000 – 1: 10 000 000
- Среднемасштабные 1:10000000 – 1:100000000
- Мелкомасштабные 1:100 000 – 1:1 000 000
- Крупномасштабные 1:10 000 – 1:100 000

По пространственному разрешению

- низкого разрешения $L_R = n$ 1000 м
- среднего разрешения $L_R = n$ 100 м
- высокого разрешения $L_R = n$ 10 м:
 - а) $L_R = 30 – 100$ м – относительно высокого
 - б) $L_R = 10 – 3$ м – высокого
- очень высокого разрешения $L_R = n$ 1 м
- сверхвысокого разрешения $L_R \leq 1$ м

Θ – ширина полосы охвата; L_R – разрешение на местности.

Основные характеристики космических снимков:

Спектральное разрешение характеризует количество регистрируемых спектральных зон, их ширину и размещение по электромагнитному спектру. Спектральное разрешение измеряется в нанометрах (нм) или микрометрах (мкм). Такая зона может быть достаточно широкой, как, например, единственная зона панхроматического снимка (0,4 – 0,7 мкм) или узкой, как

например, красная зона (0,63 – 0,69 мкм). Наиболее высокое спектральное разрешение (порядка 10 нм) имеют снимки, полученные с помощью гиперспектрального радиометра. Чем шире зона, тем ниже спектральное разрешение, тем меньше вероятность обнаружения интересующего объекта.

Радиометрическое разрешение определяет диапазон различимых на снимке яркостей, или число градаций сигнала в каждой спектральной зоне. Большинство радиометров обладает радиометрическим разрешением 6 или 8 бит, что достаточно близко к динамическому диапазону зрения человека. Имеются радиометры и с более высоким разрешением (10 – 11 бит/пиксел), позволяющим различать больше деталей в очень ярких или очень темных областях снимка. Это важно при съёмке объектов, находящихся в тени, а также когда на снимке одновременно находятся большие водные поверхности и суша.

Вопрос 12.4 Цифровые съёмочные системы

Космический снимок, являющийся результатом дистанционного зондирования исследуемой поверхности, представляет собой изображение объекта, построенное путем его проектирования из одной или нескольких точек пространства на ту или иную поверхность по заданному закону. Принцип формирования изображения зависит от используемой съёмочной аппаратуры – чаще всего это фотографические камеры, сканеры, радиолокаторы, которые иногда объединяют общим названием сенсоры. Съёмочная аппаратура, позволяющая одновременно получать снимки в нескольких спектральных зонах, называется многозональной, а в десятках и сотнях очень узких спектральных зон – гиперспектральной.

В зависимости от физического принципа формирования изображения, типа его развертки и вида поверхности проектирования съёмочные системы делятся на фотографические, телевизионные, радиолокационные, лазерные, сканирующие, оптико-электронные и другие.

Рассмотрим принцип действия некоторых из них.

Фотографические съёмочные системы формируют перекрывающиеся кадры изображений на фотопленке, которая после использования должна быть возвращена на Землю для фотохимической обработки в стационарных условиях.

К очевидным достоинствам фотографических съёмочных систем относят высокие метрические и изобразительные свойства изображений, естественную для человека форму представления видеoinформации, возможность использования простых и хорошо отработанных способов и технических средств последующей фотограмметрической обработки материалов.

Принципиально важными недостатками фотографических систем является неоперативность, связанная с необходимостью доставки снимков на Землю.

Телевизионные съёмочные системы используют в качестве датчика видеоинформации передающие телевизионные трубки. Полученное изображение транслируется на Землю по радиотелевизионным каналам в режиме реального времени, либо предварительно записывается на магнитный носитель. Если телевизионное изображение вначале строится в фокальной плоскости приемной оптики, то оно соответствует законам центрального проектирования. Если же оно формируется путем линейно-однострочного сканирования, то его геометрия аналогична геометрии сканерных снимков.

Радиолокационные съёмочные системы (РЛС) формируют изображение путем облучения полос местности с угловыми размерами $\Phi \times \Delta\Phi$, размещенных по обе стороны от оси полета перпендикулярно его направлению, последующего приема отраженных сигналов и их регистрации. Интенсивность отраженных сигналов соответствует радиояркости соответствующих элементов местности, а фаза определяет наклонную дальность. Развертка изображения в панораму выполняется за счет поступательного движения носителя.

Важнейшее преимущество снимков этого класса – их всепогодность. Поскольку радар регистрирует собственное, отраженное земной поверхностью, излучение, для его работы не требуется солнечный свет.

Важной особенностью радиолокационной съёмки является ее высокая чувствительность к влажности почвы, что важно для сельскохозяйственных и экологических приложений. В принципе с помощью радарной съёмки можно обнаружить подземные объекты, например, трубопроводы, утечки из них.

Лазерные сканирующие системы основаны на использовании полупроводникового лазера ближнего инфракрасного диапазона, работающего в импульсном режиме. Одна из возможных схем такой системы предполагает лазерное облучение полосы местности и последующий прием отраженных сигналов, интенсивность которых определяется отражательной способностью объектов местности. Причем, в каждом элементарном измерении регистрируется наклонная дальность и значения углов, определяющих направление распространения зондирующего луча в системе координат локатора.

Лазерное сканирование характеризуется узкой направленностью пучка, его высокой энергетической мощностью, узким спектральным диапазоном излучения и малым угловым разрешением системы. Это позволяет считать лазерное сканирование одним из наиболее перспективных средств дистанционного зондирования, но в настоящее время в силу ряда причин применение таких сканеров ограничивается наземным сканированием и сканированием с самолета.

Сканирующие съёмочные системы основаны на использовании оптико-механических устройств, представляющих собой быстро качающееся зеркало (около 1000 колебаний в секунду). Попадающие на его поверхность фрагменты изображения местности направляются через зеркальный объектив на точечный приемник, который преобразует лучистую энергию в электрический сигнал. Этот сигнал заносится на магнитный носитель в виде

цифрового кода, зависящего от амплитуды сигнала, и в последующем передается на Землю. Как правило различается 256 уровней видеосигнала, соответствующих изменению яркости объектов.

Различают несколько типов оптико-механических сканирующих систем, базирующихся на использовании линейной, конической горизонтальной и конической вертикальной разверток.

Оптико-электронные съёмочные системы получили в последние 5 лет наибольшее распространение, что объясняется простотой их конструкции, отсутствием подвижных элементов и стабильностью, высокой точностью обработки. Строка изображения в таких системах формируется одновременно, с помощью линеек, построенных на основе приборов с зарядной связью (ПЗС), располагающихся в фокальной плоскости приемной оптики перпендикулярно к направлению движения носителя.

Сформированная в приемнике строка изображения преобразуется в цифровые сигналы, характеризующие отражательную способность элементов объекта в том или ином диапазоне волн, и запоминается на магнитных устройствах. Несколько тысяч фотоприемников (детекторов) размером в несколько мкм каждый, создают строку первичного изображения. Развертка в панораму осуществляется за счет движения носителей съёмочной аппаратуры.

Одним из основных узлов оптико-электронной съёмочной системы является радиометр (фотометр, видеоспектрометр), с помощью которого измеряется интенсивность излучения, зарегистрированного в пределах каждого пиксела.

Геометрическая особенность материалов оптико-электронного сканирования заключается в том, что строки изображения, состоящие из детекторов $0, 1, 2, \dots, n$, формируются по законам центрального проектирования из точки S , расположенной на удалении f от главного детектора. Панорама, построенная путем объединения строк, соответствует законам линейно-строчного сканирования.

Изображение в оптико-электронной съёмочной системе строится с помощью зеркального объектива, размеры которых в 2–3 раза меньше, чем линзового. Такие системы характеризуются высокой радиометрической точностью, малым углом зрения и большим фокусным расстоянием.

Материалы космической съёмки поступают в центры приема информации, где выполняется их предварительная обработка, предусматривающая геометрическую и радиометрическую коррекцию, восстановление искаженных и утерянных строк, привязку изображений по параметрам орбиты космического аппарата или по опорным точкам, ортофототрансформирование.

Вопрос 12.5 Космические системы дистанционного зондирования

Методы дистанционного зондирования базируются на использовании спутниковых систем, которые включают достаточно сложную

инфраструктуру, обеспечивающую функционирование спутников на орбите, прием информации от спутников, её первичную обработку, хранение и распространение.

Первыми национальными системами природо-ресурсного направления были системы первого поколения Ресурс (1970-е годы, СССР), Landsat (1972 г. США) и SPOT (1986 г. Франция).

Космическая система Ресурс создавалась как общегосударственная постоянно действующая система для изучения природных ресурсов и контроля окружающей среды.

В систему входили автоматические космические аппараты фотографической съёмки Ресурс–Ф и оперативного наблюдения за сушей Ресурс–О и океаном Океан–О.

За 16 дней спутник может покрыть сканерной многозональной съёмкой всю поверхность Земли. Цифровая информация со спутников по радиоканалам передается на наземные пункты приема, которые оборудованы во многих странах. Результаты съёмок, прошедшие предварительную компьютерную обработку, представляют в цифровом виде. Спутники системы «Ресурс» прекратили свое существование в 1999 году. Служба распространения архивированных снимков через сеть Интернет делает их доступными потребителям разных стран.

Снимки со спутников Landsat, на которых отчетливо изображаются природно–территориальные комплексы – сельскохозяйственные поля, городские населенные пункты, применяются во многих странах мира для геологических, географических, экологических исследований и тематического картографирования.

Американская система Landsat предусматривала поочередный вывод на орбиту по одному спутнику с расчетным сроком функционирования несколько лет.

Информация, передаваемая по радиоканалам, принимается двумя основными (во Франции и в Швеции) и более, чем двадцатью региональными станциями приема. Снимки имеют сравнительно высокое разрешение – на них можно распознать отдельные городские здания.

Космическая система SPOT обеспечивает значительную часть мировой потребности в снимках такой детальности, которые используются для обновления топографических карт средних масштабов, для инвентаризации земель, водных и лесных ресурсов.

В результате функционирования в течении четверти века космических систем первого поколения оказалось, что фотографические снимки не выдерживают конкуренции с новыми типами космической видеоинформации. Большие перспективы имеют снимки, оперативно получаемые цифровыми и многозональными сканерами и всепогодными радиолокаторами.

Французская система SPOT начала функционировать в 1986 г. Съёмка выполняется с высоты 800 км двумя сканерами в надир или в сторону от

трассы полета спутника, что позволяет более часто производить повторную съёмку.

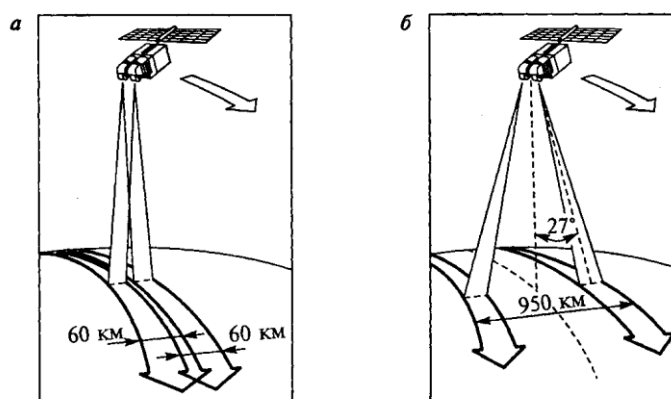


Рис. 12.2. Космическая съёмка земной поверхности со спутника SPOT
а – в нади́р, б – с отклонением направления съёмки

Бесспорным лидером на рынке материалов дистанционного зондирования являются США, лидирующие по числу космических систем, пространственному и спектральному разрешению снимков. Фундамент этих успехов был заложен запуском ИСЗ Landsat-1 (1972 г.), разработкой аппаратуры гиперспектральной съёмки, обеспечивающей прием до 384 спектральных каналов с относительно высоким разрешением (1997 г.) и запуском первых успешно функционирующих спутников, оснащенных аппаратурой сверхвысокого разрешения ICONAS (1999 г.), QuickBird и OrbView. Круг стран, обладающих собственными космическими системами высокого разрешения, существенно расширился за счет Индии и Израиля, Франции и Канады, Великобритании и Китая, Южной Кореи и Японии, Германии и Италии. По состоянию на 2000 год из 734 космических аппаратов 398 (54,2%) были запущены США, 113 – Россией, 24 – Европейским космическим агентством, по 10-12 – Индией, Китаем, Францией и Германией.

Данные о некоторых находящихся на орбитах съёмочных системах высокого разрешения представлены в таблице, составленной на основе обзоров в Бюллетене ГИС-Ассоциации. Часть перечисленных в ней систем являются коммерческими или частными, что безусловно, свидетельствует об интересе потребителей к этим материалам.

В последнее десятилетие четко обозначились основные тенденции развития средств и методов дистанционного зондирования, и в первую очередь – высокого пространственного разрешения, а имеющийся опыт позволил сформулировать основные требования к ним, в частности:

- высокое пространственное разрешение (не хуже 1 м в панхроматическом диапазоне);
- высокое радиометрическое разрешение (не менее 11 бит на пиксел в панхроматическом диапазоне);

- наличие не менее четырех спектральных каналов, в том числе одного инфракрасного;
- пространственное разрешение мультиспектральной съёмки не хуже 4 м;
- возможность выполнения стереоскопической съёмки;
- возможность использования полученных материалов для обновления картографических материалов масштаба 1:5000 и мельче и создание топографических карт масштаба 1:10000 и мельче;
- периодичность получения данных на одну и ту же область не более трех суток на широте 54–56°;
- возможность осуществления мониторинга определенных территорий и районов не менее четырех раз в год;
- ширина полосы захвата не менее 8 км;
- возможность выполнения съёмки с отклонением визирной оси от отвесной линии на угол до 30°.

В настоящее время на орбите находится три космических спутника высокого разрешения, полностью удовлетворяющих перечисленным выше требованиям: QuickBird, ICONAS и OrbView и до 2007 года планировался запуск еще нескольких.

Так, компания DigitalGlobe в середине 2006 года планировала запуск первого спутника нового поколения WorldView с максимальным пространственным разрешением 0,5 м; объявлено о запуске компанией OrbImageInc. спутника OrbView-5 с пространственным разрешением 0,41 м в панхроматическом диапазоне и 1,64 м в мультиспектральном.

В 2005 году ожидается вывод на орбиту российского спутника высокого разрешения «Ресурс-ДК» с пространственным разрешением не более 1 м в панхроматическом диапазоне и 4 м – в мультиспектральном, с полосой захвата около 28 км. На очереди – вывод новых спутников, в частности:

- серии спутников семейства «Монитор» с оптико-электронной («Монитор-И», «Монитор-С», «Монитор-О», «Монитор-Э») и радиолокационной («Монитор-РЗ», «Монитор-Р»№») съёмочной аппаратурой, обеспечивающей съёмку полос шириной 20–90 км с пространственным разрешением 1–8 м;
- радиолокационной системы «Кондор-Р» с разрешением около 1 м;
- оптико-электронной системы «Аркон» с разрешением 2–5 м и др.

12.6 Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли

В составе наземного сегмента Белорусской космической системы дистанционного зондирования Земли объединяются на информационном уровне имеющиеся в настоящее время в стране средства приема, хранения и обработки спутниковой информации.

Наземный сегмент БКСДЗ предназначен для решения следующих задач:

- управление белорусским космическим аппаратом (БКА) по однопунктной схеме управления с использованием командно-измерительного пункта (КИП), находящегося в п.г.т. Плещеницы;
- анализ технического состояния бортовых систем БКА на основе телеметрической информации, поступающей по радиоканалу телекомандной системы в X-диапазоне и по радиоканалу целевой информации;
- прием, уточнение и согласование заявки от потребителей на предоставление данных дистанционного зондирования (ДДЗ);
- планирование и выдача полетных заданий в БКА на проведение съемки определенных участков поверхности Земли согласно поступившим заявкам от потребителей ДДЗ;
- прием данных дистанционного зондирования с различных космических аппаратов: БКА, Канопус-В №1, Монитор-Э, Метеор-М №1, NOAA, Terra и других перспективных КА;
- хранение ДДЗ;
- первичная, предварительная и тематическая обработка принятых ДДЗ;
- выдача обработанных ДДЗ потребителям согласно их заявкам.

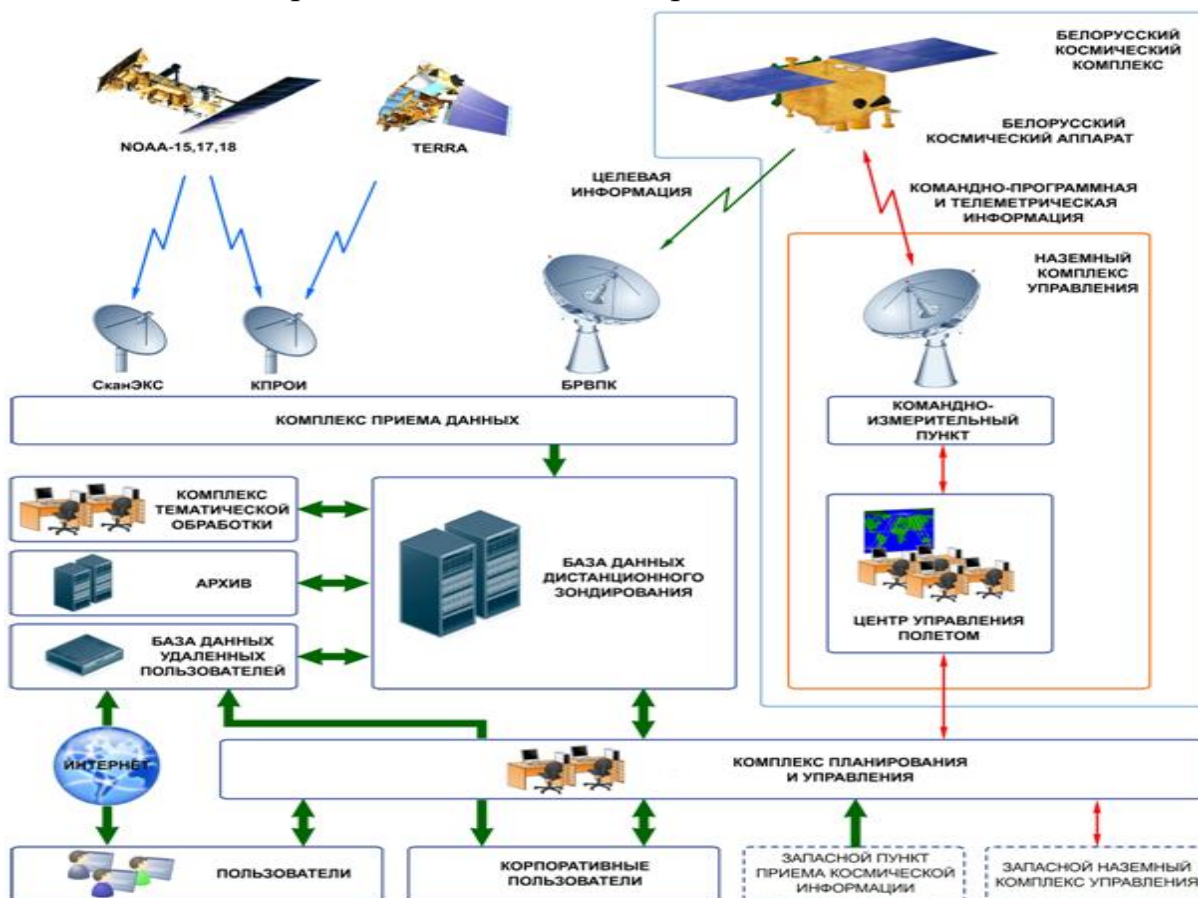


Рис. 12.3. - Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли

В состав наземного сегмента БКСДЗ входят Белорусский наземный комплекс управления (БНКУ) и Белорусский наземный комплекс приёма обработки и распространения (БНКПОР) космической информации.

Белорусский наземный комплекс управления в составе центра управления полётом (ЦУП) и командно-измерительного пункта (КИП) разработан ФГУП "НПП ВНИИЭМ" Федерального космического агентства России.

Центр управления полётом осуществляет управление полетом и контроль состояния Белорусского космического аппарата, т. е. решение следующих задач:

- планирования работы бортовых и наземных средств в интересах эффективного применения БКА;
- определение параметров орбиты на основе обработки информации с навигационных систем БКА и результатов измерений текущих навигационных параметров, получаемых от КИП;
- расчет и формирование навигационно-баллистической информации, целеуказаний для наведения антенных устройств КИП и наземных станций приема;
- формирование программно-командной информации для управления работой БКА и передачу её на КИП;
- прием и обработку телеметрической (контрольной) информации;
- анализ и отображение технического состояния БКА.

Командно-измерительный пункт обеспечивает решение следующих задач:

- прием из ЦУП информации для управления БКА и КИП;
- вхождение в связь с БКА;
- выдачу на борт БКА командной и командно-программной информации, прием квитанций о ее прохождении;
- прием с БКА телеметрической информации, предварительную обработку, хранение, передачу в ЦУП;
- проведение траекторных измерений, предварительную обработку полученной траекторной информации и передачу ее в ЦУП;
- проведение сверки бортовой и наземной шкал времени и передачу ее результатов в ЦУП;
- проведение функционального контроля, формирование обобщенной информации о состоянии аппаратуры КИП и передачу ее в ЦУП.

Белорусский наземный комплекс приёма обработки и распространения космической информации реализован на основе следующих комплексов и технологических систем:

- комплекса приема данных;
- комплекса планирования и управления БКСДЗ;
- комплекса тематической обработки данных ДЗЗ;
- банка данных цифровой информации о местности (БДЦИМ) с архивом;
- корпоративной сети БКСДЗ.

Комплекс приема данных включает три станции, которые обеспечивают прием и регистрацию информационных потоков, поступающих от БКА, Канопус-В №1, Монитор-Э, Метеор-М №1, NOAA, Terra, других перспективных КА.

Поступающие от приёмных комплексов данные ДЗЗ в режиме реального времени записываются на жесткие диски системой приема и регистрации.

После приема первичная информация по каналам локальной вычислительной сети поступает в систему первичной обработки для формирования обзорного файла (preview), и далее в банк данных цифровой информации о местности (БДЦИМ).

Комплекс планирования и управления БКСДЗ обеспечивает выполнение заявок белорусских и зарубежных потребителей на данные дистанционного зондирования Земли, а также планирование целевого функционирования КА и управление составными частями БКСДЗ.

Комплекс планирования и управления БКСДЗ предназначен для выполнения следующих задач:

- сбора, предварительной обработки заявок и обеспечения выдачи данных ДЗЗ и результатов обработки потребителям;
- проверки выполнимости заявок и анализа хода выполнения заявок в подразделениях БКСДЗ;
- формирования прогноза облачности в районе предполагаемой съемки;
- планирования работы целевой аппаратуры (ЦА) и радиолинии целевой информации (РЛЦИ) космического аппарата, формирования планов работы пунктов приема информации;
- приема информации о состоянии КА, ее обработки и анализа для планирования целевого функционирования КА;
- планирования работы комплекса приёма данных по приему информации со спутников низкого разрешения;
- выдачи в комплекс приема данных планов работы и получения отчетов о выполнении;
- выдачи в комплекс тематической обработки задания на тематическую обработку и получения отчетов о выполнении;

– сбора ежедневных сведений о фактическом состоянии технических и программных средств и ежемесячных планов технического обслуживания оборудования.

Комплекс тематической обработки данных ДЗЗ предназначен для обработки космической информации с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли и обеспечивает решение следующих задач:

а) **технологических** –используемых непосредственно в общем технологическом процессе приема, каталогизации, хранения, обработки данных дистанционного зондирования в БКСДЗ:

– калибровка целевой аппаратуры БКА;

– восстановление и предварительная фотограмметрическая обработка поступающей целевой информации с БКА с целью формирования цифровых изображений различных уровней обработки, а также метаданных, сопровождающих получаемые изображения с указанием даты съемки, разрешения, уровня обработки, координат углов съемки и др.;

– оперативное измерение отражающей способности участка земной поверхности, планируемого к съемке (значения альbedo, служащего для корректировки режима съемки целевой аппаратуры БКА);

– оперативное определение облачности и ее границ, используемых при отборе заявок на съемку и формировании полетного задания;

– многофункциональная обработка цифровых изображений (улучшение качества, фрагментирование, выделение объектов и др.);

– оценка качества целевой информации БКА;

– картографическое обеспечение комплексов БКСДЗ.

б) **тематических** – видов обработки в интересах ведомств и организаций:

– оперативный мониторинг и выявление тепловых аномалий на территории страны в интересах МЧС и Минлесхоза;

– лесоустроительные (оперативный контроль изменений, вырубок, ветровалов, пожарищ, определение категории пожароопасности лесных массивов);

– кадастровые (земельные, градостроительные);

– определение состояния мелиоративных районов и гидротехнических сооружений;

– долговременной прогноз урожайности зерновых культур.

Комплекс банка данных цифровой информации о местности с архивом (БДЦИМА) предназначен для размещения, каталогизации, учета, анализа, оперативного и долговременного хранения данных цифровой информации о местности (ЦИМ), поиска по пространственно-временным и

другим атрибутам метаданных, предоставления данных ЦИМ в специализированные локальные и удаленные информационные системы обработки данных ЦИМ:

- первичные данные Белорусского космического аппарата (БКА);
- маршруты съемки БКА;
- обработанные снимки БКА;
- снимки с зарубежных космических аппаратов;
- цифровые карты;
- данные тематической обработки.

Корпоративная сеть БКСДЗ (КС БКСДЗ) предназначена для организации обмена цифровой информацией между компонентами наземной инфраструктуры БКСДЗ и связи с удаленными пользователями.