

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
Глава 1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ	7
1.1. Предмет дисциплины	7
1.2. Общее определение технологии	7
1.3. Наименование дисциплины	7
1.4. Определение информационной и геоинформационной технологии	8
1.5. Современные геоинформационные технологии	10
Контрольные вопросы.....	11
Глава 2. КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	12
2.1. Дистанционное зондирование Земли	12
2.2. Первый в мире искусственный спутник	13
2.3. Космическая съёмка.....	14
2.4. Космический топографический комплекс.....	16
2.5. Космический комплекс картографирования	17
Контрольные вопросы.....	20
Глава 3. ВОЗДУШНОЕ ФОТОГРАФИРОВАНИЕ МЕСТНОСТИ	21
3.1. Зарождение аэрофотосъёмки	21
3.2. Изобретение щелевой аэрофотосъёмки	22
3.3. Работы по выполнению аэрофотосъёмки	27
Контрольные вопросы.....	30
Глава 4. АЭРОФОТОСЪЁМКА МЕСТНОСТИ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	31
Контрольные вопросы.....	34
Глава 5. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ И КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВЫ. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ВЫСОТ	35
5.1. Единая электронная картографическая основа	35
5.2. Геодезические сети.....	38
5.3. Системы координат	39
5.4. Системы высот	40
Контрольные вопросы.....	42
Глава 6. ЭЛЕМЕНТЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	43
Контрольные вопросы.....	45
Глава 7. ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ И ТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	46
Контрольные вопросы.....	49

Глава 8. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ЦИФРОВАЯ ЗЕМЛЯ».....	50
Контрольные вопросы.....	53
Глава 9. ГЛОБАЛЬНЫЕ ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА.	
РАДИОЛОКАЦИОННАЯ ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ МИССИЯ ШАТТЛ (SRTM).....	54
9.1. Терминология цифровых моделей	54
9.2. Радиолокационная топографическая миссия «Шаттл»	56
9.3. Глобальная ЦМР ALOS World 3D	60
Контрольные вопросы.....	61
Глава 10. ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	62
Контрольные вопросы.....	64
Глава 11. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ПРИВЯЗКА АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	65
11.1. Связь координат точек местности и снимка	65
11.2. Строгий способ геодезической привязки	66
11.3. Использование коэффициентов рационального полинома для обработки спутниковых снимков	68
11.4. Привязка снимков в ГИС QGIS	69
Контрольные вопросы.....	70
Глава 12. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ОБНОВЛЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	71
Контрольные вопросы.....	72
Глава 13. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДОВЫХ ЦИФРОВЫХ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ	73
13.1. Цифровые фотограмметрические системы	73
13.2. Географические информационные системы	75
Контрольные вопросы.....	77
Глава 14. КЛАССИФИКАЦИЯ КОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОЧНЫХ СИСТЕМ.....	78
Контрольные вопросы.....	81
Глава 15. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ОДИНОЧНОГО СНИМКА И СТЕРЕОПАРЫ	82
Контрольные вопросы.....	85
Глава 16. ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ	86
Контрольные вопросы.....	90
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	93
Лабораторная работа № 1. Поиск материалов дистанционного зондирования Земли с помощью российских геопорталов.....	93
Лабораторная работа № 2. Открытые источники исходных пространственных данных.....	96
Лабораторная работа № 3. Создание рабочего проекта в ГИС QGIS	101
Лабораторная работа № 4. Ввод исходных данных ДЗ3 в ГИС QGIS	102

Лабораторная работа № 5. Загрузка данных дистанционного зондирования Земли из нового геопортала Роскосмоса в ГИС QGIS	105
Лабораторная работа № 6. Ознакомление с Банком базовых продуктов межведомственного использования	108
Лабораторная работа № 7. Использование модуля Банка базовых продуктов Роскосмоса в QGIS	109
Лабораторная работа № 8. Выполнение преобразований космических снимков в ГИС QGIS	113
Лабораторная работа № 9. Разработка проекта технического задания на аэрофотосъёмку	116
Лабораторная работа № 10. Расчёт аэрофотосъёмки участка местности.....	119
Лабораторная работа № 11. Анализ основных параметров и метаданных космического снимка	120
Лабораторная работа № 12. Исследование набора геодезических параметров EPSG	124
Лабораторная работа № 13. Вычисление экспозиций склонов по ЦМР в ГИС QGIS	127
Лабораторная работа № 14. Геодезическая привязка космического снимка в ГИС QGIS	132
Лабораторная работа № 15. Обрезка растровых изображений в ГИС QGIS	136
Лабораторная работа № 16. Практическое ознакомление с геосервисами информационной системы «Цифровая Земля»	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	142

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технологии сбора пространственных данных аэрокосмическими методами» с 2022 г. преподаётся студентам ФГБОУ «МИРЭА — Российский технологический университет», обучающимся по направлению подготовки «Картография и геоинформатика».

Изучение любой дисциплины, особенно новой, целесообразно начинать с чёткой формулировки основных понятий и определений, поясняющих наименование и раскрывающих суть познаваемого предмета. Такой подход традиционно соблюдает отечественная классическая университетская школа, в которой обучались в разные периоды времени и авторы пособия.

Поэтому в данное издание включён анализ наименования дисциплины с точки зрения её дальнейшего применения как на практике, так и при освоении других учебных дисциплин, предусмотренных учебным планом, таких как «Фотограмметрия и дистанционное зондирование Земли», «Геоинформационное картографирование», «Основы геодезии», «Создание цифровых моделей местности и рельефа», «Основы кадастровой деятельности», «Применение геоинформационных технологий в градостроительстве» и др.

В учебном пособии изложены основы технологического процесса сбора пространственных данных с помощью аэрокосмических методов, включая дистанционное зондирование из космоса, воздушное фотографирование местности, в том числе с помощью беспилотных летательных аппаратов, спутниковые определения.

При подготовке пособия использован авторский учебно-методический комплект из лекционных материалов и заданий для лабораторных работ, разработанный для студентов ФГБОУ «МИРЭА — Российский технологический университет», а также многолетний опыт государственной службы, научно-исследовательской и производственной деятельности в 29-м Научно-исследовательском институте Министерства Обороны Российской Федерации, Научно-исследовательском институте точных приборов, АО «Красная Звезда», группе компаний «Иннотер» и Торговом представительстве Российской Федерации в Соединённом Королевстве Великобритании и Северной Ирландии.

Книга предназначена для студентов, аспирантов, преподавателей, научных сотрудников и специалистов, которые изучают и используют геоинформационные системы и технологии.

Объём пособия соответствует авторскому курсу из 16 лекций и 16 лабораторных работ общей продолжительностью 96 академических часов.

Каждой теме лекционного занятия посвящена отдельная глава, что обеспечивает удобство при организации занятий, самостоятельном изучении теоретического материала, подготовке к аттестации.

В конце книги приведены задания для выполнения лабораторного практикума.

ГЛАВА 1

ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

1.1. Предмет дисциплины

Чтобы лучше понять предмет любой дисциплины, целесообразно сначала проанализировать её наименование.

Поскольку изучаемая дисциплина носит название «Технологии сбора пространственных данных аэрокосмическими методами», начнём анализ её наименования с определения технологии.

1.2. Общее определение технологии

Авторам не удалось найти стандартизированного общего определения технологии. В нормативно-технической документации (ГОСТ, ОСТ, ТУ) есть более конкретизированные определения, такие как информационные и геоинформационные технологии, которые будут рассмотрены позже. Поэтому авторам пришлось обратиться к другим авторитетным источникам, раскрывающим общее понятие технологии.

Большая советская энциклопедия издания 1972 г. описывает технологию (от греч. *τεχνη* — искусство, мастерство, умение) как:

- совокупность приёмов и способов получения, обработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий;
- научную дисциплину, разрабатывающую и совершенствующую такие приёмы и способы.

То есть технология является и основным компонентом технологического процесса, и научной дисциплиной.

С любой точки зрения технология должна включать взаимосвязанную совокупность приёмов и способов, направленных на получение требуемого продукта или оказание услуги.

Таким образом, технология представляет собой совокупность производственных методов, средств, процессов, операций, выполняемых в определённой последовательности для получения конкретного результата.

1.3. Наименование дисциплины

Обобщённый разбор названия, исходя из общепринятых терминов и определений, представлен в таблице 1.

Перейдём к детальному анализу понятий, входящих в состав наименования дисциплины «Технологии сбора пространственных данных аэрокосмическими методами».

Как было сказано в параграфе 1.2, технология является и основным компонентом технологического процесса (в нашем случае сбора пространственных

данных), и научной дисциплиной, что также подтверждается первым словом в названии изучаемой в данной книге дисциплины.

Таблица 1

Разбор наименования дисциплины

Термины	Определения
Технологии	Совокупность производственных методов, средств, процессов, операций, выполняемых в определённой последовательности для получения конкретного результата
сбора	Сбор — процесс получения информации из внешнего мира и приведение её к виду, применяемому информационной системой
пространственных данных	Пространственные данные — данные о пространственных объектах, включающие сведения об их форме, местоположении и свойствах, в том числе представленные с использованием координат
аэрокосмическими методами	С использованием воздушного или космического сегмента

Технологии проникают во все сферы нашей жизни и деятельности, включая искусство и музыку. В конце 80-х гг. прошлого столетия в мире появилось направление электронной музыки «техно-поп», а в начале 90-х в России завоевала популярность группа «Технология», выступающая в этом жанре.

Основателем группы «Технология» является Леонид Борисович Величковский, выпускник Московского института радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА). Вполне возможно, что обучение в передовом технологическом вузе, в дальнейшем получившем статус Российского технологического университета, определило стиль музыкальных творений Леонида Величковского и других участников группы «Технология».

Современный, XXI век давно получил название века информационных технологий, продолжающих выступать основой практически всех процессов, происходящих в государстве, производственной, общественной и культурной сферах.

1.4. Определение информационной и геоинформационной технологии

Первоначально стандартное определение информационной технологии появилось в ГОСТ 7.0-99 «Информационно-библиотечная деятельность. Библиография»: «Информационная технология: Совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, объединенных в технологический комплекс, обеспечивающий сбор, создание, хранение, накопление, обработку, поиск, вывод, копирование, передачу и распространение информации».

Позже данная формулировка была внедрена в ГОСТ Р 52438-2005 «Географические информационные системы. Термины и определения», в котором также приводится определение геоинформационной технологии.

Геоинформационная технология, согласно стандартному определению, представляет собой совокупность приёмов, способов и методов применения

программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющая реализовать функциональные возможности геоинформационных систем.

Другое определение геоинформационных технологий содержит Федеральный закон от 4 августа 2023 г. № 491-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных»: «геоинформационные технологии — процессы и методы создания, поиска, сбора, хранения, обработки, предоставления, использования и распространения пространственных данных, сведений о пространственных данных (пространственных метаданных), сведений, подлежащих представлению с использованием координат, картографических материалов, а также способы осуществления таких процессов и методов».

Таким образом, геоинформационные технологии предполагают представление потребителю не только самого информационного продукта, но и средств доступа к нему, включая поиск, обработку и визуализацию [1].

Поскольку геоинформационные технологии оперируют в основном с пространственными данными, следует рассмотреть и определение таких данных.

Общие определения пространственных данных и объектов сформулированы в Федеральном законе от 30.12.2015 № 431-ФЗ «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Пространственные данные — данные о пространственных объектах, включающие сведения об их форме, местоположении и свойствах, в том числе представленные с использованием координат.

Пространственные объекты — природные объекты, искусственные и иные объекты (в том числе здания, сооружения), местоположение которых может быть определено, а также естественные небесные тела [2].

Сведения о пространственных данных (пространственные метаданные) — данные, которые позволяют описывать содержание и другие характеристики пространственных данных, необходимые для их идентификации и поиска.

Похожее определение используется в Постановлении Правительства Российской Федерации от 28.05.2007 № 326 «О порядке получения, использования и предоставления геопространственной информации».

Геопространственная информация — данные о местности и объектах, расположенных на поверхности Земли, в подповерхностном слое Земли, приповерхностном слое атмосферы Земли и околоземном пространстве, необходимые для использования в различных областях деятельности.

Обобщая изложенное, геоинформационные технологии как разновидность информационных технологий можно охарактеризовать как:

- совокупность приёмов, способов и методов применения программно-технических средств обработки и передачи информации, позволяющая реализовать функциональные возможности геоинформационных систем;

- информационные технологии, ориентированные на обработку пространственных данных;

- обладающие возможностью интегрирования пространственных данных с другими видами данных.

Такое свойство, как способность интегрирования пространственных данных с другими видами данных в рамках единого геопространства, позволяет внедрять геоинформационные технологии во все сферы жизнедеятельности. Данное обстоятельство нашло отражение и в расширении набора дисциплин, преподаваемых в РТУ МИРЭА и других профильных вузах. Среди них следует отметить следующие.

1. Применение геоинформационных технологий в градостроительстве и территориальном управлении.
2. Геоинформационные технологии в интеллектуальных системах.
3. Геоинформационные средства представления пространственных данных.
4. Геоинформационный анализ.
5. Геоинформационное картографирование.
6. Геомаркетинг.
7. Пространственные данные в кадастровой деятельности.
8. Информационные технологии цифровых карт.
9. Технологии дистанционного зондирования Земли и фотограмметрия.
10. Организация мониторинга опасных природных и техногенных процессов и чрезвычайных ситуаций.

1.5. Современные геоинформационные технологии

Геоинформационные технологии относятся к сквозным технологиям цифровой экономики, т. е. к технологиям, оказывающим наиболее существенное влияние на модернизацию существующих и развитие новых рынков.

По уровню новизны геоинформационные технологии подразделяются на современные, перспективные и прорывные.

К современным относятся технологии:

- цифрового моделирования и преобразования;
- высокоточного спутникового позиционирования;
- распознавания изображений местности и объектов с помощью нейросетей;
- трёхмерного моделирования местности и объектов;
- информационного моделирования зданий и объектов инфраструктуры (Building Information Modeling — BIM); в российской технической литературе, особенно в области строительства и архитектуры, часто используется сокращение «ТИМ» (технологии информационного моделирования);
 - обработки «больших данных», например: создания единого сплошного многослойного динамического покрытия (ЕСМДП) информационной системы «Цифровая Земля», обработки результатов лазерного сканирования и др.;
 - передачи и наземной обработки данных ДЗЗ из космоса в режиме реального времени;
 - потоковой обработки данных высокой интенсивности;
 - создания географических информационных систем (ГИС) и геопорталов, в том числе Единой электронной картографической основы (ЕЭКО), базы данных опорных точек и др.

Контрольные вопросы

1. Приведите общее определение технологии.
2. Дайте определения информационных технологий, геоинформационных технологий.
3. Что такое пространственные данные?
4. Какие методы называются аэрокосмическими?
5. Какое свойство геоинформационных технологий позволяет внедрять их во все сферы жизнедеятельности?
6. Назовите примеры современных геоинформационных технологий сбоя (получения) пространственных данных.

ГЛАВА 2

КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

2.1. Дистанционное зондирование Земли

Дистанционное зондирование (англ. Remote Sensing) является методом получения информации об отдалённых объектах без прямого контакта с ними.

Возникновению понятия дистанционного зондирования предшествовало изобретение фотографического процесса в XIX в., и одной из первых областей, в которых стали применять этот удалённый метод, стала астрономия. Так возникла астрономическая фотография (астрофотография) — пример дистанционного зондирования небесных тел.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) — получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удалён от объекта исследований на значительное расстояние [3].

По признаку значительной удалённости регистрирующего прибора к дистанционному зондированию Земли относятся:

- космическая съёмка;
- воздушное фотографирование местности (с самолётов, вертолётов, аэростатов, беспилотных летательных аппаратов);
- воздушное лазерное сканирование;
- подводная съёмка и гидролокация.

Следует отметить, что в соответствии с п. 2 статьи 31 Закона Российской Федерации от 20.08.1993 № 5663-1 «О космической деятельности» пространственные данные не относятся к данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Данные ДЗЗ представляют собой либо первичные данные, получаемые непосредственно с помощью бортовой аппаратуры ДЗЗ, либо материалы, полученные в результате обработки первичных данных для обеспечения возможности их использования (геометрической, радиометрической, атмосферной коррекции, панхроматического слияния и др.). Практическое ознакомление с процессами первичной обработки космических снимков с помощью программного продукта QGIS выполняется в ходе лабораторной работы № 8 (см. «Лабораторный практикум»).

Определение пространственного положения с помощью глобальных навигационных спутниковых систем к ДЗЗ не относится, поскольку спутниковый приёмник (сегмент пользователя), регистрирующий измеряющий сигнал, находится непосредственно у объекта или прямо над определяемой точкой. Тем не менее, спутниковые определения относятся к космическим методам получения пространственных данных, поскольку непосредственно задействован космический сегмент.

Современная эра ДЗЗ связана с пилотируемыми космическими аппаратами (КА), картографическими, разведывательными, метеорологическими и ре-

сурсными искусственными спутниками Земли (ИСЗ), пилотируемыми и беспилотными воздушными судами.

2.2. Первый в мире искусственный спутник

Первый в мире искусственный спутник Земли «ПС-1» («Простейший Спутник-1») был запущен в СССР 4 октября 1957 г. в 22 ч 28 мин 34 с по московскому времени. Вопреки малым размерам (максимальный диаметр 58 см), спутник наблюдался невооружённым глазом как звезда первой величины.

ИСЗ «ПС-1» просуществовал на орбите 92 дня, совершив 1440 оборотов вокруг Земли. Несмотря на то, что «ПС-1» не был ни картографическим, ни геодезическим спутником, его запуск и эксплуатация позволили вывести этап развития космической геодезии на новый уровень и решить целый комплекс задач, таких как:

- проверка расчётов и технических решений для запуска КА;
- экспериментальное определение плотности верхних слоёв атмосферы по торможению спутника;
- ионосферные исследования прохождения радиоволн передатчиков спутника;
- оценка условий работы бортовой аппаратуры.

Исследования на основе результатов миссии первого ИСЗ подтвердили возможность создания спутников-ретрансляторов для обеспечения дальней радиосвязи и передачи информации. Уже в 1962 г. был построен первый отечественный космический аппарат связи «Молния-1», разработанный под руководством Мурада Рашидовича Капланова, с 1958 по 1980 гг. преподававшего в МИРЭА (ранее — ВЗЭИ). На основе трёх КА «Молния» в 1967 г. образована первая советская система спутниковой связи и передачи программ центрального телевидения на всю территорию страны.

Невозможно недооценивать значение первого в мире спутника и для других научных дисциплин, связанных с радиоэлектроникой и информатикой.

В начале 1958 г., практически сразу после завершения срока активного существования на орбите и обработки результатов наблюдения ИСЗ «ПС-1», академик Владимир Александрович Котельников (рис. 1) опубликовал статью об использовании эффекта Доплера для определения параметров орбиты искусственных спутников Земли.

Приблизительно в то же время специалисты Лаборатории прикладной физики американского Университета им. Джонса Гопкинса установили возможность решения обратной задачи по определению координат местоположения станции слежения на основе точных сведений о параметрах орбиты ИСЗ.

Обобщение международных достижений положило начало научным разработкам по созданию спутниковых радионавигационных систем на основе группировки искусственных спутников, находящихся на низких орбитах.

Исследования под руководством В. А. Котельникова в очередной раз подчеркнули вклад династии Котельниковых в становление и развитие отечественной геодезии, включая современное спутниковое геопозиционирование.



Рис. 1
Академик В. А. Котельников (1908–2005).
Фото из открытых источников

Отец и дед В. А. Котельникова были профессорами математики Казанского университета. А далёкий предок Семён Кириллович Котельников (1723–1806), автор первых российских учебников по геодезии и механике, ученик Михаила Васильевича Ломоносова, Георга Вильгельма Рихмана и Леонарда Эйлера, стал седьмым по счёту российским учёным, избранным действительным членом Российской академии наук в 1751 г., т. е. в возрасте 28 лет.

Под руководством В. А. Котельникова, являющегося также одним из основоположников создания нового научного направления «планетная радиолокация», в 1961–1964 гг. произведено радиолокационное картографирование Венеры, Марса и Меркурия, а в 1984–1992 гг. впервые в мире с помощью отечественных автоматических межпланетных станций «Венера-15» и «Венера-16» осуществлена съёмка северного полушария планеты Венера.

2.3. Космическая съёмка

Ещё за полгода до запуска первого в мире спутника «ПС-1», в апреле 1957 г., главный конструктор Особого конструкторского бюро № 1 (ОКБ-1) Сергей Павлович Королёв предложил создать ориентированный ИСЗ для фотографирования земной поверхности. Предложение было принято, и в мае 1959 г. вышло Постановление Совета Министров СССР о создании фотографического спутника «Зенит-2», который был выведен на орбиту только в 1962 г.

Получается, что в первенстве ДЗЗ из космоса нас немного опередили США, запустив свой первый метеорологический ИСЗ TIROS-1 («ТАЙРОС-1») 1 апреля 1960 г. Само название TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) уже говорит о наличии бортовой телевизионной камеры и планировавшемся к установке инфракрасном регистраторе изображения.

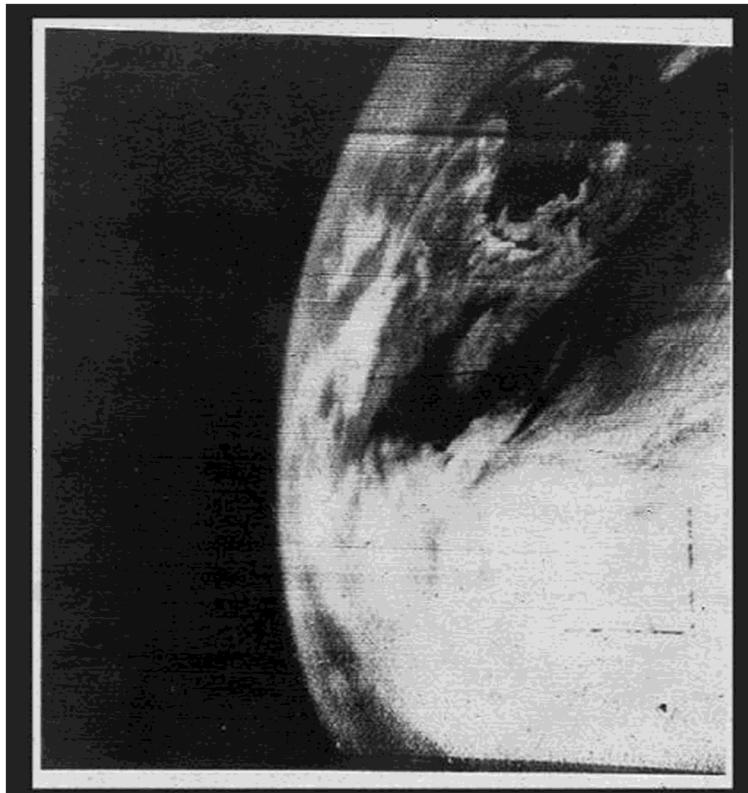


Рис. 2
Первый космический снимок Земли

В день запуска с борта ИСЗ TIROS-1 был сделан первый снимок Земли из космоса (рис. 2). Годом позже с помощью спутников «ТАЙРОС» начался мониторинг Земли для прогноза погоды и предупреждения об опасных природных явлениях.

Таким образом, телевизионная и радиолокационная космическая съёмка немного опередила космическое фотографирование в оптическом диапазоне, аппаратура для которого в то время активно разрабатывалась.

В начале 1960-х гг. в ОКБ-1 под руководством С. П. Королёва было создано первое поколение спутников фотографической разведки — линейка космических аппаратов «Зенит».

Первый отечественный КА Д33 «Зенит-2» с целевой аппаратурой «Фтор-2», предназначеннной для обзорной фоторазведки, выведен на орбиту 26 апреля 1962 г. А в ноябре следующего года состоялись лётно-конструкторские испытания КА «Зенит-4», уже позволяющего осуществлять детальное фотографирование из космоса. Характеристики КА Д33 «Зенит-2» представлены в таблице 2.

Для доставки отснятых фотоматериалов с борта КА «Зенит» на Землю использовалась возвращаемая капсула диаметром 2,3 м и массой около 2,4 т. В отличие от американских спутников Corona, капсулы КА «Зенит» возвращали отснятую фотоплёнку вместе со специальной (целевой) аппаратурой. Несмотря

на значительное увеличение общей массы спутника, возвращаемая капсула упростила конструкцию КА и, самое главное, обеспечила возможность повторного использования целевой съёмочной аппаратуры.

Таблица 2

Характеристики первого отечественного КА ДЗЗ «Зенит-2»

Характеристики	Значения
Пространственное разрешение снимков, м	10
Фокусные расстояния объективов, мм, топографического СА-34 дешифровочного СА-20	200 1000
Высота фотографирования, км	200
Размеры кадров, см	18×18 30×30
Ширина полосы съёмки, км	180
Запас плёнки, кадров	1500
Производительность (за весь период эксплуатации КА) км ²	5,4 млн
Годы эксплуатации	1962–1970

2.4. Космический топографический комплекс

В 1964 г. началась модернизация КА «Зенит», в результате которой были разработаны и в 1970 г. приняты в штатную эксплуатацию два новых космических аппарата: «Зенит-2М» («Гектор») для ведения обзорного и «Зенит-4М» («Ротор») для детального наблюдения. Оба спутника, как и их предшественники серии «Зенит», имели разведывательное (дешифровочное) предназначение. В то время задача создания топографического космического комплекса, пригодного для картографирования, ещё решена не была, хотя при определённых условиях с помощью КА «Гектор» было возможно создание топографических карт масштаба 1:500 000.

Тем не менее, на базе этих модернизированных разработок уже в 1971 г. был создан принципиально новый КА «Зенит-4МТ», оснащённый широкозахватной съёмочной системой и целевой аппаратурой, позволяющей осуществлять достаточно точные привязку к звёздному небу с помощью звёздных фотоаппаратов и определение положения спутника на орбите.

Для улучшения тактико-технических характеристик на борту аппарата была установлена корректирующая двигательная установка, позволяющая осуществлять маневрирование спутника на орбите и выводить аппарат в заданные районы съёмки. Таким образом, особая конфигурация оборудования породила главное достоинство КА «Зенит-4МТ», а именно приспособленность для картографирования территорий, что подчёркивается присутствием в наименовании космического аппарата буквы «Т» (топографический).

Первый топографический КА «Зенит-4МТ» выведен на орбиту 27 декабря 1971 г. После принятия на вооружение спутник получил новое название «Орион» и стал первым отечественным космическим топографическим комплексом (КТК). Изменение рабочего названия спутника после принятия на вооружение

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru