

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Е.П. Тюкленкова

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

Пенза 2016

УДК 528.71(076.5)

ББК 26.12я73

Т98

Рецензент – главный специалист отдела межевания
ООО «Радуга» Д.В. Астахов;
кандидат географических наук, доцент
кафедры «Землеустройство и геодезия»
А.И. Чурсин (ПГУАС)

Тюкленкова Е.П.

Т98 Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учеб. пособие по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры» / Е.П. Тюкленкова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 112 с.

Изложены теоретические основы и методика проведения лекционных занятий по курсу «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» с целью создания топографических планов и карт по наземным, аэро- и космическим снимкам для решения землеустроительных и градостроительных задач.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Геодезия» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», при изучении дисциплине «Фотограмметрия и дистанционное зондирование».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Тюкленкова Е.П., 2016

ВВЕДЕНИЕ

В учебном пособии изложена теория фотограмметрии и вопросы ее применения для создания топографических карт и планов по наземным, аэро- и космическим снимкам. Рассмотрены принципы получения фотографических и цифровых изображений, геометрические свойства одиночного и пары снимков, теоретические основы и технические средства преобразования снимка в план. Значительное внимание уделено методам аналитической, цифровой фотограмметрии и фотограмметрической обработки материалов дистанционного зондирования высокого и сверхвысокого разрешения.

Учебное пособие позволяет сформировать у обучающихся следующие компетенции:

- способность использовать знания о земельных ресурсах для организации их рационального использования и определения мероприятий по снижению антропогенного воздействия на территорию;
- способность изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта использования земли и иной недвижимости;
- способность использовать знание современных технологий сбора, систематизации, обработки и учета информации об объектах недвижимости, современных географических и земельно-информационных системах (далее ГИС и ЗИС).

В результате освоения дисциплины «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» обучающийся должен:

Знать: экологический мониторинг территории, систему государственного экологического мониторинга окружающей среды. Материалы дистанционного зондирования для прогнозирования экологического состояния территории. Технологии цифровой фотограмметрической обработки снимков для создания планов и карт для целей городского кадастра. Перспективные направления получения и обработки аэро- и космической видеоинформации при выполнении специализированных изысканий, проектных работ, наблюдений за состоянием земель и природной среды. Метрические и дешифровочные свойства различных информационных моделей. Технологии цифровой фотограмметрической обработки снимков.

Уметь: выявлять участки локального загрязнения продуктами деятельности промышленного и сельскохозяйственного производства, зоны подтопления территории, загрязненных рек и водоемов, участков загрязненных тяжелыми металлами и загрязнение воздушного бассейна. Выполнять комплекс фотограмметрических преобразований снимков для получения специальной метрической информации. Выполнять специальные виды дешифрирования. Выполнить приемку планово-картографических материалов от съемочных организаций. Формировать заказ на специализированные

аэро- и космические съемки. Оценить пригодность материалов съемок для выполнения землеустроительных задач.

Владеть: оценкой экологического состояния угодий, обнаружением нарушенных земель. Особенности экологическими исследованиями городских территорий. Навыками использования различных материалов аэро- и космических съёмок при землеустроительных проектных и кадастровых работах, теоретическими и практическими решениями оптимизации выбора материалов съёмок для выполнения конкретных работ. Фотограмметрическими способами создания информационных моделей с применением современных компьютерных технологий.

Лекция №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ПРЕДМЕТ, МЕТОДЫ И ЗАДАЧИ ФОТОГРАММЕТРИИ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ. ЦЕЛЬ КУРСА И ЕГО СВЯЗЬ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ

Основные вопросы:

1. *Определение, предмет, методы и задачи фотограмметрии и дистанционного зондирования. Цель курса и его связь с другими дисциплинами.*

2. *Информационные модели и их классификация. Краткий обзор развития фотограмметрии.*

Определение, предмет, методы и задачи фотограмметрии и дистанционного зондирования. Цель курса и его связь с другими дисциплинами

Фотограмметрия – техническая наука о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трехмерном пространстве по снимкам, полученным с помощью специальных съемочных систем. Такими системами могут быть традиционные фотографические камеры, а также системы, использующие иные законы построения изображения и иные (кроме фотографических слоев) регистраторы электромагнитных излучений.

Основная задача фотограмметрии – топографическое картографирование, а также создание специальных инженерных планов и карт, например кадастровых.

Фотограмметрические методы позволяют также экономично и достаточно точно решать непосредственно по снимкам некоторые прикладные задачи, например измерять площади участков местности, определять их уклоны, получать количественные характеристики эрозионных процессов, выполнять вертикальную планировку с определением объема земляных работ и др. Это направление метрической обработки снимков принято называть **прикладной фотограмметрией**.

Фотограмметрия – техническая наука о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трехмерном пространстве по снимкам, полученным с помощью специальных съемочных систем. Такими системами могут быть традиционные фотографические камеры, а также системы, использующие иные законы построения изображения и иные (кроме фотографических слоев) регистраторы электромагнитных излучений.

Аэрокосмическое зондирование – комплекс дистанционных методов исследования, используемых в инженерно-экологических изысканиях,

включающий многозональную и спектрзональную аэрофотосъемку, тепловую инфракрасную аэросъемку, перспективную аэрофотосъемку в сочетании с материалами космических фото-, сканерной, телевизионной, радиолокационной, инфракрасной и других видов съемок, осуществляемых с искусственных спутников Земли, орбитальных станций и пилотируемых космических кораблей. В практике инженерно-экологических изысканий наиболее широко используются фото- и сканерные съемки. Остальные виды съемок рассматриваются как вспомогательные для решения узкого круга специальных задач.

В двадцатые годы прошлого столетия были сделаны попытки использования аэрофотоснимков для специализированного изучения лесов, а в начале тридцатых годов для изучения почв. Создание космических летательных аппаратов и съемочных систем, работающих в более широком диапазоне электромагнитных излучений с оперативной доставкой по радиоканалам результатов съемки на пункты приема, активизировало развитие дистанционного зондирования.

Дистанционное зондирование – неконтактное изучение Земли (планет, спутников), ее поверхности, близповерхностного пространства и недр, отдельных объектов, динамических процессов и явлений путем регистрации и анализа их собственного или отраженного электромагнитного излучения. Регистрацию можно выполнять с помощью технических средств, установленных на аэро- и космических летательных аппаратах, а также, в частных случаях, на земной поверхности, например при исследовании динамики эрозионных и оползневых процессов, в гляциологии и др.

Известные методы исследования недр Земли – сейсморазведку, гравиразведку, сканирующую эхолотию дна водоемов, можно также отнести к дистанционному зондированию.

Материалы дистанционного зондирования (ДЗ) являются частью большой системы сбора, переработки, регистрации и использования данных. Правильно организованная система дистанционных исследований должна быть ориентирована на решение конкретных геологических задач, обуславливающих выбор орбит космических носителей, набор датчиков, характер сбора, переработки и передачи на наземные комплексы первичных данных и тип представляемых пользователю материалов. Система сбора, переработки и регистрации информации представлена на рис. 1.

Дистанционное зондирование, интенсивно развиваясь, выделилось в самостоятельное направление использования снимков. Международное фотограмметрическое общество (МФО), в которое входил СССР и входит ныне Россия, в 1980 г. преобразовано в Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования (МОФ и ДЗ).

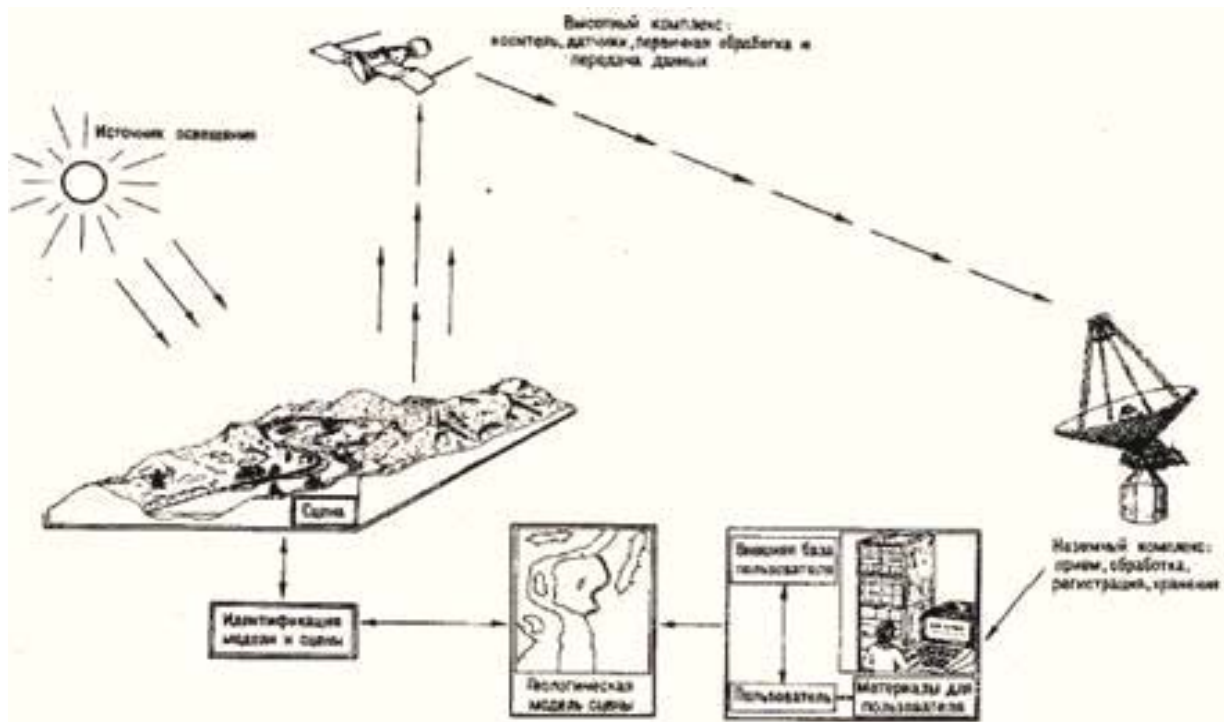


Рис. 1. Система сбора, переработки и регистрации информации

Взаимосвязь основных направлений использования снимков и наименований направлений



Дешифрирование снимка – процесс отбора подлежащих нанесению на изготавливаемые планы и карты объектов, которые опознают на анализируемых изображениях, определяют их качественные и коли-

чественные характеристики, положение границ и выражают полученные данные условными знаками

Дешифрирование (интерпретация) технологически входит одновременно в обе части названия дисциплины. В дистанционном зондировании роль дешифрирования преобладающая. Дешифрирование аэроснимка изображено на рис. 2.



Рис. 2. Дешифрирование аэроснимка

В настоящее время нет удобной для использования специальной терминологии в картографировании при решении задач формирования баз земельно-кадастровых данных. Например, планы поселений в масштабе 1:2000 и крупнее официально называют «базовыми планами состояния и использования земель». А планы межселенных земель в масштабе 1:10000 – «базовыми картами состояния и использования земель». В практике принято планы и карты называть однословно, например топографические, почвенные, геоботанические и т.п.

Авторы полагают, что в учебнике, где длинные названия планов и карт используются многократно, необходимо их сокращение. Планы и карты данного назначения можно было бы назвать *кадастровыми*. Этот термин уже используется в публикациях. Без краткого названия осталось и дешифрирование. Его в данном случае можно наименовать также *кадастровым* (рис. 3).

Информационные модели и их классификация. Краткий обзор развития фотограмметрии

Технической основой формирования фотограмметрии явилось изобретение в 1839 г. французом Даггером фотографии. В 1851–1859 гг. француз Э. Ласседа разрабатывает графический вариант фотограмметрического составления планов сооружений по их наземным фотографиям. Первый фотопортрет в мире представлен на рис.5.

Первая фотография в мире, сделанная в 1826 году, показана на рис. 6.



Рис. 5. Первый фотопортрет в мире, 1839 г.



Рису.6. .Первая фотография в мире, 1826 г.

Создание средств воздухоплавания предоставило возможность перейти от наземной инженерной фотосъемки к аэрофотосъемке. В 1858 г. французом Ф. Надаром получены первые фотоснимки с воздушного шара (рис. 7). Это был важный шаг в развитии фотограмметрии – аэрофотоснимков по своей геометрии приблизился к плану местности.

Первые аэрофотоснимки с воздушного шара в России были получены 18 мая 1886 г. А.М. Кованько. Город Петербург снимали аэрофотоаппаратом В.Н. Срезневского с высот 800, 1200 и 1350 м.

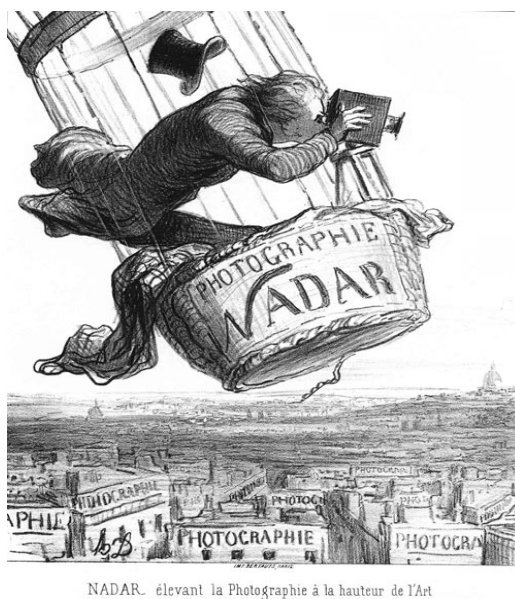


Рис. 7. Получение фотоснимка с воздушного шара

В 1910 г. Гельгар получил первые в России фотоснимки с самолета.

Первое время аэрофотосъемку применяли в основном в целях военной разведки. Эти действия относятся к направлению, которое в 1960 г. назовут дистанционным зондированием (рис. 8).

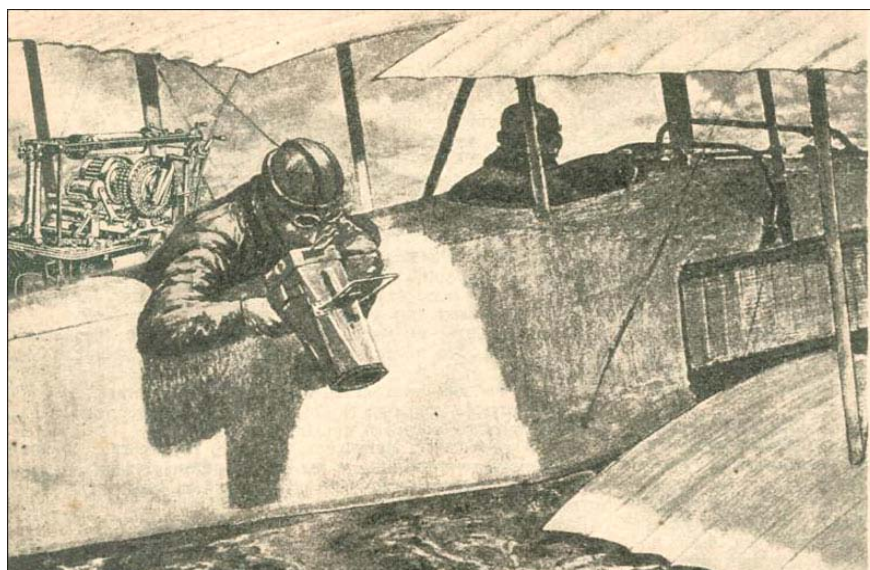


Рис. 8. Дистанционное зондирование

В 1922 г. нашей стране была предпринята попытка решения гражданских задач с помощью аэрофотосъемки – исследовали возможность выполнения лесотаксационных работ по снимкам. Опыт оказался удачным.

В 1924 г. Н.М. Алексапольский (рис. 9), П.П. Соколов, В.С. Цвет-Колядинский и другие ученые под руководством М.Д. Бонч-Бруевича (рис. 10) создали и организовали работу государственного технического бюро «Аэросъемка». Через год бюро выполнило аэрофотосъемку в Можайском районе Московской области. В результате было доказано, что создание контурных планов и карт в масштабе 1:2000 – 1:50000 имеет преимущество перед наземной съемкой в производительности, детальности и универсальности получаемых материалов.

С 1926 г. начали производственные аэросъемки для картографирования территории в различных регионах страны под руководством Н.Н. Веселовского, В.Ф. Дейнеко, Н.Н. Степанова и др.



Рис. 10. М.Д. Бонч-Бруевича



Рис. 9 Н.М. Алексапольский

В 1931 г. было организовано технико-производственное предприятие «Сельхозаэрофотосъемка» для картографирования сельскохозяйственных территорий РСФСР. Позже аналогичные предприятия были созданы и в других республиках. В 1932 г. все они объединились в единый центр Всесоюзную контору «Сельхозаэрофотосъемка». С 1970 г. она преобразуется во Всесоюзный институт сельскохозяйственных аэрогеодезических изысканий (ВИСХАГИ). В 1994 г. эта организация преобразована в Российский проектно-изыскательский институт земельно-кадастровых съемок – «Росземкадастрсъемка»; с 1996 г. – «Госземкадастрсъемка». В сороковые-пятидесятые годы были созданы (и их широко использовали в нашей стране) так называемые универсальные стереофотограмметрические приборы – стереографы Ф.В. Дробышева (СД) и стереопроекторы Г.В. Романовского

(СПР). Принцип работы их заключается в построении и измерении геометрической модели местности по снимкам. Схема построения геометрической модели местности представлена на рис. 11.

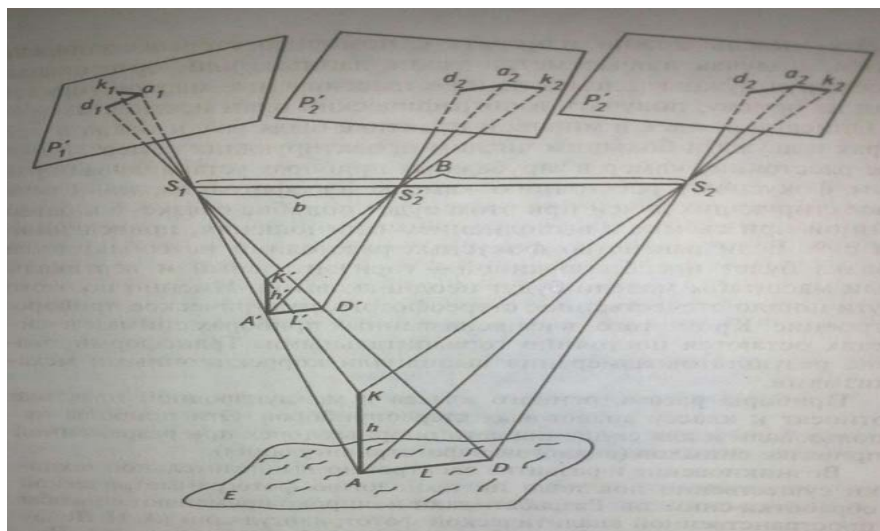


Рис. 11. Схема построения геометрической модели местности

Возникновение и развитие электронно-вычислительной техники существенно повлияло на технологию фотограмметрической обработки снимков. Разрабатывают и широко применяют способы пространственной аналитической фототриангуляции (А.Н. Лобанов, Ф.Ф. Лысенко, Б.К. Малявский, И.Ф. Антипов и др.). Наступает период создания и использования аналитических стереофотограмметрических приборов. Трансформационные функции в них выполняют компьютеры. В нашей стране создан прибор этого класса – стереоанаграф (Г.А. Зотов и др.). Этот период (шестидесятые-восьмидесятые годы) – переходный к этапу цифровой фотограмметрии. Стереоанаграф показан на рис. 12.



Рис. 12. Стереоанаграф

Освоение космического пространства послужило мощным катализатором в развитии съемочной техники и технологий обработки получаемых данных в интересах картографирования и, главным образом, дистанционного зондирования.

7 ноября 1959 Г. отечественная автоматическая станция «Луна-3» сфотографировала и передала по телевизионному каналу на Землю снимки обратной стороны Луны.

6 августа 1961 г. Космонавт Г. Титов с борта космического корабля «Восток-2» впервые в мире произвел фотокиносъемку земной поверхности.

Далее космические съемки в интересах различных ведомств стали выполнять регулярно с обитаемых и необитаемых космических летательных аппаратов. Одновременно расширялся спектр специальных аэрофотосъемок для решения дистанционным методом различных задач, в том числе и сельскохозяйственного назначения.

Контрольные вопросы

1. Что такое фотограмметрия?
2. Назовите основную задачу фотограмметрии.
3. На знание каких дисциплин опирается изучение дисциплины «Фотограмметрия и дистанционное зондирование»?
4. Что такое дистанционное зондирование?
5. Дайте определение понятию дешифрирование снимка.
6. В каком году были сделаны первые фотоснимки с воздушного шара в России?

Лекция № 2

АЭРО-, КОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

Основные вопросы:

- 1. Схема получения и обработки первичной видеоинформации.*
- 2. Физические основы аэро- и космических съемок. Оптические характеристики элементов ландшафта.*
- 3. Понятие о спектрометрировании. Съемочная система. Классификация съемочных систем.*

Схема получения и обработки первичной видеоинформации

Аэро- и космические съемки (АКС) – первые технические этапы при решении фотограмметрических задач и дистанционного зондирования. При этом выполняют измерение (регистрацию) отраженного или собственного электромагнитного излучения. Измеряют и регистрируют излучение с некоторого расстояния от изучаемого объекта с помощью различных датчиков или съемочных систем.

Под съемочной системой понимают технические средства, с помощью которых регистрируют электромагнитное излучение.

В зависимости от места установки съемочной системы измеряют и регистрируют излучение в наземных условиях, с воздушного (аэро-) или космического летательного аппарата (носителя). При получении информации о земной поверхности большой протяженности аэро- и космические методы наиболее эффективны и оперативны. Для изучения локальных явлений или относительно небольших по размерам объектов, например, при определении объемов земляных работ, деформации зданий и построек, мониторинге ледников, оползней и др., выполняют наземные съемки с помощью фототеодолитов, цифровых съемочных устройств или лазерных сканеров.

В зависимости от типа съемочной аппаратуры информация может быть представлена в различном виде. Например, в виде двумерной аналоговой записи на фотографическом носителе (фотоснимки) или поэлементной цифровой записи на магнитном носителе. Некоторые съемочные системы позволяют получать трехмерное изображение, элемент которого имеет все три пространственные координаты, например лазерные системы. С летательных аппаратов можно измерять электромагнитное излучение над объектом в дискретных точках, при этом определяют его различные характеристики, например при спектрометрировании – оптические свойства объектов, а при исследованиях загрязнений территорий – количество и распределение определенных химических соединений, радионуклидов, тяжелых металлов и др.

Рассмотрим общую схему получения первичной видеоинформации при проведении аэро- и космических съемок земной поверхности (рис.13).

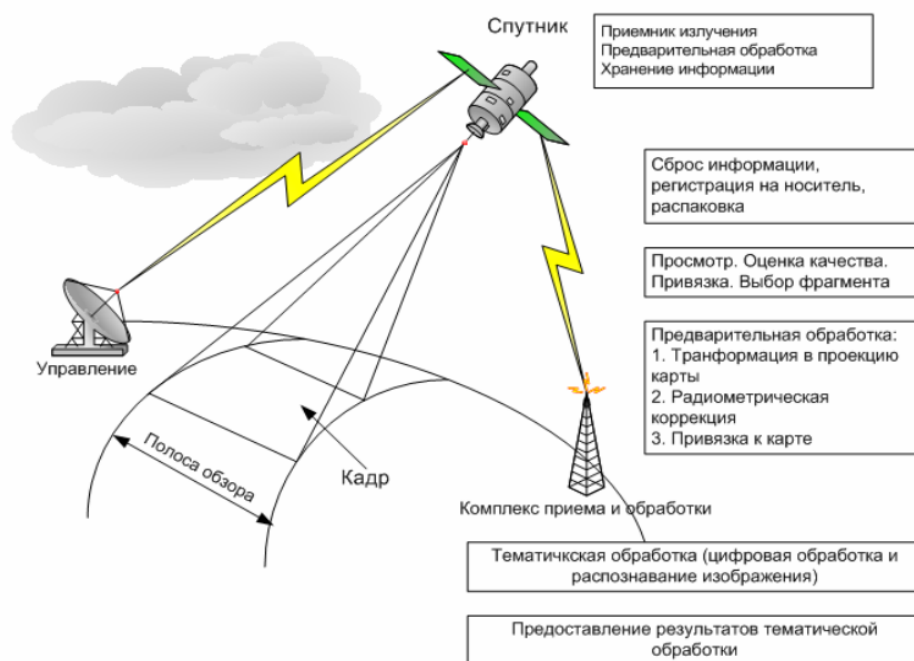


Рис. 13. Схема получения и обработки данных ДЗЗ

Аэро- и космические съемки Земли разделяют на пассивные и активные. При пассивной съемке информацию получают двумя способами: первый – путем регистрации отраженного от объекта солнечного светового потока; второй – измерением радиационного потока, излучаемого самим объектом (собственное излучение). При активной съемке поверхность исследуемого объекта облучается с борта аэро- или космического летательного аппарата с помощью искусственного облучателя (лазера -оптического генератора, радиогенератора), а отраженное излучение регистрируют соответствующие бортовые приемные устройства. Аэро- и космические съемки представляют собой сложный комплекс инженерных, технических и организационных мероприятий, в состав которых входят работы по наземному обеспечению получения и последующей предварительной обработке изображений (снимков).

При съемке в отраженных лучах радиационный поток проходит путь от источника излучения до объекта через атмосферу, где происходят его энергетические изменения. В результате взаимодействия с объектом часть радиационного потока отражается в пространство и имеет иной спектральный состав, поляризацию и энергию. Характер изменений зависит от химических и физических свойств снимаемых объектов. Поэтому отраженный поток электромагнитного излучения несет сведения о свойствах изучаемых объектов.

На пути от объекта до приемника съемочного устройства отраженное излучение объекта подвергается искажению под воздействием различных компонентов, входящих в состав атмосферы. При регистрации собственно-

го излучения оно также подвергается воздействию атмосферы. Излучение радиодиапазона искажается помехами, вызванными в основном радиоманнитным полем Земли, ионосферным и тропосферным влиянием атмосферы на флуктуации прохождения радиосигнала.



Рис. 14. Процесс съемки

В качестве приемников излучения в съемочных системах служат фотографические пленки (рис.15), фотоэлектрические и термоэлектрические элементы (рис. 16). Если съемку выполняют с помощью радиосъемочной аппаратуры, то для приема радиоизлучения, отраженного от объекта, используют антенны (рис. 17).

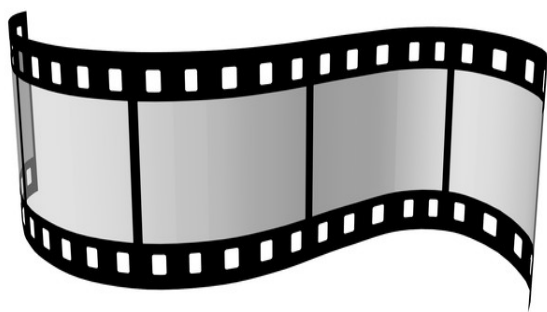


Рис. 15. Фотографические пленки

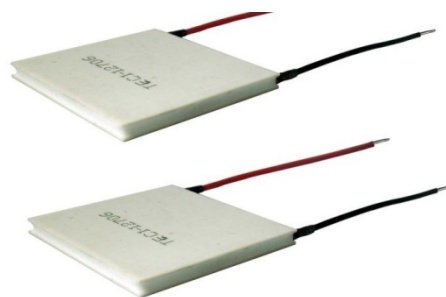


Рис. 16. Антенны



Рис. 17. Фотоэлектрические и термоэлектрические элементы

Схема построения модели местности представлена на рис. 18.

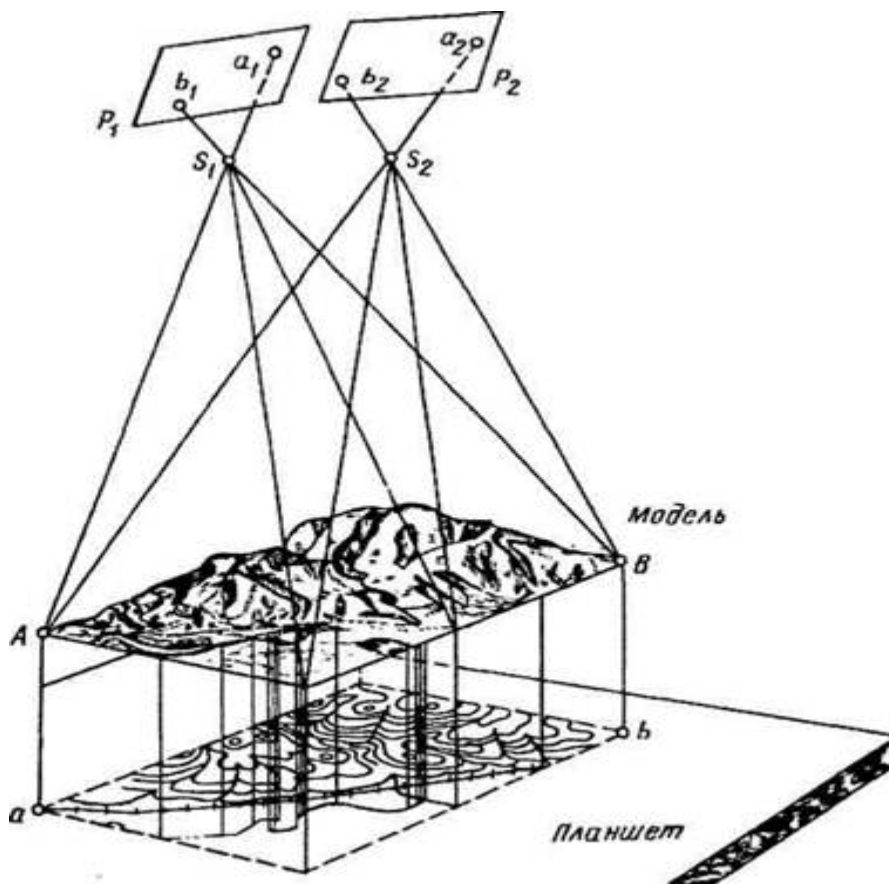


Рис. 18. Построение модели местности

Физические основы аэро- и космических съемок. Оптические характеристики элементов ландшафта.

Космической съёмкой называют съёмку поверхности Земли с космических летательных аппаратов, это с высоты 140–150 км. Высота съёмки ограничивается целесообразностью масштаба изображения поверхности Земли. Процесс космической съёмки изображен на рис. 19.

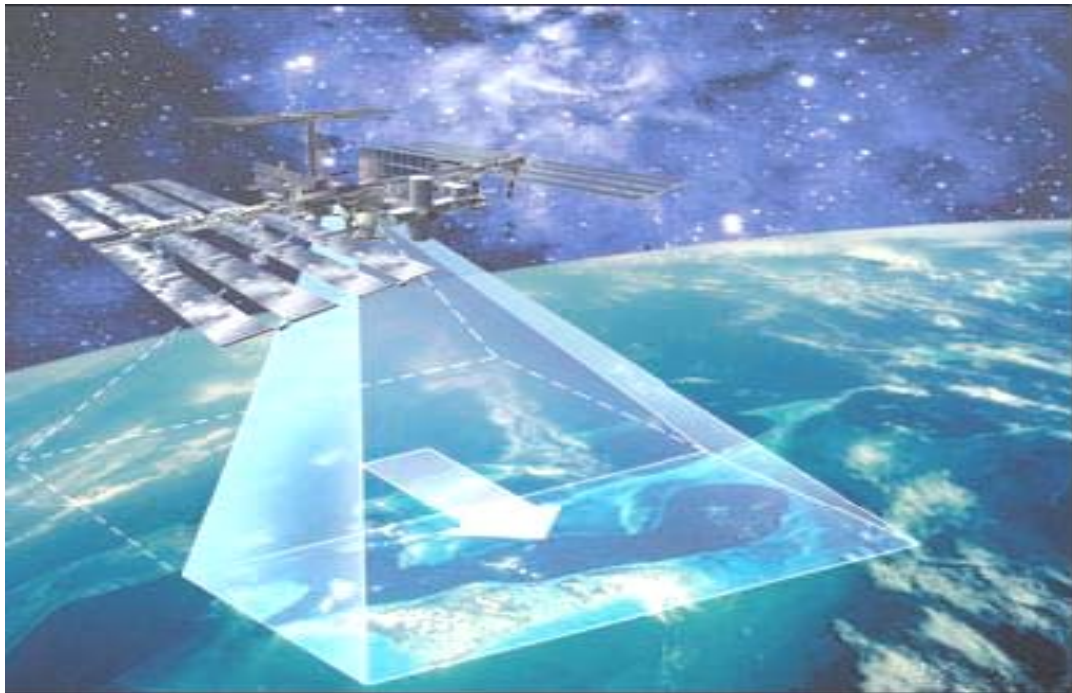


Рис. 19. Космическая съемка

Для съёмки используются различные летательные аппараты, в основном это искусственные спутники Земли. Иногда выборочные съёмки отдельных территорий или объектов выполняются с пилотируемых космических кораблей, или долговременных орбитальных станций. Первый снимок Земли из космоса представлен на рис. 20.



Рис. 20. Первый снимок Земли из космоса

К особенностям космического зондирования Земли относятся перемещение (КЛА) по орбитам по законам небесной механики и аэродинамики, быстрое изменение по трассе полёта условий освещённости, влияние толщины атмосферы на качество изображения большое разнообразие ландшафтов, которые могут иметь различное сезонное состояние. На рис.21 показано изображение Земли ночью.

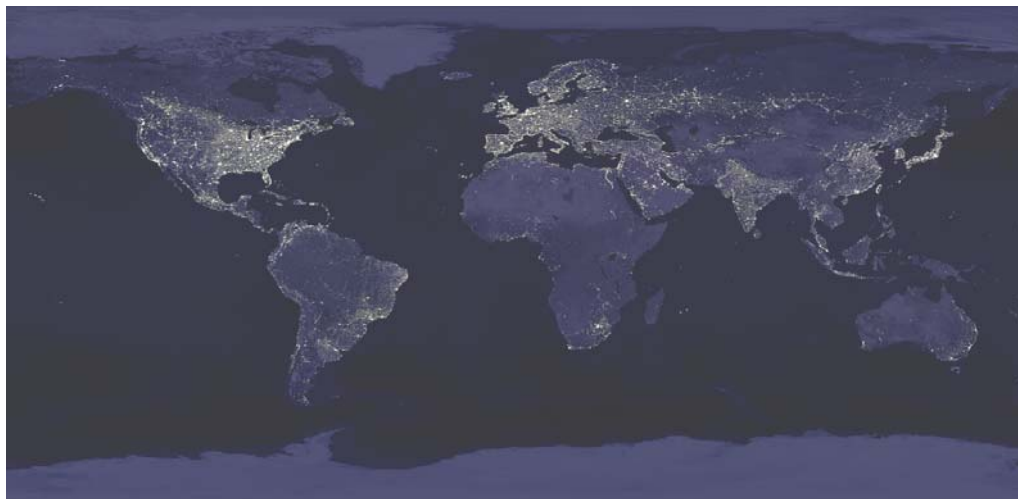


Рис. 21. Изображение Земли ночью, составленное из большого числа отдельных снимков

Аэрофотосъёмка производится с самолётов, вертолётов при небольшой высоте, и сразу снимки получаются в крупном масштабе, они являются центральной проекцией местности, и их можно использовать для дешифрирования (рис. 22).



Рис. 22. Современные самолёты и вертолёты, с которых производится аэрофотосъёмка

Космические снимки требуют специальной обработки, и только после этого их можно использовать, но они не дают большой информации, мала детализация признаков дешифрирования. Космическую съёмку можно делать чаще и наблюдать изменения, аэрофотосъёмка таких возможностей не

имеет. В обоих видах съёмки используются физические основы – восприятие отражённого излучения от предметов светочувствительным материалом. На рис. 23 представлена спутниковая съёмка сельской местности.

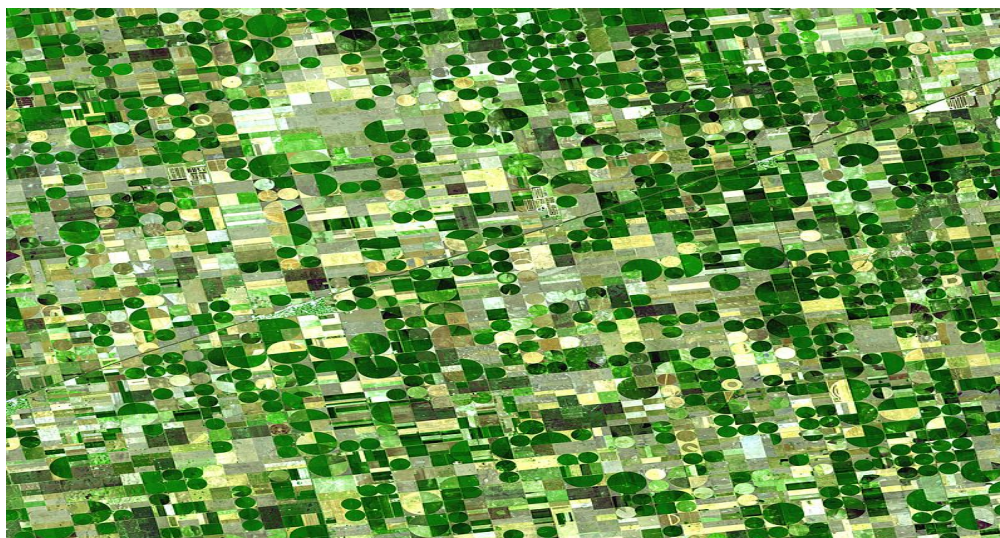


Рис. 23. Спутниковая съёмка сельской местности

Понятие о спектрометрировании. Съёмочная система. Классификация съёмочных систем

Определение критериев отражательной способности, исследование их динамики выполняют в результате проведения комплекса работ, называемого спектрометрированием. С помощью приборов (спектрометров) (рис. 24) по определенной методике измеряют яркости объектов и эталонной поверхности.

Спектрометрирование выполняют в лабораториях и полевых условиях: находясь на поверхности объекта или с воздушных и космических летательных аппаратов.

Спектрометрирование в лаборатории позволяет с высокой точностью и в необходимом качестве измерять образцы почв, растительности и иных материалов (рис. 25).



Рис. 24. Спектрометр

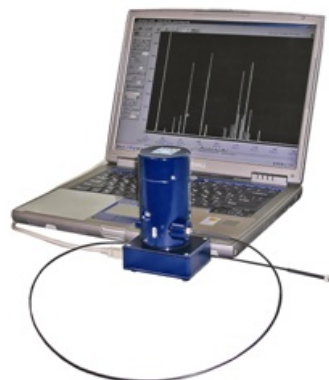


Рис. 25. Спектрометрирование в лабораторных условиях

Полевое наземное спектрометрирование проводят при непосредственном нахождении на объекте исследования. Спектрометры устанавливают на высокие штативы, мачты или механические подъемники (автовышки).

Классифицировать съёмочные системы можно по различным критериям.

Съёмочные системы разделяют на:

1. На воздушные и космические;
2. Пассивные и активные;
3. Работающие в оптическом или радиодиапазоне
4. Однозональные и многозональные
5. Фотографические и нефотографические съёмочные системы.

Фотографические можно выполнять на черно-белых или цветных фотоматериалах. Цвет изображения может быть натуральным или псевдоцветным.

6. Оперативные и неоперативные в зависимости от способа и сроков доставки видеoinформации.

Классификация может быть продолжена, исходя из многообразия конструкций и технических характеристик съёмочных систем.

Основные критерии съёмочных систем

Основные критерии, применяемые для оценки информационных возможностей съёмочных систем:

- линейная разрешающая способность;
- спектральная разрешающая способность;
- фотограмметрическая точность;
- фотометрическая точность.

Спектральная разрешающая способность съёмочной системы – это минимальная ширина спектральной зоны, в которой проводят съёмку. Ширина спектральной зоны определяется возможностью используемого сенсора воспринимать интегральный сигнал (уровень излучения), создаваемый в данной зоне. Для фотографических систем она приблизительно равна 40...50 нм, для нефотографических систем – 10...20 нм и менее.

Фотограмметрическая точность съёмочных систем – критерий геометрического искажения получаемого снимка. Степень геометрического искажения определяется позиционной точностью построения оптического изображения и последующей деформацией данного оптического изображения приемником излучения. Существуют топографические и нетопографические съёмочные системы. Под топографическими понимают такие системы, геометрические искажения в которых минимальны и практически не влияют на точность фотограмметрических преобразований. К этому же классу можно отнести съёмочные системы, имеющие значительные искажения геометрии построения изображения, но с известным законом (моделью) деформации. Используя модель деформации можно учесть геометрические искажения снимка при цифровой фотограмметрической обработке

снимков. Для нетопографических съемочных систем главным является получение изображения с высокими изобразительными свойствами.

Съемочные системы, обеспечивающие достаточную точность передачи пропорций яркостей снимаемых объектов по полю изображения, относят к **фотометрическим**. Причинами, снижающими фотометрическую точность, могут быть: оптический тракт съемочной системы, нестабильность работы ее электронной цепи, непропорциональность регистрации сигналов сенсором и др. В качестве одного из критериев фотометрической точности может быть использовано отношение сигнал/шум – критерий, определяющий отношение основного сигнала, несущего информацию, к величине сигнала-шума (помехи). Чем больше отношение сигнал/шум, тем выше фотометрическая точность системы.

При конструировании таких систем учитывают возможные изменения пропорций регистрируемых сигналов по полю изображения. Для повышения фотометричности съемочных систем оптимизируют угол захвата съемочных систем, уменьшают шумы оптического и электронного тракта, формирующего изображение, и т. п.

Рассмотренные критерии можно считать основными и общими при оценке и сравнении различных съемочных систем. Для отдельных типов съемочных систем могут быть определены специфические критерии.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение аэро- и космической съемки (АКС).
2. Что такое космическая съемка?
3. Какова классификация съемочных систем?
4. Какие критерии применяют для оценки съемочных систем?
5. Какие съемочные системы относят к фотометрическим?

Лекция № 3

ПРОИЗВОДСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АЭРОСЪЕМКИ. УСТРОЙСТВО АЭРОФОТОАППАРАТА. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Основные вопросы:

1. Основные сведения о аэро- и космических съемках. Принцип фотографирования.

Виды съемок.

2. Устройство аэрофотоаппарата и классификация съемочных камер. Объективы и их основные характеристики.

3. Расчет параметров аэросъемки.

4. Оценка качества аэрофотосъемки.

Основные сведения о аэро- и космических съемках.

Принцип фотографирования. Виды съемок

Аэрокосмические съемки принято делить на ряд классов и видов в зависимости от назначения, используемых носителей, съемочной аппаратуры, технологии выполнения съемки, формы представления результатов. На рис. 26 показаны кадры аэрокосмической съемки.



Рис. 26. Аэрокосмические съемки

Аэрофотосъемка. Существуют несколько разновидностей съемок с самолета: аэрофотографическая (рис. 27), тепловая инфракрасная (рис. 28), радиолокационная (рис. 29) и др. Кроме того, традиционные аэрометоды включают ряд так называемых геофизических съемок – аэромагнитную, аэрометрическую, аэроспектрометрическую, в результате выполнения которых получают не снимки, а цифровую информацию об исследуемых объектах. Из всех съемок наиболее распространенной является аэрофотографическая съемка. В зависимости от направления оптической оси аэрофотоаппарата различают плановую и перспективную аэрофотосъемку.

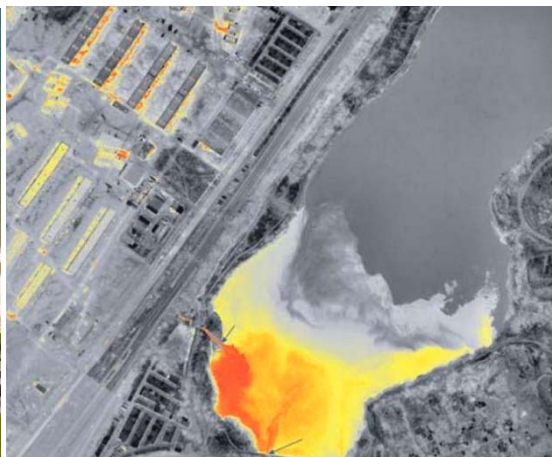
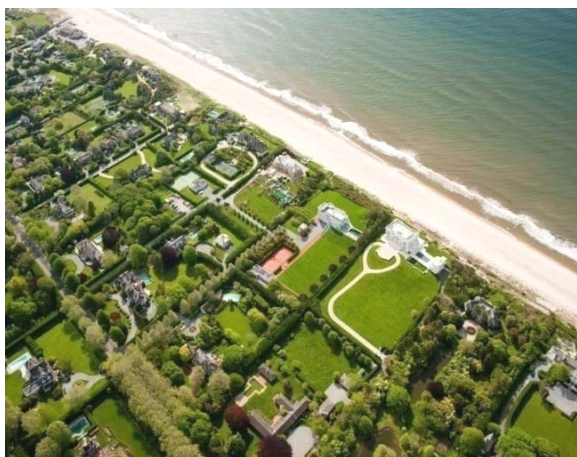


Рис. 27. Аэрофотографическая съемка

Рис. 28. Тепловая инфракрасная съемка

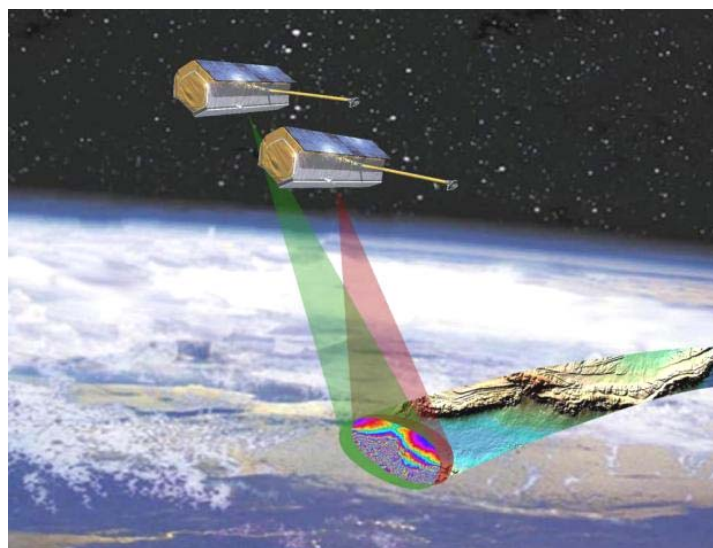


Рис. 29. Радиолокационная съемка

Плановой называют аэрофотосъемку, выполняемую при вертикальном положении оптической оси, при этом угол отклонения допускается до 3 градусов.

Использование гиросtabilизирующих аэрофотоустановок при фотографировании местности позволяет получить снимки с углом наклона 7–10 мин (предельное значение угла 40 мин). При создании планов и карт крупного масштаба применяют снимки, полученные в результате проведения плановой аэрофотосъемки. Схема проведения плановой аэрофотосъемки изображена на рис. 30.

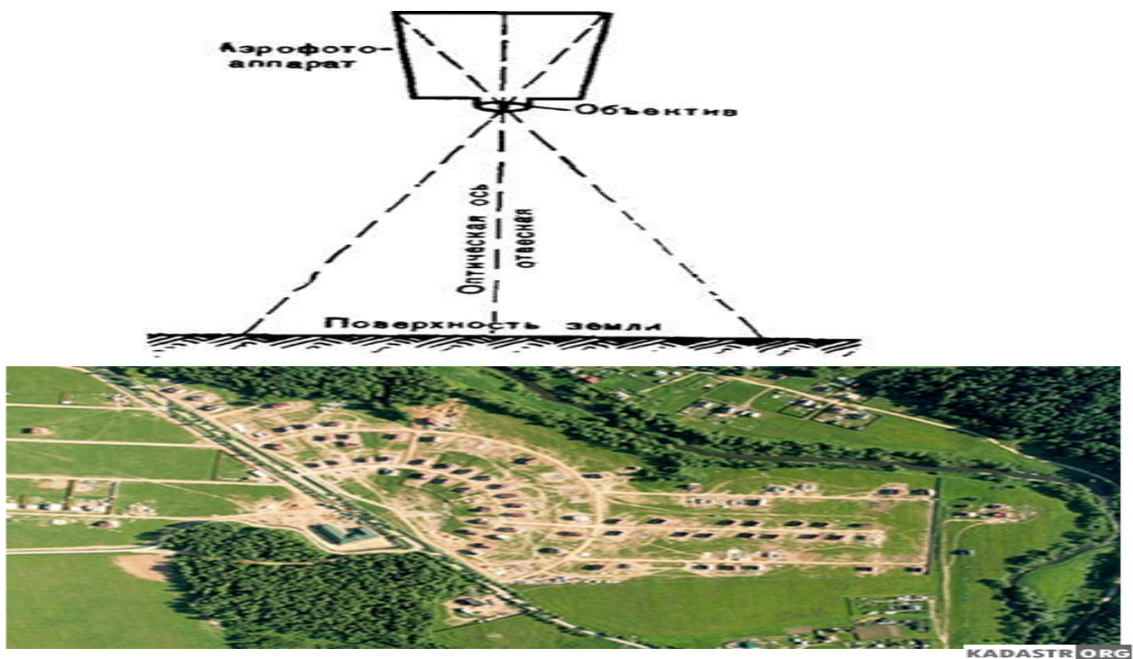


Рис. 30. Плановая аэрофотосъемка

При перспективной съемке угол отклонения оптической оси от вертикали может достигать 45 градусов. Ее выполняют для увеличения зоны захвата снимаемой местности при обзорных или рекогносцировочных работах. На рис. 31 показана схема проведения перспективной съемки.

При планово-перспективной съемке используют несколько аэрофотоаппаратов одновременно – одним АФА проводят плановую съемку, другими перспективную. Это позволяет фотографировать полосу местности до горизонта.

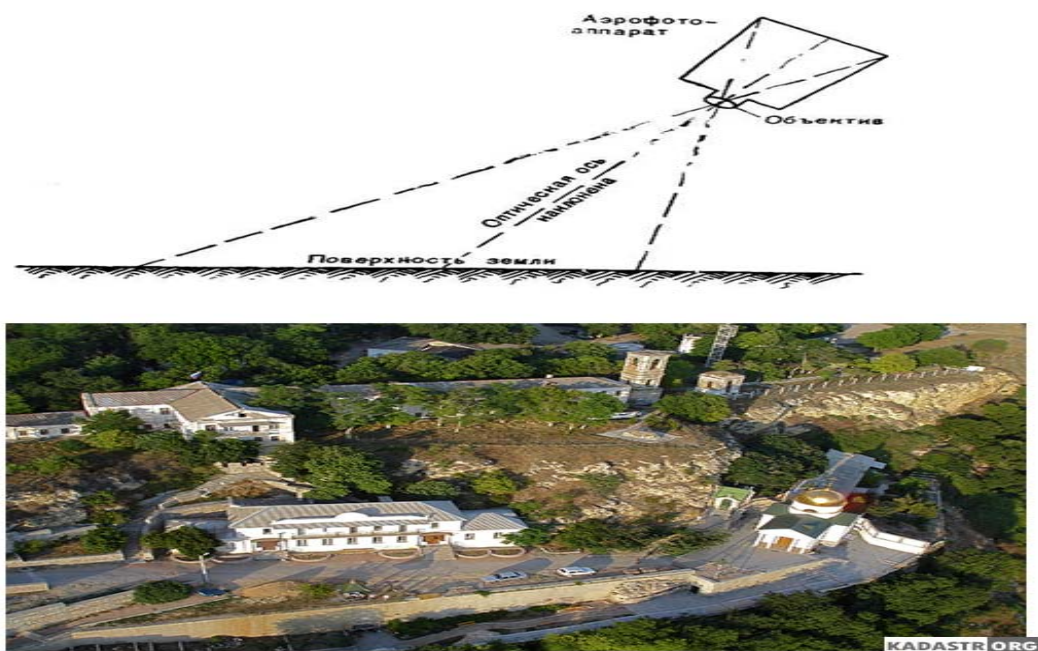


Рис. 31. Перспективная аэрофотосъемка

По количеству и расположению снимков различают однокадровую (одинарную), маршрутную и многомаршрутную(площадную) аэрофото-съемку.

При однокадровой фотосъемке получают одиночные снимки участков земной поверхности.

При маршрутной фотосъемке изображение полосы местности представляется в виде некоторого количества снимков, полученных по направлению (маршруту) полета летательного аппарата. Маршрут полета может быть прямолинейным, криволинейным или ломаным. Это зависит от вида фотографируемого объекта и целей съемки. Например, при обследовании или проектировании линейных объектов (дорог, трубопроводов, линий электропередачи, каналов и т.п.) съемку проводят по криволинейным или ломаным маршрутам (рис. 32).

Многомаршрутная (площадная) фотосъемка представляет собой получение снимков местности с нескольких параллельных маршрутов. Маршруты прокладываются чаще всего по направлениям восток – запад – восток или север – юг – север. Площадную аэрофото-съемку применяют при картографировании или обследовании больших территорий (рис. 33).

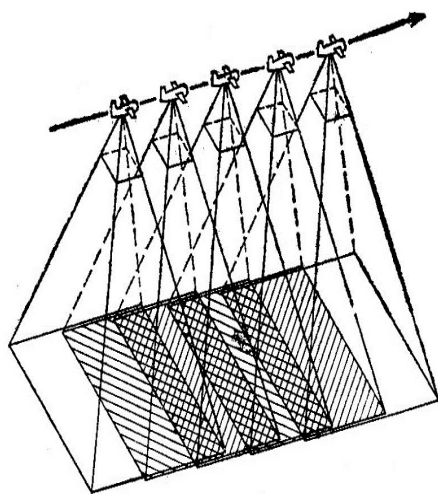


Рис. 32. Маршрутная

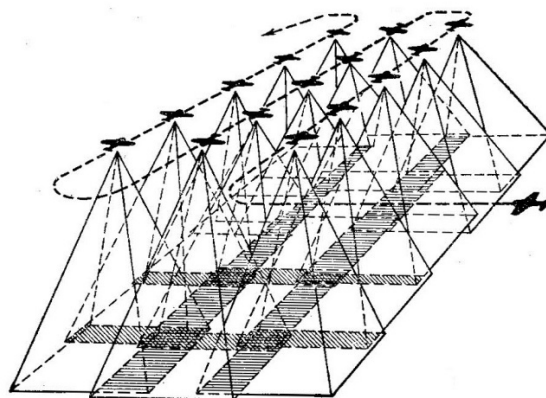


Рис.33. Многомаршрутная аэрофото-съемка

Одномаршрутную и многомаршрутную аэрофото-съемку, проводимую с помощью кадровых АФА, выполняют с перекрытиями соседних снимков. Перекрытиями называют части аэроснимков, на которых изображена одна и та же местность. Значения перекрытий выражают в процентах от длины стороны снимков. Перекрытия аэроснимков в процентах представлено на рис. 34.

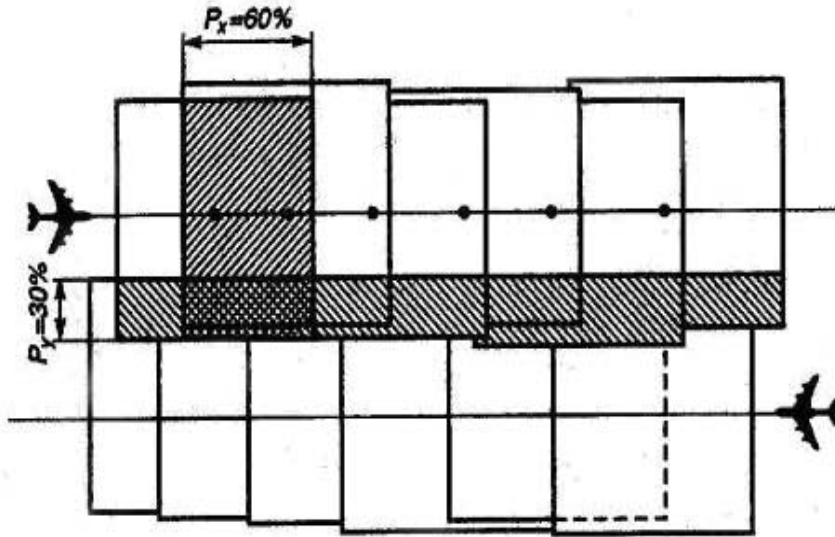


Рис. 34. Перекрытия аэроснимков в процентах

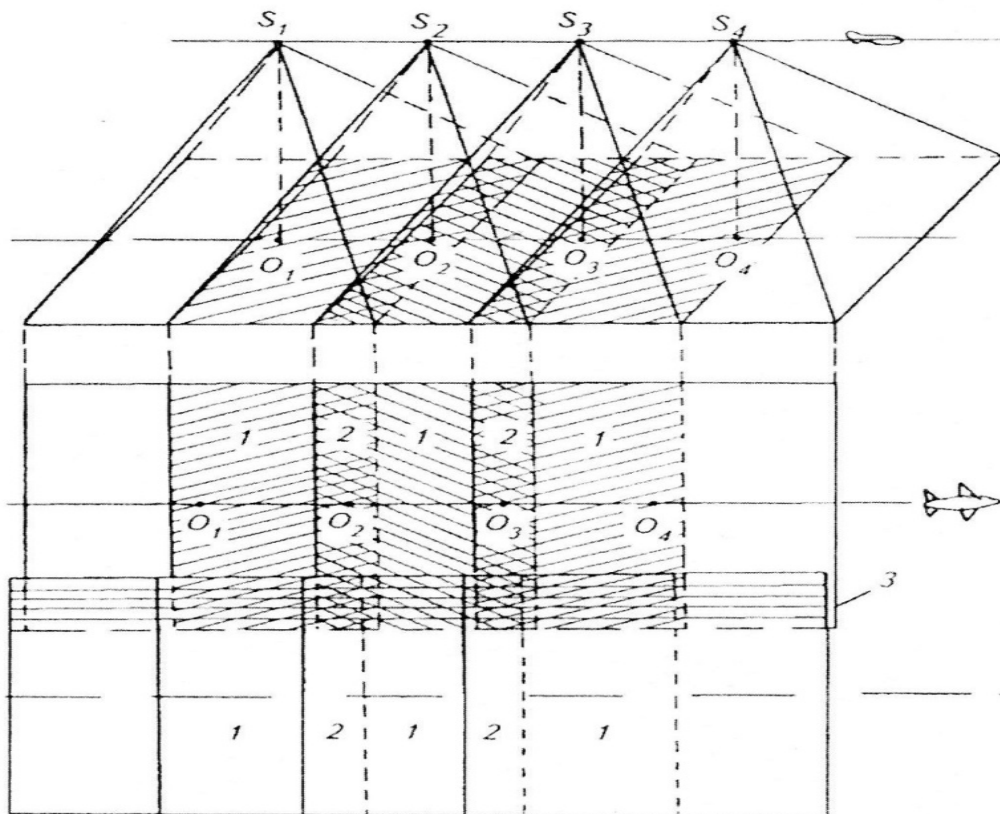


Рис. 35. Схема аэрофотосъемки:
 1 – двойное продольное перекрытие снимков; 2 – тройное продольное перекрытие снимков; 3 – поперечное перекрытие снимков;
 S_i – положение центров фотографирования;
 O_i – их проекции на местности

Продольное перекрытие снимков рассчитывают или задают, исходя из технологии фотограмметрической обработки снимков (или иных соображений). Величина его может быть 60, 70, 80, 90 %.

Перекрытие двух смежных снимков называют двойным. Зона перекрытия трех снимков – тройное перекрытие и т.д. Для каждого стандартного значения продольного перекрытия определяют минимальные и максимальные пределы.

Продольное перекрытие обеспечивается частотой (временным интервалом) включения АФА, которое зависит от высоты фотографирования и путевой скорости летательного аппарата. Расстояние между соседними точками фотографирования в маршруте называют базисом фотографирования и обозначают B_x .

Поперечное перекрытие p_y – это перекрытие снимков соседних маршрутов. Поперечное перекрытие рассчитывают по формуле

$$p_y = (l_y - 100 \%) / l,$$

где l_y – размер перекрывающейся части снимков двух смежных маршрутов.

Минимальное поперечное перекрытие допускается 20 %. Расстояние между маршрутами рассчитывают по формуле

$$B = l_y m (100 \% - p_y) / 100\%.$$

Продольные и поперечные перекрытия позволяют определить центральную часть снимка, где его геометрические и фотометрические от величины продольного перекрытия обязательно используют крайние снимки маршрутов. Укладывают снимки так, чтобы номера снимков были видны на накидном монтаже. Снимки размещают на щите так, чтобы их номера располагались горизонтально. Номер может быть в правом верхнем углу или на южной (нижней) стороне снимка.

Первый закрепленный снимок укладывают на второй из данного маршрута так, чтобы максимально точно совместить изображения их перекрывающихся частей. Совмещают изображения способом «мельканий». Суть этого способа заключается в том, что на предыдущий снимок укладывают последующий так, чтобы изображения их перекрывающихся частей примерно совпали. Затем верхний снимок многократно в быстром темпе отгибают и прижимают к нижнему (рис. 36).

При неточном совмещении снимков наблюдаемые изображения объекта будут перемещаться. Возникает эффект мультипликации. Для устранения перемещения положение верхнего снимка уточняют, сдвигая в нужном направлении. После закрепления второго снимка аналогично укладывают остальные снимки маршрута. Снимки второго и последующих маршрутов укладывают также способом «мельканий», добиваясь совмещения изображений как в зонах продольных, так и поперечных перекрытий. При 30 %-м поперечном перекрытии монтируют все маршруты, при 60 %-м – через

маршрут. При значительной территории съемочного участка составляют несколько накладных монтажей, каждый из которых, как правило, покрывает четыре смежных трапеции.



Рис. 36. Фотосхема

Космическая съемка, т.е. съемка 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 (рис. 37). Любой спутник-съемщик (рис. 38) всегда должен рассматриваться с учетом параметров его орбиты.

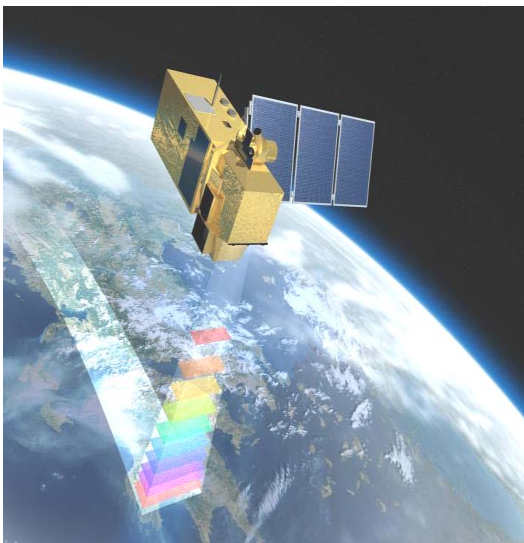


Рис. 37. Космическая съемка



Рис. 38. Спутник-съемщик

Орбиты спутников. С точки зрения космических съемок земной поверхности важны следующие параметры орбит: форма, наклонение, высота, положение её плоскости по отношению к Солнцу.

Форма орбиты определяет постоянство высоты съемки на разных участках орбиты. Предпочтительны круговые орбиты, у которых высоты перигея и апогея одинаковы и, следовательно, одинакова высота съемки земной поверхности, а для одной и той же аппаратуры – одинаковы охват, масштаб и разрешение снимков. Съемка земной поверхности изображена на рис. 39.



Рис. 39. Съемка земной поверхности

Устройство аэрофотоаппарата и классификация съемочных камер. Объективы и их основные характеристики

Аэрокосмические снимки получают с помощью специальной аппаратуры – съемочных систем многократного действия. Существуют десятки различных съемочных систем, отличающихся по принципу действия, конструкции, назначению; среди них выделяют основные – фотографические, оптико-электронные и радиоэлектронные. В свою очередь, каждая из этих систем состоит из целого ряда взаимосвязанных приборов и устройств, но главными из них соответственно являются фотокамеры, сканеры и радиолокаторы. Неотъемлемой частью съемочных систем служит бортовой компьютер, управляющий их автоматической работой.

Съемочная аппаратура дополняется комплексом приборов для точного определения во время полета пространственных координат и углов наклона носителя – радиовысотомерами, ГЛОНАСС/GPS-приемниками, инерциальными системами. Работа электронных съемочных систем тесно связана с бортовыми средствами передачи видеоинформации на Землю и наземными пунктами приема этой информации. Применяются два режима передачи: синхронно с выполнением съемки (в зоне прямой видимости) с предварительной записью снятой видеоинформации на запоминающие устройства на борту носителя и быстрым ее сбросом во время пролета над пунктом приема. Все съемочные системы, предназначенные для получения аэрокос-

мических снимков, не только регистрируют необходимую видеоинформацию, но, к сожалению, вносят в нее неизбежные аппаратные искажения.

Аэрофотоаппарат – оптико-электромеханическое устройство, предназначенное для фотографирования земной поверхности с различных летательных аппаратов (рис. 40).

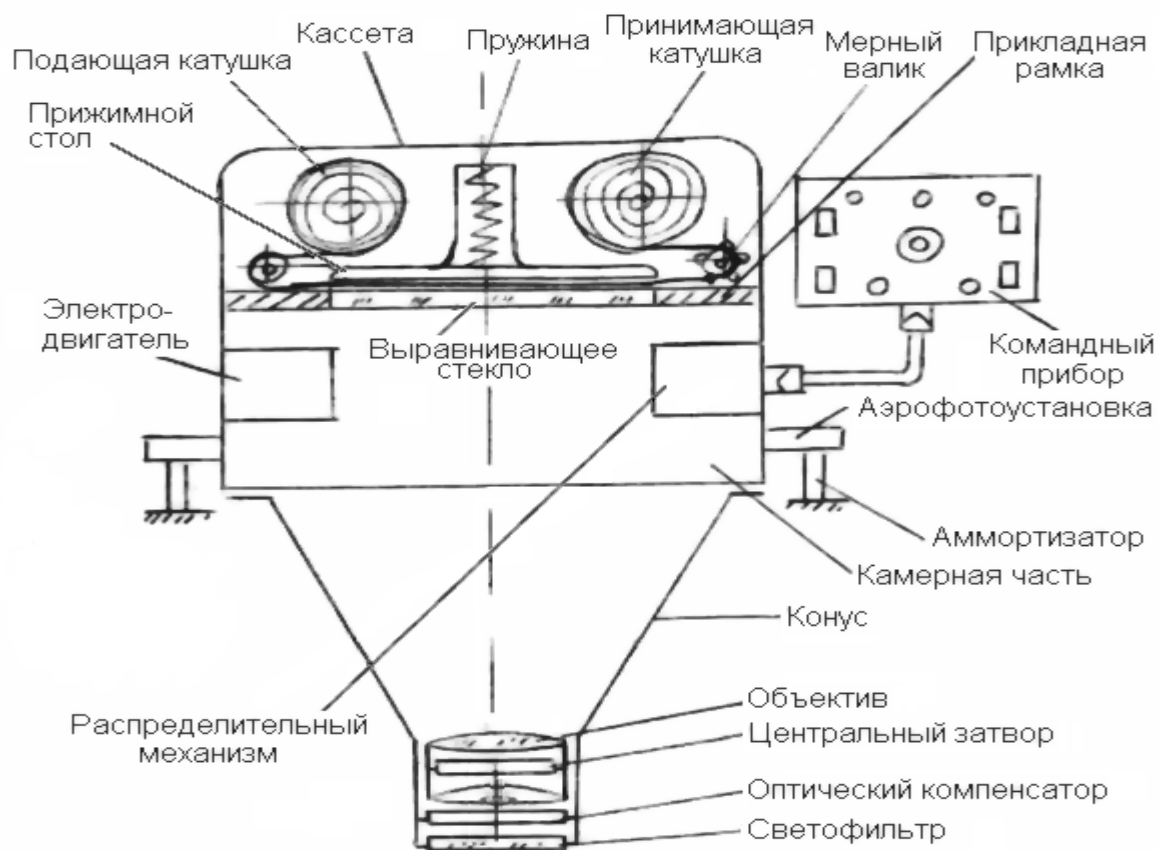


Рис. 40. Схема устройства аэрофотоаппарата

Фокусным расстоянием объектива или главным фокусным расстоянием называют расстояние от задней узловой точки объектива до главного фокуса. Через главный фокус перпендикулярно оптической оси проходит плоскость, в которой строится изображение и где располагается аэрофотопленка.

Аэрофотопленка – часть фотографической съемочной системы. С ее помощью регистрируются оптическое изображение. От свойств аэрофотопленки зависит метрическое и изобразительное качество аэроснимков, т.е. качество характеристики объектива.

Разрешающая способность фотоматериала определяет способность фотоэмульсионного слоя отдельно воспроизводить мелкие близкорасположенные детали фотографируемого объекта. Разрешающая способность зависит от размера зерна фотоэмульсионного слоя. Современные аэропленки имеют разрешающую способность $60\text{--}250\text{ мм}^{-1}$.

Кассета (съемочная часть аэрокамеры) предназначена для размещения аэропленки, ее перемотки и отмеривания по размеру, а также для выравнивания пленки в плоскость.

Аэрофотообъектив – оптико-механическое устройство, состоящее из оптической и механической частей.

Затвор – это устройство, регулирующее время (выдержку), в течение которого происходит экспонирование аэрофотопленки.

Оценка качества материалов аэрофотосъемки

После выполнения аэросъемочных работ оценивают качество материалов аэрофотосъемки.

Оценку качества материалов съемки выполняют с целью выявления соответствия реально получаемых результатов требованиям технического задания и существующим нормативам, значения которых определены инструкциями и наставлениями по производству аэрофотосъемок. Оценивают фотографическое качество аэрофотоснимков и фотограмметрическое качество материалов аэрофотосъемки.

Фотографическое качество зависит от состояния атмосферы, освещения объекта съемки, технических условий проведения аэрофотографирования, фотохимической обработки. При визуальной оценке на аэрофотонегативах не должно быть обнаружено механических повреждений, изображений облаков, теней от них, бликов, ореолов. Изображение на снимках должно быть резким, с хорошей проработкой деталей в светлых и темных участках. Оптическая плотность (тон) и контрастность должны соответствовать нормативам. При визуальном способе для сравнения можно использовать снимки- эталоны, т.е. снимки, фотографическое качество которых оценено высококвалифицированными специалистами- экспертами. Применение приборов позволяет более точно и объективно оценить фотографическое качество аэрофотоизображений.

Фотограмметрическое качество материалов аэрофотосъемки оценивают по следующим критериям:

1. Определение продольных и поперечных перекрытий.
2. Определение непрямолинейности аэрофотосъемочного маршрута.
3. Разворот снимка относительно направления маршрута «елочка».
4. Определение углов наклона снимков.
5. Определение фактической высоты фотографирования над средней плоскостью съемочного участка.
6. Обеспеченность границ участка съемки и проверка наличия аэрофотоснимков.

Требования к фотографическому качеству материалов аэрофотосъёмки

1. Для аэрофотографирования применяются черно-белые, цветные и спектрзональные аэропленки, выпускаемые промышленностью. Выбор типа аэропленки производится заказчиком. На рис. 41 показаны аэроснимки с цветным и спектрзональным цветовоспроизведением местности.



Рис. 41. Аэроснимки с цветным и спектрзональным цветовоспроизведением местности

2. Аэрофотосъемка должна производиться при отсутствии облачности и высоте солнца над горизонтом не менее 20° при фотографировании на черно-белую фотопленку и не менее 25° – на цветную и спектрзональную. Эти ограничения могут быть сняты при заключении договора.

3. Аэрофотосъемка должна производиться с использованием светофильтров, имеющихся в комплекте аэрофотоаппарата, в зависимости от высоты полета самолета, интенсивности воздушной дымки и применяемых аэропленок.

4. Сенситометрические и градационные характеристики аэронегативов должны удовлетворять нормам.

5. Химико-фотографическая обработка аэрофильмов и фильмов с показаниями спецприборов должна обеспечивать их долговременное хранение.

6. Дефекты аэронегативов (заломы, царапины, пятна, полосы и т.п.), а также изображения облаков, производственных дымов и теней от них, блики, ореолы («глория») и другие не должны мешать выполнению фотограмметрических работ и дешифрированию аэрофотоснимков.

На рис. 42 изображен снимок ландшафта над облаками.



Рис. 42. Снимок ландшафта под облаками

7. Если на аэронегативах изобразились «глория» или производственные дымы, то по согласованию с заказчиком выполняется повторная аэрофотосъемка в период времени, когда «глория» не возникает, а производственные дымы и тени от них имеют другое местоположение.

8. Применение аэропленок с истекшим гарантийным сроком хранения допускается после проведения сенситометрических испытаний или при соответствии характеристик аэронегативов контрольной аэрофотосъемки данным.

9. Аэронегативы и контактные отпечатки с них должны иметь резкое и хорошо проработанное изображение по всему полю.

10. Качество репродукции накидного монтажа должно обеспечивать хорошую читаемость основных контуров местности, а также номеров аэрофотоснимков.

Облако на аэрофотоснимке изображено на рис. 43.



Рис. 43. Облако на аэрофотоснимке

Контрольные вопросы

1. Какие разновидности съемок с самолета существуют?
2. Что называется плановой аэрофотосъемкой?
3. Аэрофотосъемки бывают?
4. Что называют продольным перекрытием?
5. Что называют поперечным перекрытием?
6. Как устроен аэрофотоаппарат?
7. Что называют фокусным расстоянием?

Лекция №4 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЭРОСНИМКА

Основные вопросы:

- 1. Геометрия снимков полученных при помощи кадровых фотограмметрических съемочных систем.*
- 2. Центральная проекция.*
- 3. Система координат и элементы внутреннего ориентирования снимков.*

При картографировании земной поверхности используют различные законы построения изображения этой поверхности в масштабе – картографические проекции. Задачи организации территорий, кадастра, инженерных изысканий удобнее решать по планам, созданным по законам ортогонального проецирования, – точки элементов ситуации при этом проецируют на горизонтальную плоскость отвесными линиями с одновременным масштабированием результатов. На рис. 45 представлены картографические проекции.



Рис. 45. Картографические проекции

На снимках, полученных с помощью кадровых съемочных систем, изображение строится по законам центрального проецирования. Проецирующие лучи здесь представляют собой пучок линий, проходящих через единую точку- центр проекции.

Основные элементы центральной проекции следующие:

- S – центр проекции, в фотограмметрии – задняя узловая точка объектива съемочной камеры;
- P' – картинная плоскость(негативная) – фокальная плоскость объектива съемочной камеры;
- P – картинная плоскость позитивная.

Основные элементы центральной проекции

E – предметная плоскость – горизонтальная секущая плоскость снимаемого участка местности;

$o(o')$ – главная точка картины – главная точка снимка, получаемая при пересечении главного луча (оптической оси) объектива съёмочной камеры S_0 с плоскостью картины;

W – плоскость главного вертикала, проходящая через точку S перпендикулярно плоскостям $P(P')$ и E ;

$v_0v'(v'_0v')$ – главная вертикаль – след пересечения плоскостей $P(P')$ и W ;

v_0V – проекция главной вертикали;

$n(n')$ – точка надира – точка пересечения плоскости $P(P')$ с отвесным лучом;

N – проекция точки надира – точка пересечения плоскости E отвесным лучом, проходящим через точку S ;

α_p – угол наклона картины (снимка) – угол между плоскостями $P(P')$ и E или лучами SO и SN ;

$c(c')$ – точка нулевых искажений – точка пересечения плоскости $P(P')$ биссектрисой угла α_p ;

C – проекция точки нулевых искажений;

$h_{\Pi}h'_{\Pi}$ ($h'_{\Pi}h'_{\Pi}$) – горизонталь, проходящая через точку $n(n')$, – линия в плоскости $P(P')$, перпендикулярная $V_0V(v'_0V')$.

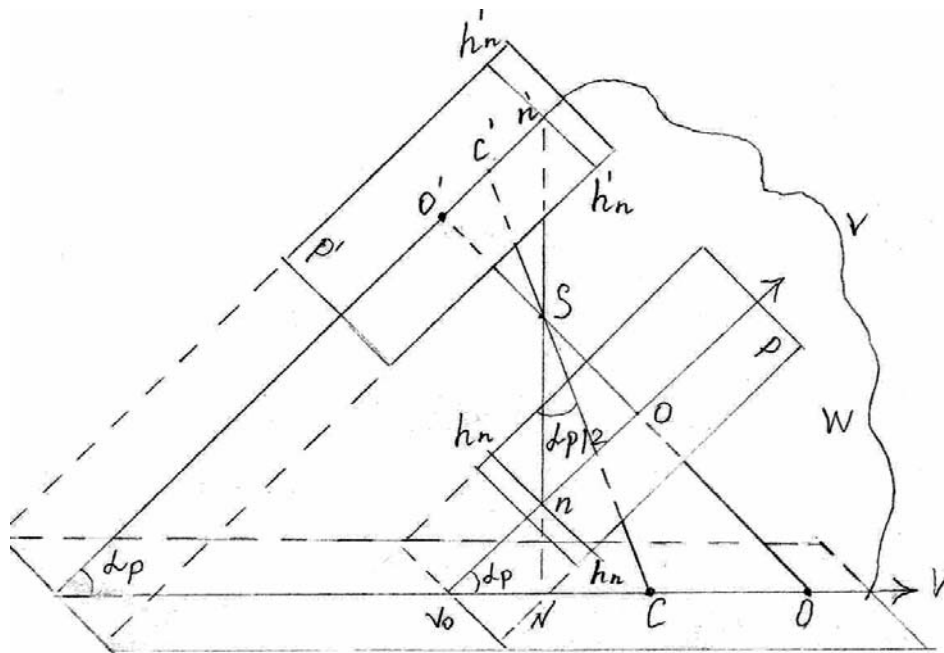


Рис. 46. Основные элементы центральной проекции

Горизонталы могут проходить через любую точку картины, например через точку $o - h_o h_o$ или точку $c - h_c h_c$. В одной из систем координат снимка главную вертикаль V_0V принимают за ось абсцисс, а любую из горизонталей – за ось ординат.

Точки o, n, c располагаются на главной вертикали, а точка O, C, N – на её проекции. Отстояния точек n и c от точки o определяют по формулам:

$$on = ftg\alpha_p \text{ и } oc = ftg\alpha_p/2.$$

Эти точки, в общем случае, близки друг к другу. Например, на плановых снимках при $\alpha_p=2^\circ$ и $f=100$ мм $on = 3,5$ мм и $os = 1,8$ мм, а на снимках, полученных с использованием гиростабилизированной АФУ, при $\alpha_p=20'$ $on = 0,6$ мм и $os = 0,3$ мм. Это положение неоднократно будем использовать в дальнейшем при анализе метрических свойств снимков и описании технологии их применения.

Расстояние oS – главное расстояние, и обозначают его буквой f . В фотограмметрии этот отрезок называется фокусным расстоянием съёмочной камеры. Расстояние $SH=H$ называют высотой съёмки.

В фотограмметрии обычно используют следующие системы координат. Для определения положения точки на снимке применяют правую плоскую прямоугольную систему координат снимка $o'xy$. Началом системы координат является точка o' – точка пересечения прямых, соединяющих координатные метки снимка 1-2 и 3-4. Ось x совпадает с прямой 1-2, а её положительное направление – с направлением полёта. Ось y перпендикулярна оси x и проходит через o' . Координаты точек (x, y) , измеренные в системе координат снимка, называют плоскими координатами (рис. 47).

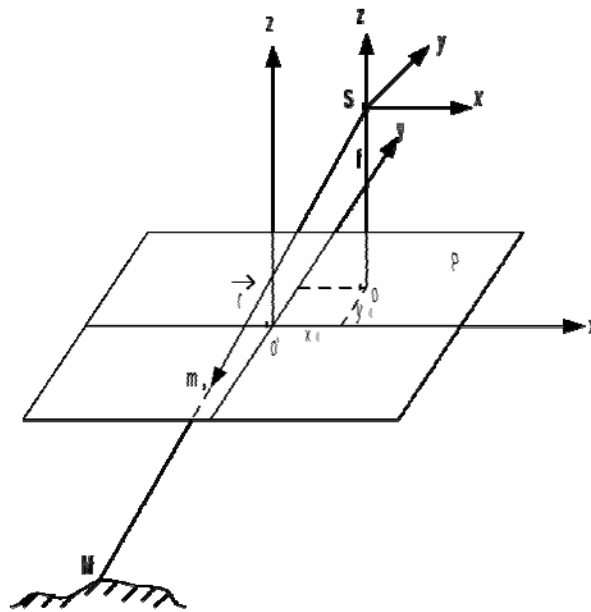


Рис. 47. Правая плоская система координат снимка

Для определения положения центра проекции S относительно снимка используют пространственную систему координат снимка $o'xyz$. В этом случае начало системы координат и оси x и y те же, что и в плоской системе координат снимка. Ось $o'z$ перпендикулярна плоскости снимка и дополняет систему до правой (рис. 48).

Взаимное положение точек местности определяют в пространственной фотограмметрической системе координат. Это правая система координат. Начало системы и направления координатных осей выбирают произвольно. Часто начало системы координат совмещают с центром проекции S - XU

или с какой-либо точкой местности $M-MXYZ$. Плоскость XU принимают горизонтальной или параллельной плоскости снимка (рис. 49).

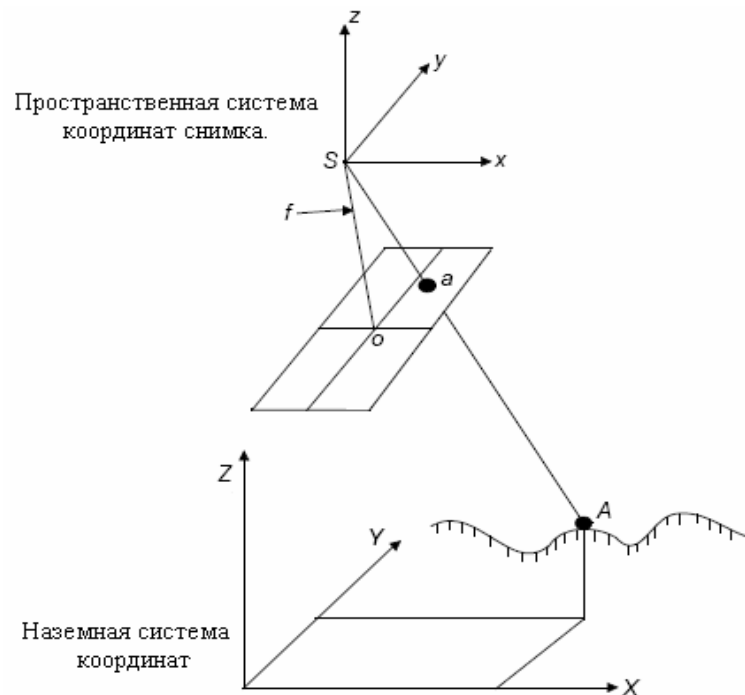


Рис. 48. Пространственная система координат снимка

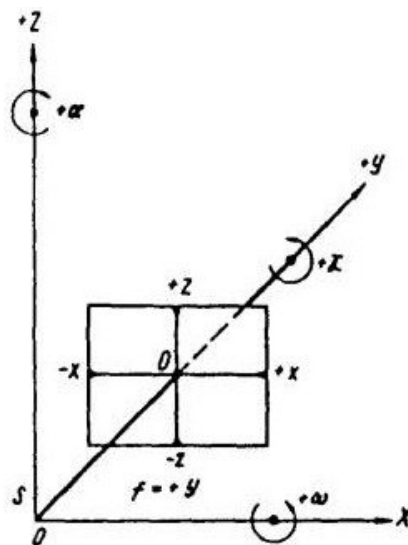


Рис. 49. Пространственная фотограмметрическая система координат

Положение точек местности определяют в левой геодезической системе прямоугольных координат Гаусса – $O^{\Gamma}X^{\Gamma}Y^{\Gamma}I^{\Gamma}$. Начало геодезической системы координат O^{Γ} находится в точке пересечения осевого меридиана данной зоны и экватора. Плоскость $X^{\Gamma}Y^{\Gamma}$ – горизонтальная. Ось Y^{Γ} направлена на восток, ось X^{Γ} – на север. Условная геодезическая система координат может иметь началом любую точку местности, а её оси сонаправлены соответствующим осям системы координат Гаусса (рис. 50).

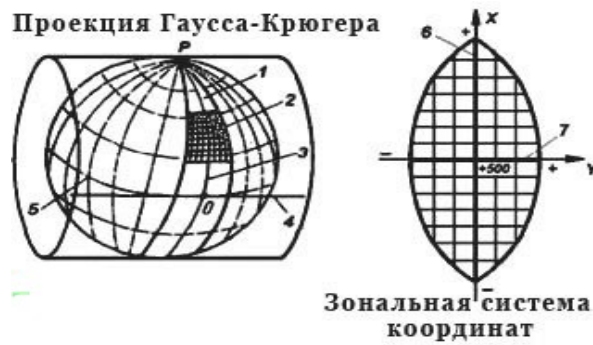


Рис. 50. Левая геодезическая система прямоугольных координат Гаусса

Различают элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимка.

Элементы внутреннего ориентирования определяют положение центра проекции S относительно снимка. Ими являются координаты точки S в пространственной системе координат снимка. Поскольку проекцией точки B на плоскости снимка является главная точка O , то их плановые координаты x и y в системе координат снимка совпадают, аппликатой точки S является расстояние SO , т.е. фокусное расстояние АФА f'' . Таким образом, элементами внутреннего ориентирования снимка являются координаты главной точки снимка x_0, y_0 и фокусное расстояние АФА f . Это элементы почти всегда известны с высокой точностью и записаны в паспорте АФА. Например, $f = 100,020$ мм; $x_0 = -0,012$ мм; $y_0 = +0,023$ мм.

Элементы внутреннего ориентирования снимка формируют связку проектирующих лучей, существовавшую при съемке (рис. 51).

На рис. 52 показаны элементы внешнего ориентирования снимка.

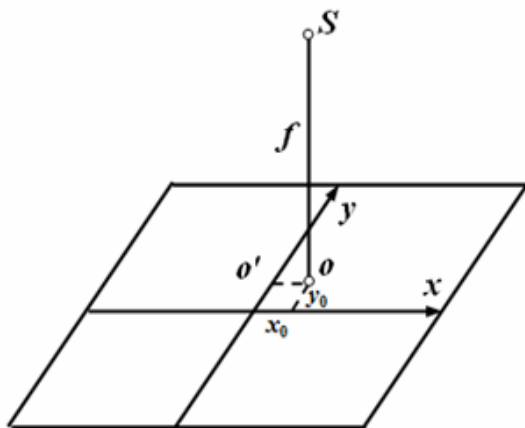


Рис. 51. Элементы внутреннего

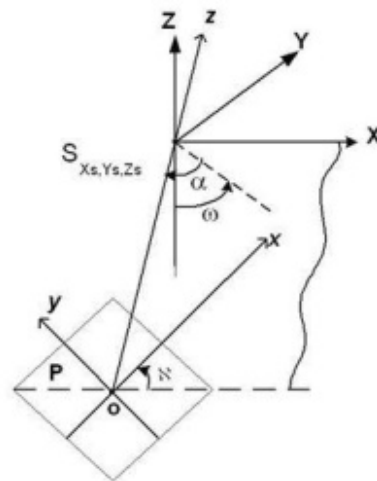


Рис. 52. Элементы внешнего ориентирования снимка» ориентирования снимка

Контрольные вопросы

1. По каким законам строится изображение на снимках, полученных при помощи кадастровых съемочных систем?
2. Назовите основные элементы центральной проекции.
3. Какие системы координат различают в фотограмметрии?

Лекция №5

ОРТОФОТОПЛАНЫ. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК ЗА РЕЛЬЕФ

Основные вопросы:

1. Ортофотоплан.
2. Технологические варианты ортотрансформирования и изготовление ортофотопланов.
3. Основные области применения.
4. Определение поправок за рельеф.
5. Определение смещения точек и поправок за угол наклона аэрофотоснимка.

Ортофотоплан – фотографический план местности на точной геодезической основе, полученный путём аэрофотосъёмки. Ортофотоплан объективно передаёт фотопортрет местности и является основным исходным материалом для создания и обновления карт и планов.

Технические характеристики: Масштаб от 1:500 – 1:10000.

Ортофотопланы широко применяются в топографических, геологических и других проектно-изыскательских работах при формировании и обновлении цифровых карт, а также оперативной оценки состояния местности.

Изготовление ортофотопланов. Чтобы использовать материалы съёмки в картографии, необходимо провести ортотрансформирование для устранения всех геометрических искажений и приведения их в систему координат местности.

В последнее время картография переходит к использованию цифровых технологий. Карты и планы все чаще создаются в цифровом (электронном) виде, шире становится и применение компьютерных методов обработки фотосъёмки. Этому способствуют как развитие вычислительной техники, так и возросший уровень программного обеспечения. Использование современных технологий значительно сокращает затраты и сокращает время на их изготовление.

Для изготовления ортофотопланов (рис. 53) используется полная технология компьютерной автоматизированной цифровой фотограмметрической обработки аэрокосмических фотоматериалов. Эта технология включает в себя создание цифровых моделей рельефа местности и мозаичных ортофотопланов с помощью программного комплекса «Талка».

Цифровые ортофотопланы используются в качестве первичной основы при создании цифровых карт и автоматизированных кадастровых Геоинформационных систем.

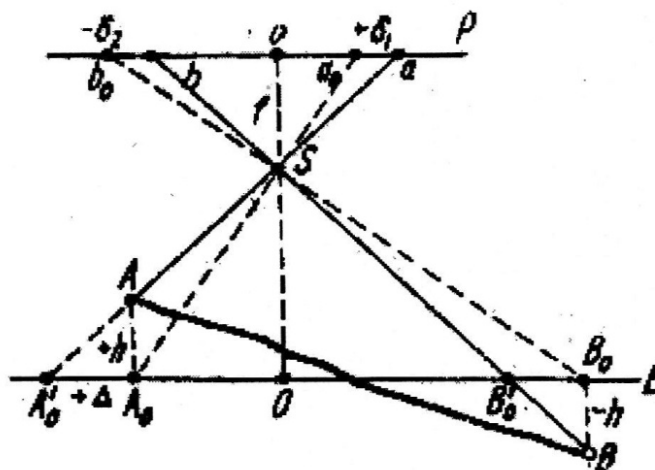


Рис. 53. Изготовление ортофотопланов

Технологические варианты ортотрансформирования и изготовление ортофотопланов

Преимущества данной технологии:

- Увеличивается точность изготовления фотопланов.
- Совершенствуются технологические операции.
- Ортофотопланы без дополнительных преобразований могут быть использованы в любой ГИС в качестве растровой основы для создания цифровых карт.
- Автоматическое построение рельефа по стереопарам снимков.
- Создание не только ортофотопланов, но и фотосхем для проведения оперативных работ.

К основным методам создания ортофотопланов относятся:

- трансформирование одиночных аэроснимков.
- обработка отдельных стереопар.
- масштабное создание ортофотопланов на основе обработки блоков стереопар.

Если аэрофотосъемка выполнялась не цифровой аппаратурой, а аналоговой (пленочной), то перед использованием она переводится в цифровой вид путем сканирования на высокоточном фотограмметрическом сканере. Шаг сканирования определяется масштабом съемки и масштабом конечного материала, обычно от 8 до 32 мкм.

В зависимости от особенностей исходных материалов, технология изготовления может иметь некоторые отличия.

Базовой технологией можно считать обработку материалов традиционной аэрофотосъемки. При этой технологии из последовательности кадров с заданным перекрытием строятся маршруты, которые затем объединяются в площадные блоки.

После создания блоков, проводится фотограмметрическое сгущение. На всех снимках имеющих перекрытие опознаются и указываются связующие точки (до 40 шт. на перекрытие). На рис. 54 изображены кадры аэрофотосъемки.

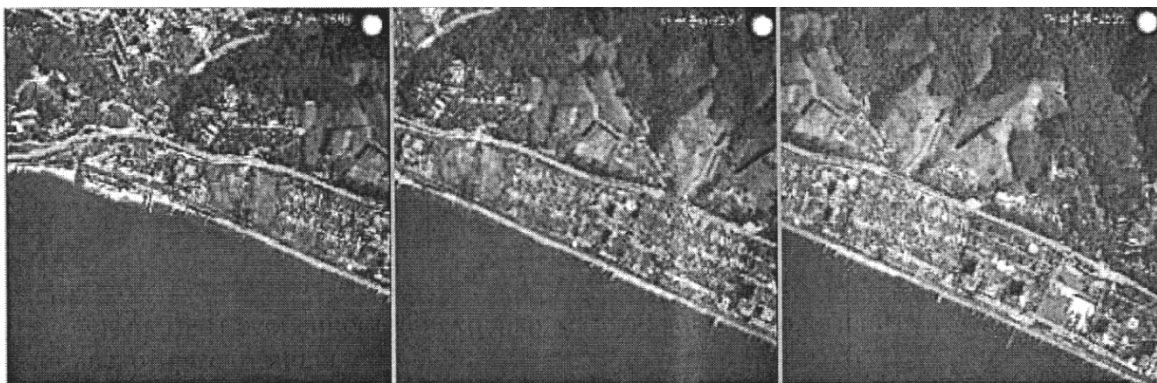


Рис. 54. Кадры аэрофотосъемки

Финальной стадией работ является нарезка. Метод ортофототрансформирования основан на принципе проектирования изображения трансформируемого аэроснимка бесконечно малыми участками с непрерывным изменением коэффициента увеличения в зависимости от углов наклона аэроснимков и изменения рельефа местности. Практически проектирование выполняют участками, имеющими конечные размеры (элементарными участками), в пределах которых остаются некоторые разности высот точек местности и неучтенное влияние углов наклона АФА, вызываемые горизонтальным расположением аэроснимков в приборе. Следовательно, ошибки взаимного ориентирования аэроснимков (рис. 55) и горизонтирования модели, а также изменение высот точек местности оказывают влияние на точность и качество ортофотоснимка.



Рис.55. Аэроснимок

Основные области применения цифровых изображений, планов, использующихся для создания и эксплуатации ГИС:

- топографическое картирование в масштабах 1:2000 и мельче;
- создание ортофотопланов и ортофотокарт высокого разрешения в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне;
- создание и актуализация ГИС;
- цифровая картография;
- дистанционное зондирование;
- идентификация заболоченных земель;
- обновление карт землепользования;
- таксация леса (в лесном хозяйстве ведется учет леса, его материальная оценка: определение возраста, высоты и диаметра растущих деревьев, запаса древесины, ее годичного прироста, качественная оценка леса и т.п. Таксацию проводят при лесоустройстве, отводе лесосек в рубку, инвентаризации леса);
- планирование новых мест застройки;
- обследование и инвентаризация ЛЭП, нефте- и газопроводов, автомобильных и железных дорог, инженерных коммуникаций;
- экологические исследования;
- сельскохозяйственные исследования: выявление болезней растений, определение фазы вегетации.
- административно-территориальное управление, создание и ведение кадастра;
- использование ортофотопланов в основе ГИС для силовых структур и служб быстрого реагирования МВД и МЧС;
- инженерные коммуникации и ГИС;
- телекоммуникации и ГИС;
- нефтяная и газовая промышленность;
- транспорт и ГИС;
- недропользование
- решение бизнес-функции и задач (учет и управление имуществом, для демографического анализа, для связи с клиентами и партнерами, доставки товаров и маршрутизации, выбора и анализа местоположений, маркетингового анализа и планирования, предоставление услуг через Интернет).

На рис. 56 изображено создание электронных ортофотокарт.

1. Смещение точек снимка вследствие влияния рельефа местности.

Определение поправок за рельеф:

До сих пор при анализе изображения на аэронегативе или аэроснимке мы допускали, что местность представляет собой плоскость, расположенную горизонтально. Фактически же рельеф местности в общем случае образует сложную поверхность. При составлении планов в прямоугольной трапеции точки поверхности земли проектируются перпендикулярами на

горизонтальную предметную ось. Поэтому расстояния между такими проекциями точек не зависят от того, как высоко или низко расположена предметная плоскость. Так, если возьмем плоскость E_0 (рис. 57), расположенную над уровнем моря, или же плоскость E , проведенную на средней высоте сфотографированной местности, то расстояние между прямоугольными проекциями точек A и B местности не изменяется, т.е. $A'B' = A_0'B_0'$, но расстояния между центральными проекциями тех же точек будут зависеть от положения плоскости на высоте, и мы видим из чертежа, что $A''B'' \neq A_0''B_0''$. Поэтому разность положения на горизонтальной плоскости прямоугольной и центральной проекций одной и той же точки местности условно считают смещением изображения точки из-за влияния рельефа местности.

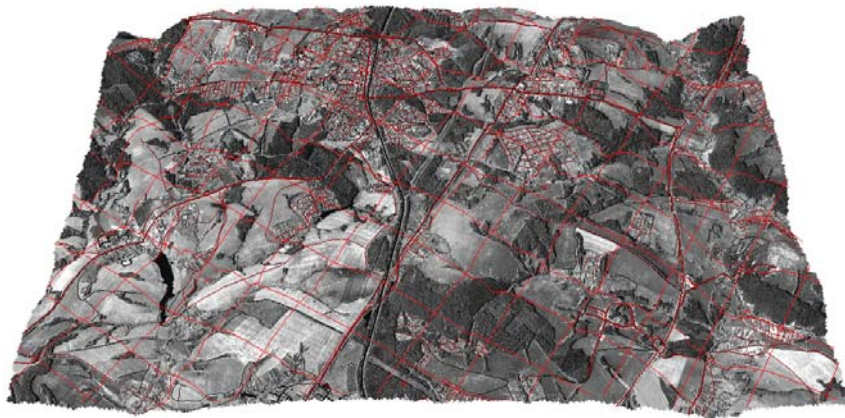


Рис. 56. Создание электронных ортофотокарт

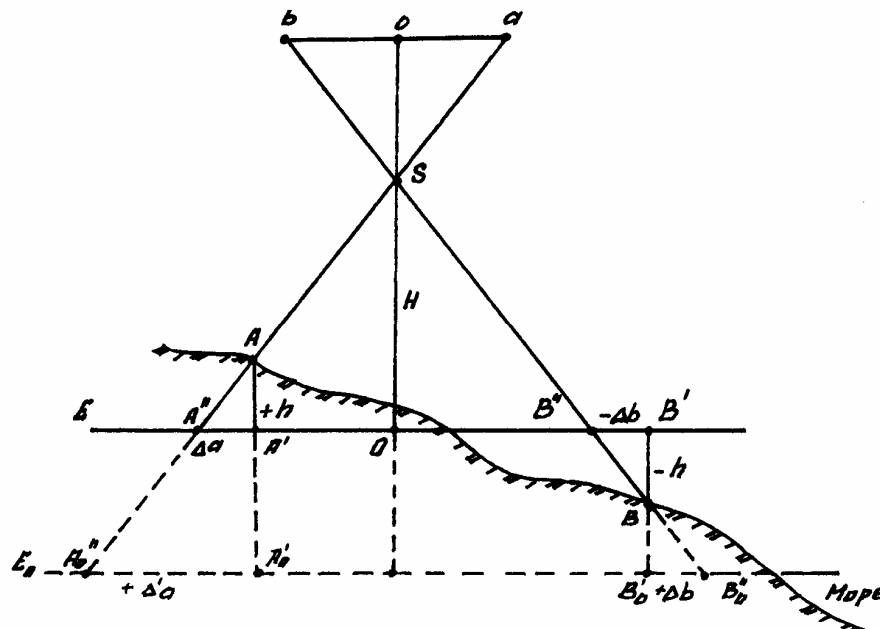


Рис. 57. Смещение положения точки на аэроснимке из-за рельефа

Из чертежа видно, что на плоскости E_0 смещение по абсолютному значению вообще больше, чем на плоскости E . Очевидно, что выгоднее всегда

выбирать положение плоскости на средней высоте местности, изображенной на аэронегативе, так как на ней смещения по абсолютной величине будут в среднем наименьшими и с различными знаками.

Последнее важно с точки зрения возможности полной или частичной компенсации смещений концов изображения прямой линии, что влияет на точность изображения длины ее. Так, например, длина линий $A''B''$ равна длине $A'B'$, т.е. ортогональной проекции, несмотря на смещение ее концов. Плоскость E называется *средней предметной плоскостью*.

Заметим, что положение средней предметной плоскости зависит от высоты только тех точек местности, которые изображены на данном аэронегативе. Если же взять часть аэронегатива, то для нее может быть найдена своя средняя предметная плоскость.

Определение смещения точек и поправок на угол наклона аэрофотоснимка

При картографировании земной поверхности используют различные законы построения изображения этой поверхности в масштабе – картографические проекции. Задачи организации территорий, земельного и городского кадастров, инженерных изысканий удобнее решать по планам, созданным по законам ортогонального проектирования: точки элементов ситуации при этом проецируют на горизонтальную плоскость отвесными линиями с одновременным масштабированием результатов.

На снимках, полученных с помощью кадровых съемочных систем, изображение строится по законам центрального проецирования. Проектирующие лучи здесь представляют собой пучок линий, проходящих через единую точку – центр проекции.

Основные элементы центральной проекции (рис. 58) следующие:

S – центр проекции – в фотограмметрии задняя узловая точка съемочной камеры;

P' – картинная плоскость (негативная) – фокальная плоскость съемочной камеры;

P – картинная плоскость позитивная;

E – предметная плоскость – горизонтальная секущая плоскость снимаемого участка местности;

o – главная точка картины – главная точка снимка, получаемая при пересечении главного луча (оптической оси) объектива съемочной камеры S_o с плоскостью картины;

W – плоскость главного вертикала, проходящая через точку S перпендикулярно плоскостям P и E ;

$v_o v'$ – главная вертикаль – след пересечения плоскостей $P(P')$ и W ;

$v_o V$ – проекция главной вертикали;

n – точка надира – точка пересечения плоскости $P(P')$ отвесным лучом;

N – проекция точки надира – точки пересечения плоскости E отвесным лучом;

α_p – угол наклона картины (снимка) – угол между плоскостями $P(P')$ и E или лучами SO и SN ;

c – точка нулевых искажений – точка пересечения плоскости $P(P')$ биссектрисой угла oSn ;

C – проекция точки нулевых искажений;

$h_n h_n$ – горизонталь, проходящая через точку n , – линия в плоскости $P(P')$, перпендикулярная $v_o V$.

Горизонтالي могут проходить через любую точку картины, например, через точку o – $h_o h_o$ или точку c – $h_c h_c$. В одной из систем координат снимка главную вертикаль $v_o V$ принимают за ось абсцисс, а любую из горизонталей – за ось координат.

Точки o , n , c располагаются на главной вертикали, а точки O , C , N – на ее проекции. Расстояние oS называют главным расстоянием и обозначают буквой f , а в фотограмметрии – фокусным расстоянием съемочной камеры. Расстояние SN называют высотой съемки и обозначают H .

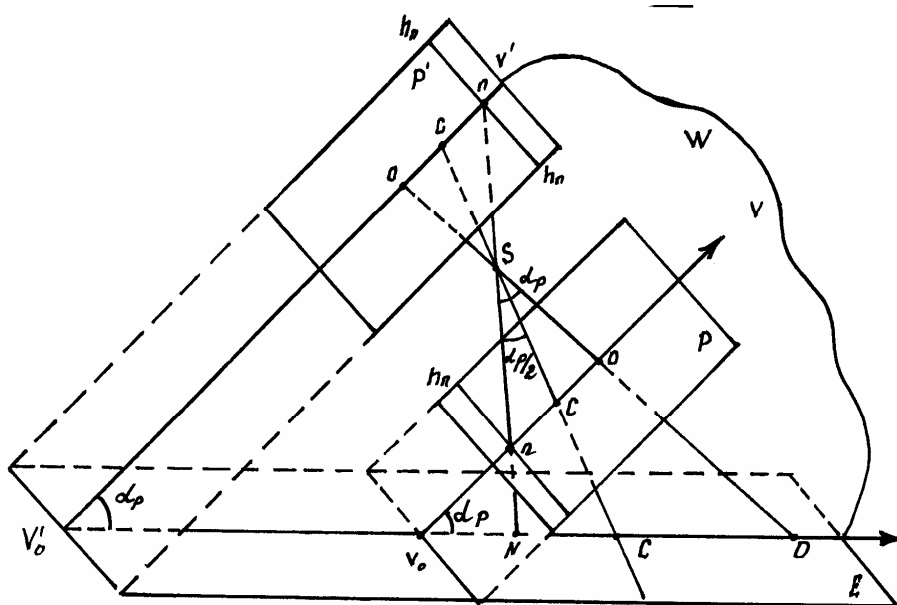


Рис. 58. Основные элементы центральной проекции

Контрольные вопросы

1. Что такое ортофотоплан?
2. В качестве чего используют цифровые ортофотопланы?
3. Что относится к основным методам создания ортофотопланов?
4. Назовите основные области применения цифровых изображений, планов, которые используются для ГИС.
5. По какой формуле определяют смещение точек за влияния рельефа местности?

Лекция №6

ПРОЦЕССЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АЭРОСНИМКА В ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

Основные вопросы:

1. *Планово-высотная привязка аэроснимков.*
2. *Пространственная аналитическая фототриангуляция.*
3. *Расчет параметров аэрофотосъемки для фотограмметрической обработки снимков.*
4. *Понятия о фотосхемах. Виды фотосхем. Изготовление одномаршрутной фотосхемы.*
5. *Построение одномаршрутного фототриангуляционного ряда.*

Планово-высотная привязка аэрофотоснимков

Фотограмметрическая обработка как одиночного снимка, так и пары снимков предполагает наличие опорных точек. Опорные точки позволяют производить трансформирование одиночных снимков и геодезическое ориентирование пространственных моделей местности. Геодезические координаты опорных точек можно получить с помощью геодезических измерений в поле или камерально фотограмметрическим методом.

Процесс опознавания на снимках точек местности и определение координат этих точек геодезическими методами называют *привязкой аэрофотоснимков*. В качестве опорных точек выбирают надежно идентифицируемые на снимках точки местности. Привязку, обеспечивающую каждый снимок или каждую стереопару опорными точками в количестве, необходимом для фотограмметрической обработки, называют *сплошной*, а в противном случае – *разреженной*.

Если в результате привязки у каждой опорной точки определены все три геодезические координаты, то привязка называется *планово-высотной*, если только плановые координаты – *плановой*, если только высотная координата – *высотной*.

Привязка аэрофотоснимков состоит из следующих этапов:

- подготовка материалов;
- составление проекта привязки;
- рекогносцировка и закрепление на местности опорных точек;
- полевые измерения;
- вычислительные работы;
- оформление материалов и сдача работ.

Подготовка материалов включает подбор комплектов контактных или увеличенных снимков и репродукций накладного монтажа на объект работ. На репродукцию накладного монтажа переносят пункты геодезической сети с имеющихся топографических карт.

Составление проекта привязки аэрофотоснимков проводят на репродукции накидного монтажа. Как правило, при разреженной привязке опорные точки располагают рядами поперек аэрофотосъемочных маршрутов (рис. 59). Расстояние между опорными точками зависит от масштаба создаваемого плана, высоты сечения рельефа, параметров аэрофотосъемки и выражается числом базисов фотографирования.

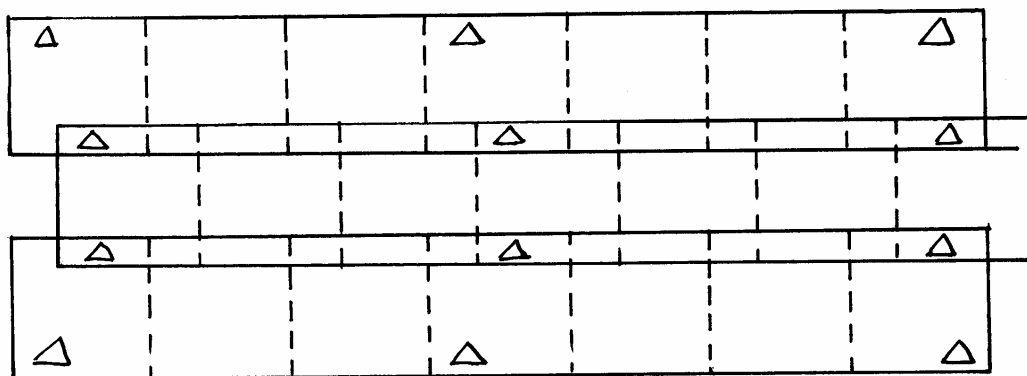


Рис. 59. Схема расположения опорных точек при разреженной привязке снимков

В процессе *рекогносцировки и закрепления на местности* опорных точек опознают и накалывают на снимки существующие пункты триангуляции государственной сети, выбирают окончательное положение каждой опорной точки и уточняют метод ее геодезического определения. В качестве опорной точки выбирают такую точку местности, которая надежно идентифицируется на всех перекрывающихся снимках. Погрешность опознавания опорной точки на местности не должна превышать 0,1 мм в масштабе создаваемого плана.

Опознанные опорные точки закрепляют на местности кольями длиной 0,3...0,5 м и окапывают треугольником со сторонами 1,2...1,5 м. На снимках эти точки накалывают с погрешностью не более 0,1 мм и обводят двумя красными концентрическими окружностями диаметром 8 и 10 мм. Каждой опорной точке присваивают номер.

Далее проводят *геодезические измерения* с помощью современных электронных тахеометров и GPS-аппаратуры.

В результате *вычислительных работ* получают геодезические координаты опорных точек.

Для каждой трапеции государственной разграфки, землепользования или поселения формируют техническое дело, в которое входят все материалы полевых и камеральных работ: репродукции накидного монтажа, снимки с оформленными опорными точками, полевые журналы, каталоги геодезических координат и т.п.

Фототриангуляцией называют способ определения координат точек местности фотограмметрическими методами. Фототриангуляцию развивают по снимкам одного или нескольких маршрутов. В зависимости от этого различают *одномаршрутную (маршрутную) и многомаршрутную (блочную) фототриангуляцию*.

Если в процессе фототриангуляции определяют только плановые координаты точек местности, то это *плановая фототриангуляция*, если все три пространственные координаты, – *пространственная фототриангуляция*.

Существует несколько способов развития пространственной фототриангуляции: способ независимых моделей, способ частично зависимых моделей, способ связок и др.

В способе независимых моделей каждая модель строится независимо от других моделей в своей системе координат и в своем масштабе. Созданные модели объединяют в общую модель с помощью связующих точек – точек, расположенных в зоне тройных перекрытий и поэтому принадлежащих двум соседним моделям.

После этого по опорным точкам выполняют внешнее ориентирование общей модели секции маршрута или блока и вычисление геодезических координат определяемых точек.

Способ частично зависимых моделей также предполагает построение всех моделей фототриангуляционного ряда. Однако в отличие от предыдущего способа угловое ориентирование всех моделей одинаково. Различаются лишь масштабы. Последующую модель приводят к масштабу предыдущей с помощью связующих точек. Общую модель масштабируют и геодезически ориентируют по опорным точкам.

Способ связок реализует идею определения пространственных координат точек местности прямой фотограмметрической засечкой по паре снимков. Для этого необходимо знать элементы внешнего ориентирования всех снимков фототриангуляционного ряда или блока в условной или геодезической системе координат. Эти элементы определяют с помощью связующих точек последовательным решением прямых и обратных фотограмметрических засечек. Если элементы внешнего ориентирования всех снимков координаты определяемых точек были найдены в условной системе координат, то проводят внешнее ориентирование фототриангуляционного ряда по опорным точкам.

Независимо от способа фототриангуляции при ее развитии используют три вида точек, для которых измеряют координаты на снимках. Это опорные точки, связующие и определяемые. У каждого вида точек свое назначение.

Определяемые точки – точки, ради которых развивается фототриангуляция, – получают геодезические координаты. Определяемые точки в

дальнейшем можно использовать в качестве опорных при фотограмметрической обработке одиночного снимка или пары снимков.

Связующие точки позволяют либо объединить одиночные модели местности в единую модель (способы независимых и частично зависимых моделей), либо определить элементы внешнего ориентирования всех снимков ряда в единой системе координат (способ связок). Иными словами, связующие точки дают возможность восстановить взаимное положение всех снимков фототриангуляционного ряда.

Опорные точки ориентируют построенный фототриангуляционный ряд или блок в геодезическом пространстве.

Для правильного расположения и обеспечения необходимого числа точек каждого вида составляют проект фототриангуляции.

Составление проекта начинают с подбора снимков фототриангуляционного ряда или блока. На них отождествляют и перекалывают с материалов полевой привязки опорные точки. Затем выбирают и накалывают определяемые точки. Каждой из них присваивают свой номер. Связующие точки выбирают в зоне тройных продольных перекрытий. При развитии блочной фототриангуляции также выбирают и накалывают связующие точки в зонах поперечных перекрытий. Их желательно располагать по разные стороны от середины зоны перекрытия (рис. 60, а). В каждом тройном продольном перекрытии должно быть не менее трех связующих точек. Оптимальным считают выбор 6...9 связующих точек (рис. 60,б).

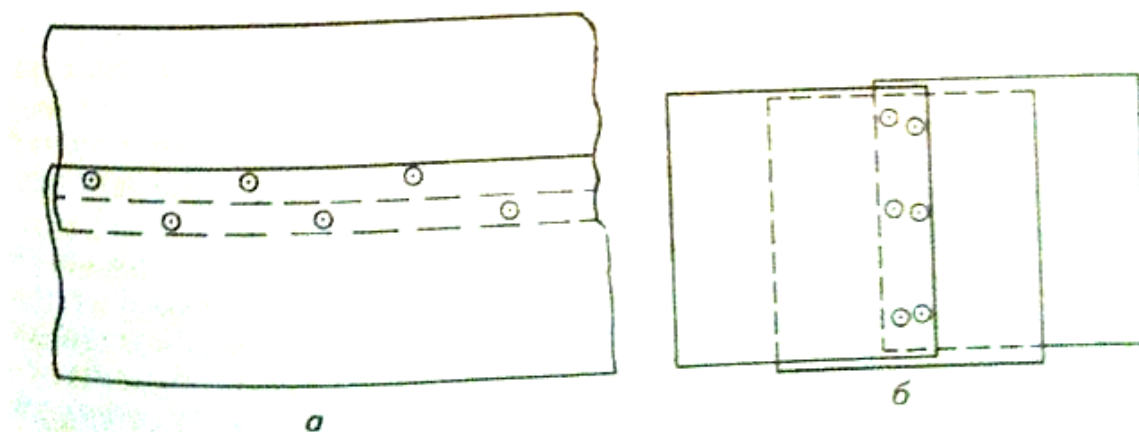


Рис. 60. Схема расположения связующих точек»: а – в поперечных перекрытиях снимков; б – в тройных продольных перекрытиях снимков

Измеряют координаты точек, вошедших в проект, как правило, в цифровых фотограмметрических рабочих станциях.

Результаты измерений обрабатывают по программам аналитической пространственной фототриангуляции. Итогом является каталог геодезических координат определяемых точек.

Расчет параметров аэрофотосъемки для фотограмметрической обработки снимков

Выбор параметров АФС определяется прежде всего видом конечной планово-картографической продукции (контурный или топографический план) соответствующего масштаба, а также применяемой технологией ее создания.

Поскольку в цифровых технологиях фотограмметрической обработки снимков основным результатом является вычисление геодезических координат точек местности, то выбор параметров АФС должен основываться на обеспечении требуемой точности их получения. Необходимая точность обусловлена типом задач, которые будут решать с помощью создаваемых планово-картографических материалов. Меньшая точность не позволит качественно решать поставленную задачу, избыточная ведет к увеличению материальных, трудовых и временных затрат.

В зависимости от выбранной технологии планово-картографическую продукцию можно изготовить на основе фотограмметрической обработки одиночного снимка либо стереопары.

Рассмотрим подробнее подход к выбору параметров АФС для каждого из этих двух способов.

Расчет параметров аэрофотосъемки при фотограмметрической обработке одиночного снимка

Конечной продукцией могут быть цифровая модель ситуации (ЦМС) и ее производные (контурный план, фотоплан и т.п.). ЦМС не содержит информации о рельефе, поэтому при ее создании предъявляются требования к точности плановых координат точек местности.

Использование современных типов аэрофотоплёнок с высокой разрешающей способностью и высококачественных объективов АФА позволяет применять большие коэффициенты увеличения $K = m/M$ (m – знаменатель масштаба съемки; M – знаменатель масштаба создаваемого плана).

Понятия о фотосхемах. Виды фотосхем. Изготовление одномаршрутной фотосхемы

Фотосхемой называется фотографическое изображение (черно-белая или цветная фотографическая схема) местности, составленное из рабочих площадей снимков. Материалом для монтажа фотосхем могут быть контактные или увеличенные снимки.

Фотосхема изготавливают по воздушным, космическим, наземным (преимущественно фототеодолитным) и подводным снимкам, полученным как при непосредственном фотографировании, так и при воспроизведении изображения с экрана сканирующей системы. Фотосхемы используются для дешифрирования, рекогносцировок, обследования территорий. Масштаб фотосхемы не постояен. Выполнение измерений, не требующих высокой точности. На рис.61 показан пример фотосхемы.

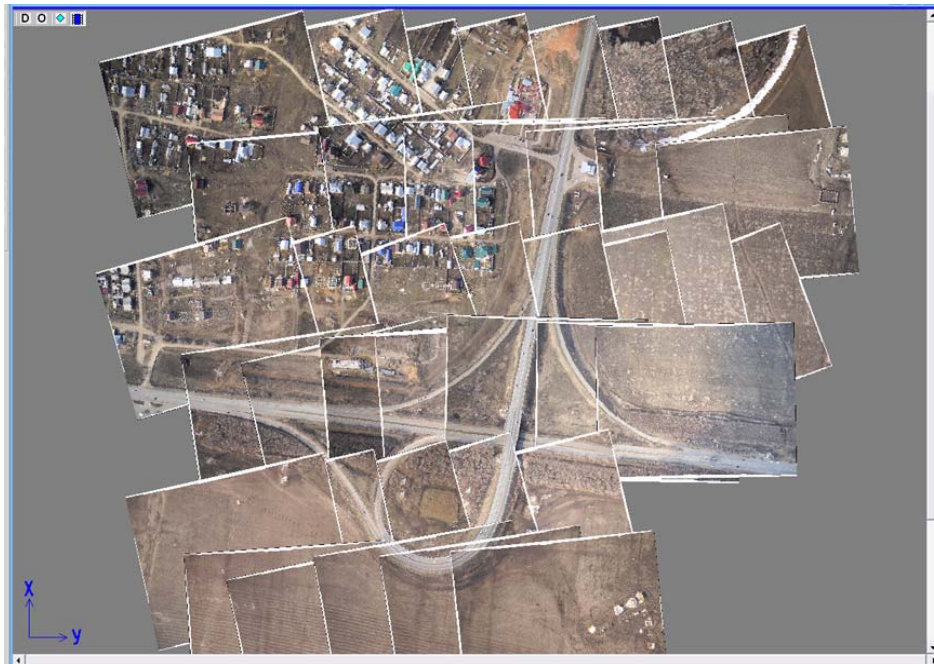


Рис. 61. Пример фотосхемы

При значительной разномасштабности конкретных снимков они могут быть приведены примерно к одному масштабу или к масштабу картографирования по соответствующим отрезкам на их перекрытиях. Если учесть, что съемку, выполненную в масштабе значительно отличается от масштаба картографирования, то фотосхемы можно представить чисто теоретически.

При значительной разномасштабности конкретных снимков они могут быть приведены примерно к одному масштабу или к масштабу картографирования по соответствующим отрезкам на их перекрытиях. Если учесть, что съемку, выполненную в масштабе значительно отличается от масштаба картографирования, то фотосхемы можно представить чисто теоретически.

Различают одномаршрутные фотосхемы(составленные из снимков одного маршрута) и многомаршрутные(из снимков одного и более маршрутов).

Фотосхемы в производственных предприятиях изготавливают преимущественно одномаршрутные. Если же возникает необходимость в обеспечении фотосхемами территорий выходящих по площади за пределы одномаршрутной фотосхемы, то монтируют несколько одномаршрутных фотосхем. Наклеивают их на основу одну под другой. Это позволяет избежать значительного расхождения ситуационных элементов в полосе поперечного перекрытия фотосхемы. Маршрутные границы рабочих площадей фотосхем проведенных по их идентичным точкам могут существенно различаться по их начертанию. Преимущество фотосхем заключается в том, что для их изготовления не требуется геодезической подготовки снимков и на монтажные работы уходит незначительное время. Фотосхемы используются как приближенный картографический материал на стадии предварительного изучения территорий и эскизного межевания, используются на

различных стадиях землеустроительных, землеучетных и кадастровых работ, а так же при обследовании с/х предприятий, для оценки экологического состояния объектов контроля за использованием земель, для выявления нарушенных земель и т.д.

Различают два основных способа изготовления (монтажа) фотосхем:

1. По соответствующим точкам.
2. по начальным направлениям.

Первый способ может быть реализован в двух вариантах: индивидуальный и совместной обрезке снимков. При индивидуальном вблизи средней линии продольного перекрытия снимков выбирают и накалывают на обоих снимках две надежно идентифицируемые точки, причем эти точки одна от другой должны располагаться на возможно большем расстоянии.

Приложив поочередно линейку к наколотым точкам на одном и другом снимке обрезают их по линии АО. Аналогично обрезают остальные снимки маршрута.

При работе с гиостабилизированными снимками равнины выгодно использовать только четные и нечетные (монтаж через снимок), поскольку линии порезов пройдут примерно в середине продольного перекрытия. Объем работ при этом сократится при улучшении метрических свойств.

Работа выполняется в такой последовательности.

1. Делают монтаж 1-го и 2-го снимков маршрута, с тем чтобы, наложив первый снимок на второй, добиться совмещения одноименных контуров (рис.62, а). Намечают приблизительно середину двойного продольного перекрытия.

2. Раздвигают аэроснимки и вблизи линии середины двойного продольного перекрытия на расстоянии 1,5–2,5 см от верхнего и нижнего краев снимков опознают две одноименные точки четких контуров на левом ($a_{л}, в_{л}$) и правом ($a_{п}, в_{п}$) снимках (рис. 62, б). Накалывают эти точки. Чтобы избежать вырезов, т.е. пропуска ситуации, точки a и $в$ выбирают на высоких участках местности.

3. Приложив линейку к точкам $a_{л}, в_{л}$, скальпелем обрезают левый снимок (96), а затем правый снимок (97). Обрезки снимков 96 и 97 заштрихованы на рисунке.

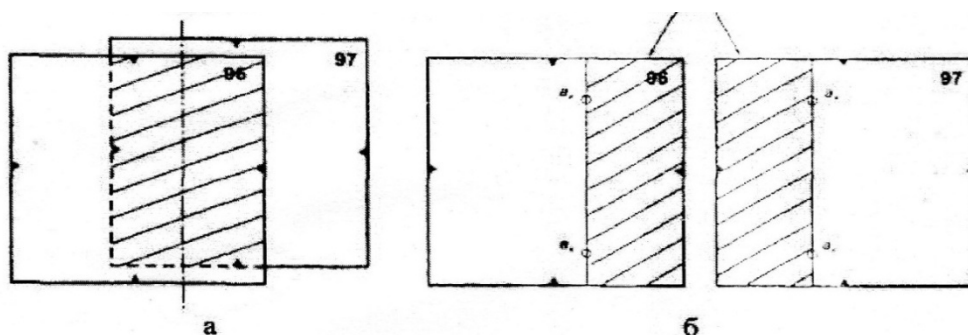


Рис. 62. Накладной монтаж 1-го и 2-го снимка

4. Оставшуюся часть снимка 97 и остальные снимки обрезают способом совместной обрезки. Для этого из них изготавливают накладной монтаж, т.е. монтируют эти снимки последовательно способом мельканий, совмещая контурные точки, расположенные на серединах продольных перекрытий и на наиболее высоких местах. По мере монтирования аэроснимки закрепляют грузиками. Правильность монтирования проверяют наколом нескольких контурных точек, которые выбирают приблизительно на серединах перекрытий.

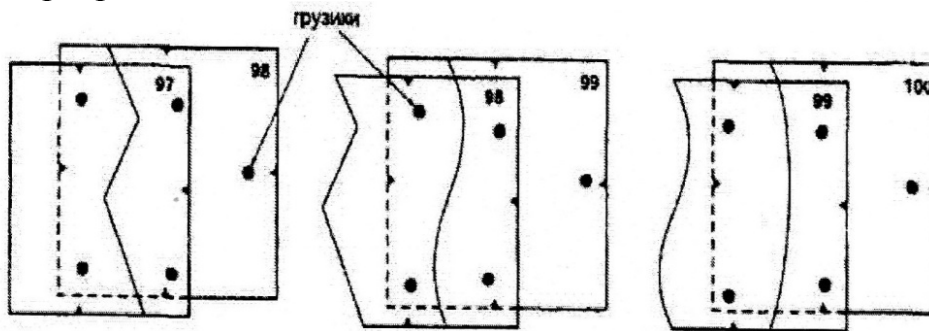


Рис. 63. Варианты обрезков аэроснимков

Произвести нарезку аэроснимков по серединам продольных перекрытий; оба снимка режут однократным движением скальпеля. Формы порезов могут быть различны: зигзагообразная, криволинейная и комбинированная.

Линию пореза проводят по местам наилучшей сходимости контуров посередине перекрытия, по наиболее темным частям с возможно большей однородностью. Обрезанные аэроснимки наклеивают на основу.

При выполнении совместной обрезки необходимо выполнять следующие условия: линия пореза не должна пересекать линейные объекты под острым углом;

- порез не должен проходить по постройкам и другим мелким контурам;
- порез не должен проходить ближе чем на 1 мм от важных линейных контуров (дорог, рек и т.п.);
- порез желательно проводить по контурам, имеющим фототон примерно одинаковой плотности на смежных аэроснимках.

Обрезки аэроснимков сохранить для выполнения корректуры фотосхемы.

5. Центральные части аэроснимка (рабочие площади) наклеивают на лист плотной бумаги формата А3 резиновым клеем, совмещают одноименные контуры. Монтирование аэроснимков считается удовлетворительным, если вырезы не будут превышать 0,5 мм. Отступив 1–1,5 см от границ рабочей площади, обрезают лишние части аэроснимков.

6. Проводят камеральное дешифрирование всего участка местности, изображенного на фотосхеме, на основе старого топографического плана. Оформляют условными знаками тушью.

7. Фотосхемы характеризуются средним масштабом. Для этого по краям рабочих площадей начального и конечного аэроснимков маршрута опознают по две точки на фотосхеме и топографическом плане.
8. Оценивают качество монтажа.
9. Оформляют фотосхему.

Графическое построение одномаршрутного фототриангуляционного ряда. Понятие редуцирования

Для построения одномаршрутного фототриангуляционного ряда непосредственно в масштабе плана необходимо, чтобы воскровки (*кальки*) первого и последнего аэронегатива данного маршрута могли быть установлены на плане при помощи обратной засечки. Пусть дано (рис. 64) 5 аэронегативов одного маршрута, причем 1-й и последний из них обеспечены 4-мя опорными точками каждый. На всех аэронегативах наколим опорные точки, рабочие центры и связующие точки на тройных перекрытиях, а затем изготовим воскровки направлений обычным способом.

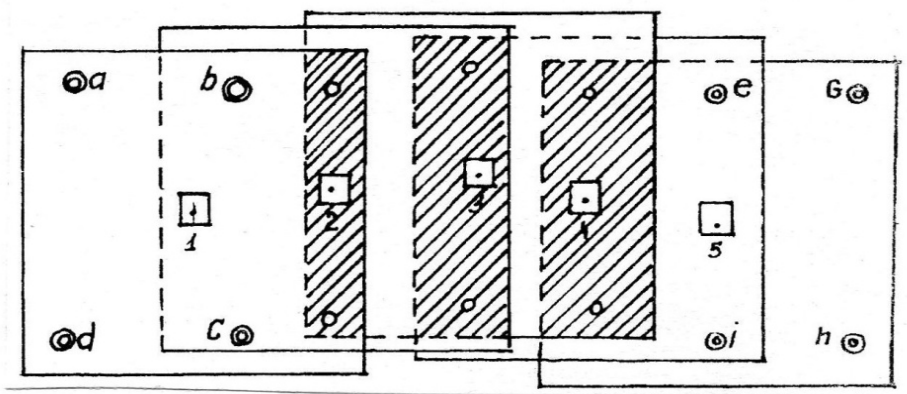


Рис. 64. Аэронегативы одного маршрута с опорными точками

Строить ряд на плане лучше одновременно с двух концов его к середине. Следовательно, сначала, используя обратные засечки, установим на плане первую и пятую воскровки. Затем обратной засечкой по двум связующим точкам, одной центральной точке и по начальному направлению найдем положение второй и четвертой воскровок.

Третья воскровка даст два независимых решения. Обратной засечкой по точкам, полученным слева, найдем точку $3'$ и зависящую от нее пару связующих точек (сверху и снизу). По точкам, полученным справа, найдем таким же образом точку $3''$ и зависящую от нее пару связующих точек, $3'-3''$, т.е. точку 3. Вероятнейшее положение связующих точек m и n находится на середине отрезков (невязок).

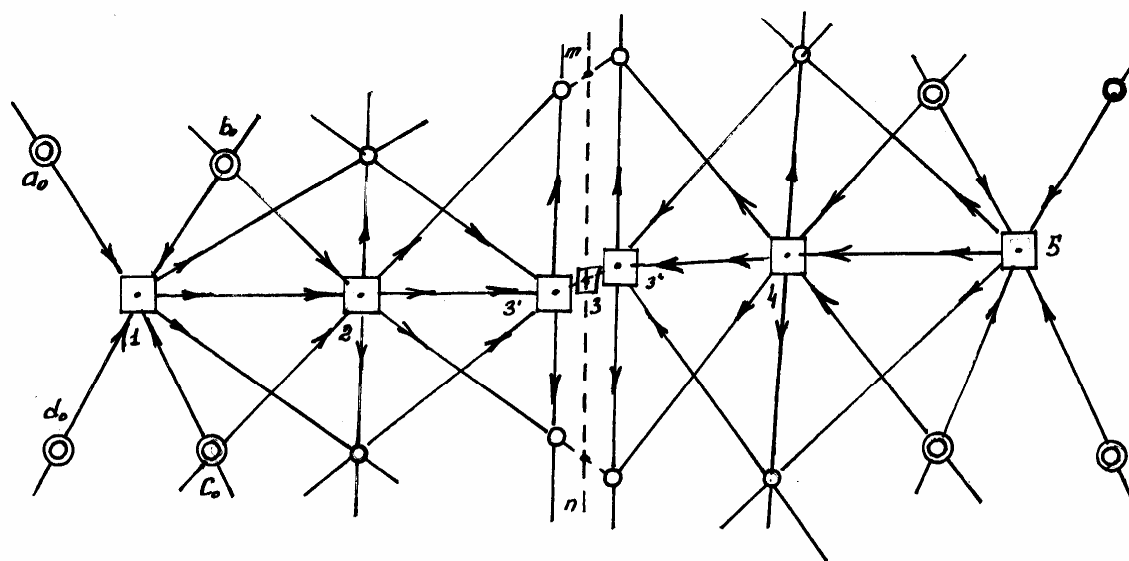


Рис. 65. Восковки направлений

Для увязки ряда совместим центр 3-й восковки с точкой 3. Верхний и нижний лучи восковки должны пройти через точки m и n , но практически они могут отклониться от них не более чем на 0,3 мм. Затем исправим положение 2-й восковки так, чтобы ее центральные лучи проходили через точки B_0, c_0, m и n , а начальные направления совпадали, при этом стороны треугольника погрешностей, образующихся при связующих точках над и под 2-м центром должны быть не более 0,3 мм.

Необходимо также следить за наилучшим совмещением начальных направлений. Таким же образом увяжем положение 4-й восковки.

Ориентирующие точки на чертеже не показаны, но их обязательно берут на углах рабочих площадей, перекалывают на восковку и включают в построение ряда.

В аэрофотогеодезическом производстве главным образом применяют построение одномаршрутных фототриангуляционных рядов в произвольном приблизительно выбранном масштабе. Такие ряды называются *свободными*. В дальнейшем их редуцируют в единую геодезическую систему в заданном масштабе плана, используя для этого редко расположенные опорные точки.

Свободные одномаршрутные фототриангуляционные ряды строят при помощи восковок направлений на план кальки. Построение получается плотнее, если оно выполняется приблизительно в масштабе плана, следовательно ширина и длина полосы берутся во столько раз больше ширины и длины обрабатываемого маршрута, во сколько раз знаменатель численного масштаба аэронегатива или аэрофотоснимка больше знаменателя масштаба будущего плана.

Пространственная фототриангуляция – способ определения координат точек пространственным фотограмметрическим методом.

Теоритическая основа построения фототриангуляции – наличие геометрических связей и аналитических зависимостей между компонентами соответствующих точек снимка и местности.

Контрольные вопросы

1. Что называется привязкой аэрофотоснимков?
2. Из каких этапов состоит привязка аэрофотоснимков?
3. Что называется фототриангуляцией?
4. Дайте определение понятию фотосхемы.
5. Назовите два способа изготовления фотосхем.
6. Что такое пространственная фототриангуляция?

Лекция №7

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ АЭРО-КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Основные вопросы:

- 1. Дешифрирование.*
- 2. Виды, методы и способы дешифрирования. Этапы дешифрирования. Задачи дешифрирования.*
- 3. Классификация объектов дешифрирования.*
- 4. Структурная схема дешифровочного процесса.*
- 5. Прямые и косвенные дешифровочные признаки.*
- 6. Дешифрирование при помощи эталонов. Классификация эталонов дешифрирования.*

Дешифрирование аэроснимков – один из дистанционных методов изучения окружающей среды. Под последними, применительно к нашей планете, подразумевается съемка (исследования) поверхности Земли, верхнего слоя земной коры и атмосферы с любого летательного аппарата визуально и путем регистрации приемником параметров электромагнитного и гравитационного полей и излучений.

По средствам выполнения дешифрирование может быть визуальным, автоматическим и инструментальным. Автоматическое дешифрирование, в котором интерпретационная система решает отлаженные задачи без вмешательства оператора. Визуальное дешифрирование заключается в непосредственном рассматривании аэроснимка (рис. 66).



Рис. 66. Аэроснимок

Оно является первым этапом анализа аэроснимка и, если его недостаточно для извлечения требуемой информации, то прибегают к инструмен-

тальному дешифрированию. Применение инструментов улучшает комфорт наблюдения, расширяет возможности зрительного восприятия изображения путем его оптического увеличения и стереоскопического рассматривания, обеспечивает получение количественных характеристик дешифрируемых объектов с помощью измерительных устройств. В полевых условиях инструментальное дешифрирование применяется также в тех случаях, когда нужно нанести объекты, не изобразившиеся на аэроснимке.

В зависимости от специфики технологического процесса съемки дешифрирование выполняют или непосредственно на аэроснимках (негативах или позитивах) или на фотосхемах (фотопланах), рассматривая аэрофотоизображение в проходящем или отраженном свете. Результаты дешифрирования вычерчивают на материалах аэрофотосъемки или на наложенных на них прозрачных пластиках или на жесткой основе, проектируя на нее изображение с аэроснимка.

По материалам аэрофотосъемки производится контурно-комбинированная съемка с полевым дешифрированием. Внедрение последнего сделал топографическую карту более точной и содержательной, чем при существовавшей ранее мензульной съемке.

Развитие теоретических исследований начиналось с накопления, систематизации и обобщения фактов по оптической характеристике ландшафтов, дешифровочным признакам, выбору оптимальных типов аэрофотоматериалов, которые имели в основном описательный и региональный характер. Затем проводились исследования по проблемам физиологии и психологии дешифрирования, информационной емкости аэроснимков, количественных методов дешифрирования, фильтрации аэрофотоизображения, основанные на солидной физико-математической и географической базе.

Технология и методика дешифрирования развивались от общих, часто расплывчатых, рекомендаций к конкретным по отраслям и регионам; от качественных к количественным методам (морфометрическим, микрофотометрическим, основанным на корреляционных зависимостях между объектами дешифрирования и др.). Большое значение имели разработка и внедрение в последние годы ландшафтного метода дешифрирования, метода дешифрирования быстро меняющихся (динамических) явлений и частных технологий отраслевого дешифрирования.

В настоящее время теоретические исследования в области дешифрирования ведутся по следующим направлениям: изучение спектральной отражательной способности объектов местности с помощью спектрометрической съемки; изучение дешифровочных признаков как с оптико-геометрической, так и с географической позиций; сравнительная дешифрируемость различных типов аэроснимков; физиологические и психологические проблемы дешифрирования и выработка критериев достоверности дешифрирования; методы оценки информационной емкости аэрофотоизображения с

целью извлечения максимальной информации; дешифрирование космических и нефотографических снимков и связанная с этим проблема многомасштабной, многовременной и многоканальной съемки.

Дистанционные методы состоят из трех этапов:

- 1) получение исходных материалов съемки;
- 2) обработка материалов съемки;
- 3) создание карт и некартографических материалов по обработанным материалам съемки.

Обработка материалов съемки включает геодезическую (географическую) привязку их, ликвидацию или учет геометрических искажений снимков, преобразование и дешифрирование их.

Виды, методы и способы дешифрирования. Этапы дешифрирования. Задачи дешифрирования

В методическом отношении для дешифрирования характерно сочетание полевых и камеральных работ, объём и последовательность которых зависят от их назначения и изученности местности. Полевое дешифрирование заключается в сплошном или выборочном обследовании территории с установлением необходимых сведений при непосредственном изучении дешифрируемых объектов. На труднодоступных территориях полевое дешифрирование осуществляют с применением аэровизуальных наблюдений. Камеральное дешифрирование заключается в определении объектов по их дешифровочным признакам на основе анализа аэроснимков с использованием различных приборов, справочно-картографических материалов и установленных по данному району географических взаимозависимостей объектов («ландшафтный метод»). Хотя камеральное дешифрирование значительно экономичнее полевого, но его полностью не заменяет, т.к. некоторые данные могут быть получены только в натуре.

Ведутся разработки по автоматизации дешифрирования в направлениях: а) отбора аэроснимков, обладающих нужной информацией и преобразования их с целью улучшения изображения изучаемых объектов, для чего используются методы оптической, фотографической и электронной фильтрации, голографии, лазерного сканирования и др.; б) распознавания объектов сопоставлением при помощи ЭВМ закодированных формы, размеров данного изображения и плотности фотона данного изображения и эталонного, что может быть эффективным только при стандартизованных условиях аэросъемки и обработки снимков.

Для дешифрирования используются приборы: увеличительные – лупы и оптические проекторы, измерительные – параллактические линейки и микрофотометры и стереоскопические – полевые переносные и карманные стереоскопы и стереоскопические очки и камеральные настольные стереоскопы, частью с биноккулярными и измерительными (например, стереометр

СТД (рис. 67) устройствами. Стационарным прибором, разработанным специально для целей дешифрирования, является интерпретоскоп (рис. 68). Дешифрирование аэроснимков проводят и на универсальных стереофотограмметрических приборах в комплексе работ по составлению оригинала карты. В зависимости от задачи дешифрирования может выполняться по негативам аэроснимков или их отпечаткам (на фотобумаге, стекле или позитивной плёнке), на смонтированных по маршруту или площадям фото-схемах и на точных фотопланах.

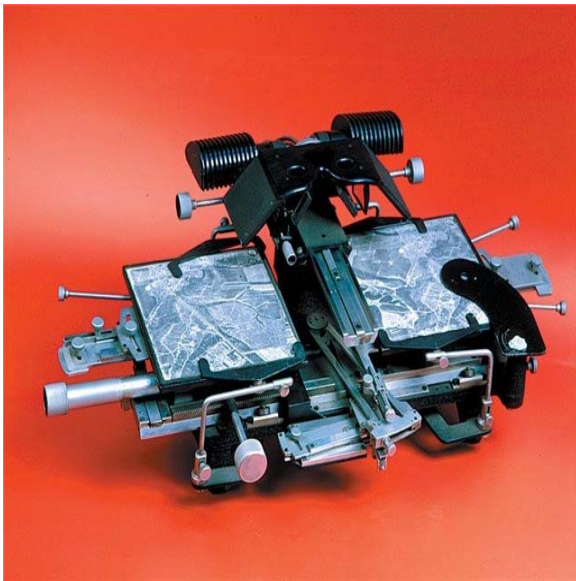


Рис. 67. Стереометр СТД

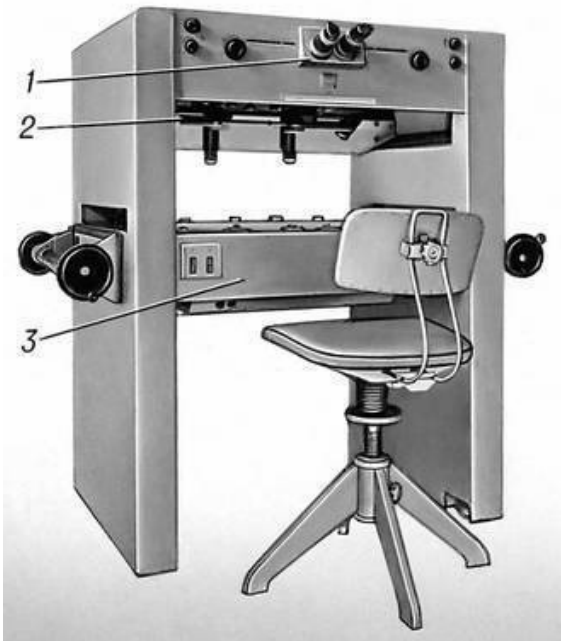


Рис. 68. Интерпретоскоп:
1 – наблюдательная система;
2 – каретка с объективами;
3 – станина со световым столом

При дешифрировании возможны следующие варианты:

- 1) полевое – по определяемым и хранящимся в памяти признакам изображений и объектов;
- 2) камеральное – с использованием определяемых по изображениям признаков изображений и определяемых по вспомогательным материалам признаков объектов, а также хранящихся в памяти признаков изображений и объектов;
- 3) камеральное – с использованием определяемых по изображениям признаков изображений и хранящихся в памяти признаков изображений и объектов;
- 4) камеральное – с использованием определяемых и хранящихся в памяти признаков изображений;
- 5) камеральное – с использованием определяемых по вспомогательным материалам и изображениям признаков изображений.

Классификация объектов дешифрирования

Свойства объектов и изображений, такие как размер, используют для дешифрирования, другие, вследствие невозможности или нецелесообразности их определения, например, массу, звук, запах – нет. Свойства объектов или изображений, определяемые и используемые для классификации при дешифрировании, называют признаками.

Исходя из предварительно принятых понятий искомым объектам и дешифрируемым изображениям, сформулируем: признаки – это классификационные свойства объектов или изображений.

С помощью признаков можно не только различать объекты (изображения), но и однотипные объединять в группы. Последнее положение обуславливает два пути сужения области поиска во множестве объектов (изображений): объединением имеющих данный признак либо исключением не имеющих его. Из совокупности признаков объекта (изображения), известных дешифровщику, у него складывается соответствующий образ.

Классификации объектов (изображений) и их признаков не совпадают (один признак может быть присущ многим объектам), но классификация признаков неразрывно связана с классификацией объектов (изображений). Это обстоятельство надо учитывать при систематизации изображений, объектов и признаков.

Признаки объектов называют демаскирующими, а изображений – дешифровочными. Демаскирующие и дешифровочные признаки могут совпадать или различаться. Например, форма может быть присуща объекту и изображению, а при мелком масштабе изображения – только объекту. Некоторые свойства объектов, не являясь обычно демаскирующими признаками (например, спектрональные излучения), не только служат носителями для передачи изображений, но при преобразовании в изображения сами становятся дешифровочными признаками.

Качественные признаки служат для сравнения изображений (объектов) по их свойствам (например, есть – нет, больше – меньше, светлее – темнее и т.п.), а количественные, кроме того, численно выражают это сравнение. Прямые признаки являются свойствами дешифрируемого изображения (объекта), которые определяют путем его наблюдения и измерения. Косвенные признаки выражают взаимосвязи дешифрируемого изображения с окружающими. Эти признаки определяют путем изучения взаимосвязей, наблюдения и измерения изображений (объектов) как дешифрируемых, так и окружающих их. В данном случае изображения (объекты), окружающие, дешифрируемые и известные дешифровщику, сами становятся признаками. По достаточному количеству косвенных признаков можно отдешифрировать объект, изображения которого нет на снимке.

Структурная схема дешифровочного процесса

Процесс дешифрирования аэроснимков распадается на последовательные этапы – подготовительный, предварительного камерального дешифрирования аэроснимков, полевых изысканий, окончательной камеральной обработки материалов (рис. 69).

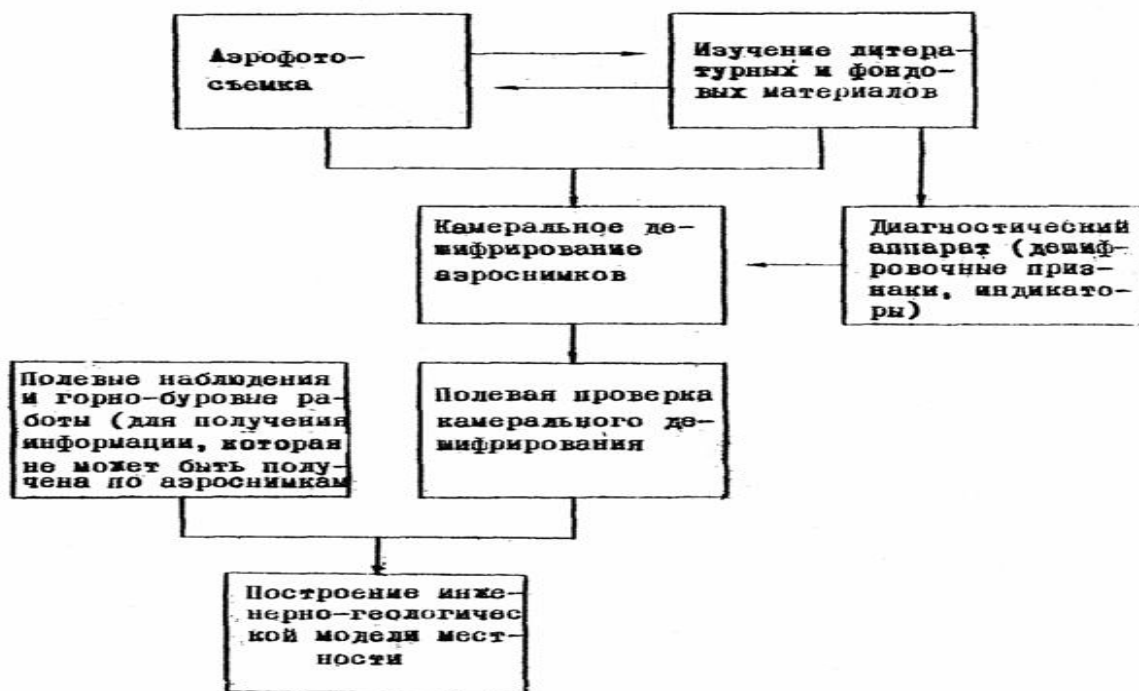


Рис. 69. Структурная схема дешифровочного процесса

Подготовку в дешифрированию начинают с изучения литературных и фондовых материалов и, получения аэроснимков, их трансформации до масштаба, оптимального в данных природных условиях, и изготовления фотосхем. Одновременно с этим производят копирование карт, характеризующих различные элементы инженерно-геологической ситуации, необходимых для дешифрирования аэроснимков и инженерно-геологического районирования территории. Изучение литературных и фондовых материалов дает представление о природных условиях и инженерно-геологическом строении территории изысканий, а также позволяет определить информацию, которая может быть получена по аэроснимкам, и оценить инженерно-геологическую дешифрируемость в данных условиях. По имеющимся данным выявляют индикаторы различных инженерно-геологических условий и дешифровочные признаки, что в совокупности представляет диагностический аппарат, используемый в дальнейшем при дешифрировании аэроснимков. Для удобства их сводят в индикационно-дешифровочные таблицы (рис. 70).

При этих работах целесообразно использовать инженерно-геологические аэрофототеки, в которых хранятся отдешифрованные в натуре эталонные аэроснимки для различных районов.

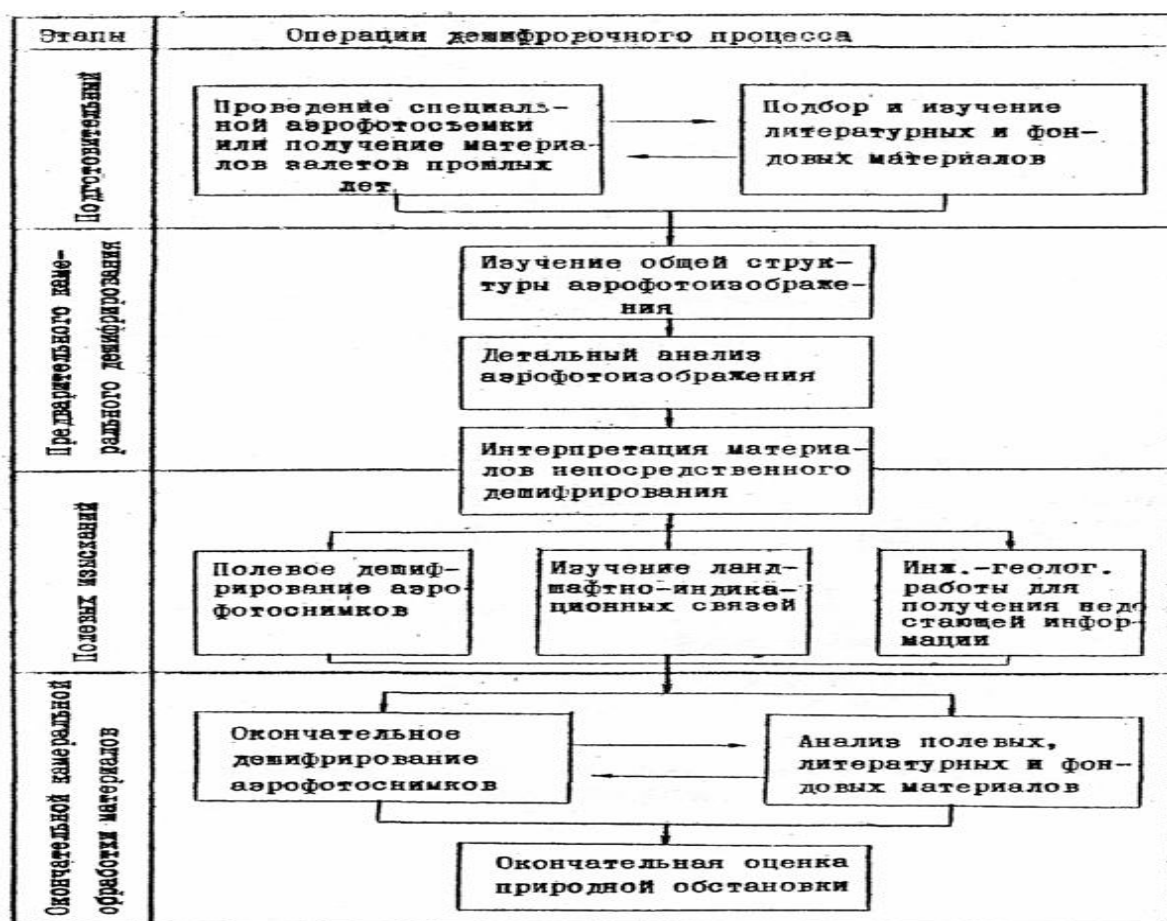


Рис. 70. Индикационно-дешифровочная таблица

Прямые и косвенные дешифровочные признаки

Дешифровочные признаки – это характерные особенности объектов, по которым их удаётся распознать, выделить среди других и интерпретировать. Их подразделяют на прямые и косвенные.

Прямые признаки присущи самим объектам, это конфигурация, размер, цвет, фототон, тень от объекта, структура и текстура изображения.

Косвенные (индикационные) дешифровочные признаки характеризуют объект опосредованно через свойства какого-либо другого объекта, связанного с ним. Например, тектонические разломы и грунтовые воды часто обнаруживают на снимках по приуроченным к ним полосам растительности. В процессе дешифрирования обычно используют заранее подготовленные наборы эталонных признаков.

Прямые и косвенные признаки изображений могут быть первичными и вторичными. Первичные признаки определяют путем наблюдения и измерения изображений, вторичные – путем обработки первичных признаков.

Существуют и другие разновидности признаков, причем с развитием средств получения и обработки изображений их количество увеличивается. Разделение признаков целесообразно учитывать при их систематизации с целью создания банков признаков и формализации операций дешифрирования.

Классификации объектов (изображений) и их признаков не совпадают (один признак может быть присущ многим объектам), но классификация признаков неразрывно связана с классификацией объектов (изображений). Это обстоятельство надо учитывать при систематизации изображений, объектов и признаков.

Признаки объектов называют демаскирующими, а изображений – дешифровочными. Демаскирующие и дешифровочные признаки могут совпадать или различаться. Например, форма может быть присуща объекту и изображению, а при мелком масштабе изображения – только объекту. Некоторые свойства объектов, не являясь обычно демаскирующими признаками (например, спектральные излучения), не только служат носителями для передачи изображений, но при преобразовании в изображения сами становятся дешифровочными признаками.

Качественные признаки служат для сравнения изображений (объектов) по их свойствам (например, есть – нет, больше – меньше, светлее – темнее и т. п.), а количественные, кроме того, численно выражают это сравнение.

С учетом сущности понятия «признак» уточним понятия «объект» и «изображение» в топографическом дешифрировании.

Объект – это единица классифицированного множества объектов местности, состоящая из совокупности демаскирующих признаков.

Изображение – это единица классифицированного множества изображений объектов местности, состоящая из совокупности дешифровочных признаков.

Дешифрирование при помощи эталонов. Классификация эталонов дешифрирования

Перед эталонированием стоит задача отобразить наиболее существенные черты ландшафтно-экологической структуры исследуемой территории. Следует учитывать многоцелевую направленность эталонов: один и тот же образец изображения может использоваться для характеристики как биотических, так и абиотических компонентов ПТК. Применяются следующие взаимно дополняющие формы эталонов.

Элементарные эталоны – вырезки из снимков, характеризующие изображение четко выделяющихся объектов и явлений. Они систематизиру-

ются в виде тематических таблиц и могут располагаться в порядке, отражающем классификационные подразделения структурных единиц ландшафта. Элементарные эталоны оформляются в виде легенды и прикладываются к материалам съемки.

Эталонный профиль представляет собой полоску изображения, на которой отобразилось характерное сочетание сопряженных природных комплексов. Значение эталонов состоит в том, что с их помощью осуществляется камеральное дешифрирование дистанционных изображений новых, не посещенных территорий методом экстраполяции. Достоверность экстраполяции определяется контрольными проверками.

Внутриконтурная экстраполяция применяется в пределах одного контура изображения. Размер ключевого участка меньше площади всего контура. Этот вид экстраполяции применяется для дешифрирования и оконтуривания отдельных ПТК.

Внутри ландшафтная экстраполяция осуществляется путем переноса дешифровочных признаков с изученного контура на контуры однотипных природных комплексов. Для этого выбирается наиболее характерный рисунок какого-либо объекта, в его пределах закладывается ключевой участок и разрабатываются дешифровочные признаки. Ареал экстраполяции ограничивается границами одного ландшафта.

Межландшафтная экстраполяция осуществляется путем выявления однотипных контуров в ландшафтах-аналогах. Ареал экстраполяции связан с рубежами физико-географического районирования. Достоверность экстраполяции тем выше, чем ближе в классификационной системе и в сетке районирования лежат ландшафты-аналоги.

Контрольные вопросы

1. В чём заключается Дешифрирование?
2. Каким может быть дешифрирование по средствам выполнения?
3. Какие существуют признаки Дешифрирования? Приведите примеры.
4. Какие приборы используют для Дешифрирования?
5. Дайте определение элементарным эталонам.

Лекция №8

ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРО-КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И КОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЛАНОВ.

Основные вопросы:

- 1. Задачи и содержание сельскохозяйственного дешифрирования.*
- 2. Требования к качеству результатов дешифрирования. Нормы генерализации. Технология дешифрирования.*
- 3. Контроль и прямка результатов дешифрирования.*

Задачи и содержание сельскохозяйственного дешифрирования.

Важнейшей задачей, которую необходимо, в первую очередь, решать с помощью данных ДЗЗ в аграрном секторе экономики России является инвентаризация сельхозугодий и создание специальных тематических карт. Сельскохозяйственные угодья, брошенные, засоренные, зарастающие (в т.ч. и лесной растительностью) земли хорошо дешифрируются по текстуре изображения. В наличии имеется большой массив архивных снимков, который может оказать существенную помощь. Если, взять, например, снимки Landsat 90-х гг. и провести их сравнение с современными, то несложно выявить земли, пришедшие в негодность и которые невозможно вернуть в оборот без громадных финансовых вложений.

Сельскохозяйственное картографирование с использованием данных ДЗЗ должно обеспечить составление карт 3-х уровней:

- карты административных районов;
- карты отдельных хозяйств;
- карты отдельных угодий (конкретных полей, пастбищ, сенокосов и т.д.)

Технология дешифрирования снимков для задач тематического картографирования с применением программного комплекса ENVI хорошо отработана специалистами компании «Совзонд», поэтому, создание специальных сельскохозяйственных карт, например, на регион средней полосы Европейской части России может занять не более 2 месяцев.

Следующая важная и безусловно перспективная область применения технологии ДЗЗ в аграрной сфере – мониторинг сельскохозяйственных культур.

Типичными задачами здесь являются:

- обеспечение текущего контроля за состоянием посевов сельскохозяйственных культур;
- раннее прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур;

- мониторинг темпов уборки урожая одновременно по территориям крупных регионов;
- определения емкости пастбищ различных типов и продуктивности сенокосов;
- и др.

Эти задачи решаются систематическими повторными съемками, которые обеспечивают наблюдение за динамикой развития сельскохозяйственных культур и прогнозирование урожайности. Используя при дешифрировании различия в спектральных яркостях растительности в течение вегетационного периода и индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) можно по тону изображения полей судить об их агротехническом состоянии и т.д.

Данные ДЗЗ для оперативного реагирования на ситуацию являются незаменимыми. Для этого они должны удовлетворять следующим условиям:

- 1) возможность оперативного получения данных ДЗЗ и их обработки.
- 2) высокое и сверхвысокое разрешение для повышения точности определения биофизических параметров растительного покрова.
- 3) наличие мультиспектрального режима для возможности использования при дешифрировании различия в спектральной яркости.
- 4) достаточно частая периодичность съемки.

Дешифровщик непременно должен знать конкретные (географические, геологические и др.) особенности территории и понимать природу самого дешифрируемого объекта. Результаты представляют в цифровой форме или оформляют их в виде дешифровочных схем, по которым затем составляют, уточняют, обновляют карты.

Современное автоматизированное дешифрирование предусматривает применение специальных фотограмметрических электронно-оптических приборов, компьютеров, программных и информационных средств. Автоматизация охватывает весь цикл работы, включая предварительную коррекцию снимков, выделение, распознавание и цифрование объектов, рисовку карт и их вывод на экран или на печатающее устройство.

Существуют и другие разновидности признаков, причем с развитием средств получения и обработки изображений их количество увеличивается. Разделение признаков целесообразно учитывать при их систематизации с целью создания банков признаков и формализации операций дешифрирования.

Требования к качеству результатов дешифрирования. Нормы генерализации. Технология дешифрирования

Генерализация – обобщение географических изображений мелких масштабов относительно более крупных, осуществляемая в связи с назна-

чением, тематикой, изученностью объекта или техническими условиями получения самого изображения.

Норма генерализации – это показатель, определяющий принятую степень отбора, среднее на единицу площади значение объектов, сохраняемых при генерализации. Нормы генерализации регулируют нагрузку карты.

Технология обновления на основе визуального дешифрирования должна обеспечивать следующую совокупность функций:

1) экспорт/импорт цифровой картографической информации и цифровых изображений местности;

2) дешифрирование космических фотоснимков с соблюдением оптимальных условий их обработки:

– подготовка исходных материалов для идентификации элементов местности на увеличенных позитивах (на пленке);

– оценка разрешения снимков до и после первичной обработки;

– определение прямых и косвенных дешифровочных признаков, а также использование фотообразов типовых элементов местности и справочных материалов;

3) оценку точности, категории сложности и полноты содержания карт и снимков;

4) оцифровку космических снимков и результатов дешифрирования;

5) трансформирование (ортотрансформирование) цифровых космических снимков;

6) подготовку статистических и иных характеристик информационных признаков элементов местности;

7) редактирование элементов содержания цифровой карты по результатам дешифрирования снимков;

8) формирование обновленной цифровой топографической карты;

9) оформление цифровой топографической или тематической карты для пользователя совместно со снимком – создание композитной цифровой фототопографической карты.

Для получения аэроснимков с наилучшими для данного вида дешифрирования (аэроснимков) информационными возможностями определяющее значение имеют учёт при аэрофотографировании природных условий (облика ландшафтов, освещённости местности), размерности и отражательной способности объектов, выбор масштаба, технических средств (тип аэроплёнки и аэрофотоаппарата) и режимов аэросъёмки (лётносъёмочные и фотолабораторные работы).

Требования к точности дешифрирования:

1. Наиболее высокая точность необходима при определении границ землепользования и капитальных сооружений. Погрешность во взаимном положении близлежащих контурных точек таких объектов не должна пре-

вышать 0,4 мм в масштабе кадастрового плана, а погрешность положения относительно пунктов съёмочного геодезического обоснования не должна быть более 0,3 мм.

2. Погрешность опознавания и вычерчивания границ контуров и объектов, которые отчетливо изобразились на аэрофотоснимке, относительно видимой фотолинии не должна превышать 0,2 мм.

3. Расхождения между двумя определениями границ контуров и объектов, имеющих в натуре отчетливые границы, но не изобразившиеся на аэрофотоснимке, не должны быть более 0,3 мм.

4. Погрешность установления границы контуров, не имеющих в натуре отчетливых границ (сенокос, пастбище и др.), не должна превышать 1,5 мм.

5. При дешифрировании криволинейных границ разрешается их «спрямление» в том случае, если длина перпендикуляра, опущенного из точки, расположенной между двух других точек, на линию, соединяющую эти две точки, не превышает 0,5 мм.

6. Выступы капитальных сооружений отображают в том случае, если они более 0,5 мм в масштабе кадастрового плана.

7. Контурные с неопределенными (размытыми) границами (кустарник, редкий лес, камыши и др.) дешифрируют приблизительно.

8. Объекты местности (кроме капитальных сооружений), имеющие площадь менее 20 мм² в масштабе плана, не дешифрируют.

9. Линейные объекты, если их ширина выражается в масштабе кадастрового плана, дешифрируют по факту использования с учетом насыпи, выемки, водоотводной канавы, полосы отвода и т.д. Кроме этого обязательно указывают все необходимые пояснительные надписи. Если ширина линейного объекта не выражается в масштабе кадастрового плана, то этот объект отображают в соответствии с «условными знаками» с обязательным указанием ширины и других необходимых характеристик.

10. Требования к точности более подробно изложены в «Инструкции по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах 1:10000–1:25000 для целей землеустройства, государственного учета земель и земельного кадастра» (Москва, 1978 г.) и «Инструкции по топографическим съемкам в масштабах 1:5 000–1:500» (Москва, 1982 г.).

11. Всю информацию, полученную в процессе дешифрирования, отображают на увеличенном аэрофотоснимке соответствующими условными знаками и пояснительными надписями. При выполнении работ по кадастровому картографированию и геодезической привязке аэрофотоснимков обязательно ведут «Журнал полевого дешифрирования» в соответствии с требованием «Инструкции по топографическим съемкам масштабов 1:500–1:5000, приложение № 5». Все полевые материалы подлежат заверению подписью и печатью представителей администрации городского (районного) земель-

ного комитета и других уполномоченных и заинтересованных лиц и организаций.

12. После завершения полевых работ по кадастровому дешифрированию и геодезической привязке аэрофотоснимков выполняют полевой контроль и приемку материалов полевых работ. Полевой приемке и контролю подлежат не менее 15 % от всего объема работ.

Контроль и приемка результатов дешифрирования

1.1. Настоящая инструкция устанавливает порядок

– технического контроля инженерно-геодезических и топографических работ в полевых и других производственных подразделениях института инспектирующими лицами или руководителями этих подразделений;

– технической приемки завершенных работ и материалов от исполнителей и производственных подразделений руководителями работ, ответственными лицами или техническими комиссиями;

– контрольного обследования производственных подразделений представителями производственных или технического отделов института и его филиалов.

1.2. Технический контроль и приемка топографо-геодезических работ имеет целью:

– обеспечение проектов сооружений качественными топографо-геодезическими материалами в соответствии с техническим заданием или программой работ и в установленные сроки;

– улучшение организации производства топографо-геодезических работ, рациональную расстановку инженерно-технических кадров, эффективное использование имеющегося оборудования и инструментов и успешное выполнение производственных планов;

– повышение качества работ на всех стадиях производства и своевременное предупреждение брака в работе;

– определение степени готовности продукции для последующей обработки или окончательного выпуска.

1.3. Контроль производится техническим персоналом и средствами обследуемого Подразделения при участии и под наблюдением инспектирующего лица или непосредственно инспектирующим лицом.

1.4. Инспектирующие лица независимы в даваемой ими оценке контролируемой или принимаемой работы и несут ответственность за результаты проверок и за оценку качества принятых работ.

1.5. Контроль и приемка исполненных работ производится в соответствии с примерной программой, приложенной к настоящей инструкции. Формы актов контроля и приемки по различным видам должны отражать специфику выполненных работ.

1.6. Выпуск рабочих копий съемочных планшетов и других материалов для передачи заказчику или для проектирования производится только после технической приемки этих работ от исполнителей.

2. Контроль полевых работ

2.1. Технический контроль полевых топографо-геодезических работ должен производиться систематически на протяжении всего периода изысканий на объекте и охватывать весь процесс работ в стадии его организации, производства и завершения.

2.2. Инспектирующие лица при производстве контрольных проверок и обследований руководствуются общеобязательными техническими инструкциями и наставлениями по производству топографо-геодезических работ, инструкцией о государственном геодезическом надзоре, а также ведомственными инструкциями и указаниями Госстроя СССР и Министерства транспортного строительства.

2.3. Контроль работ должен сопровождаться инструктажами, в необходимых случаях, показом правильных приемов работ, проверок состояния инструментов, записи наблюдений, оформления полевых журналов и ведомостей вычислений.

2.4. Работа каждого исполнителя, отряда, партии или экспедиции контролируется по всем видам инженерно-геодезических изысканий:

а) начальником партии, старшим инженером партии или начальником отряда не реже одного раза в месяц;

б) главным /старшим/ геодезистом или главным инженером экспедиции – не реже двух раз в полевой сезон.

Работа каждой партии или отряда контролируется главным инженером или главным геодезистом экспедиции по завершению отдельных этапов работ, но не реже одного раза в квартал. План-график проверок на предстоящий год утверждается начальником отдела.

На небольших объектах с продолжительностью работ менее месяца полевой контроль может совмещаться с технической приемкой законченных работ.

2.5. В полевые журналы, ведомости вычислений и в «Книгу указаний и предложений контролирующих лиц», которая должна быть в каждом отряде или партии, заносятся:

время и способ проверки, результаты контроля, состояние журналов и записей в них, состояние инструментов, планшетов и других камеральных материалов, а также указание по устранению обнаруженных недостатков, рекомендации по производству работ и другие записи.

2.6. При составлении акта проверки руководствуются примерной программой технического контроля полевых геодезических работ, приведенной в приложении 1 к настоящей инструкции и формой акта по приложению 4.

Акт проверки составляется в двух экземплярах:

Экземпляр № 1 – для контролирующей Службы дородного отдела института /филиала/; Экземпляр № 2 – для контролируемого подразделения.

При контроле работ, зарегистрированных в органах госгеонадзора составляется третий экземпляр акта, направляемый в соответствующую территориальную инспекцию госгеонадзора.

2.7. В необходимых случаях для контроля работ могут привлекаться квалифицированные исполнители полевых и камеральных подразделений.

2.8. При контроле работ устанавливается:

а) заданный план работ в физических объемах и сметной стоимости, выполнение плана на момент обследования, соответствие выполненных работ техническому заданию и установленному графику, наличие программы или технического проекта работ;

б) наличие разрешений на право производства работ и соответствие объемов, содержания, назначения и места выполненных работ выданному разрешению;

в) правильность организации работ и применяемой методики, внедрение новой техники;

г) соблюдение технических допусков и качество выполненных работ;

д) правильность оформления полевой документации и камеральных материалов;

е) состояние и хранение геодезических инструментов;

ж) обеспеченность кадрами, помещениями, транспортом, материалами и оборудованием;

з) выполнение указаний предыдущих инспекций.

2.9. Контроль работ, как правило, должен включать полевую проверку отдельных видов выполненных работ. Полевая проверка может не выполняться в том случае, если данные измерений содержат исчерпывающий внутренний контроль или могут быть проконтролированы последующими действиями, предусмотренными технологической схемой работ.

Полевая проверка топографических съемок производится во всех случаях.

2.10. При контроле экспедиций, партий и отрядов полевая проверка выполняется в выборочном порядке по усмотрению инспектирующих лиц. Проверкой устанавливается точность исполняемых работ и их соответствие техническим требованиям.

Закрепленные на долговременную сохранность знаки осматриваются, а в отдельных случаях вскрываются с целью проверки соблюдения технических требований при их закладке.

Акты контрольных проверок должны содержать выводы и предложения, в которых указываются необходимые мероприятия по устранению обнаруженных недостатков.

2.11. Состояние учета, хранения и использования инженерно-геодезических, картографических и аэрофотосъемочных материалов освещается в необходимых случаях в специальных актах.

2.12. Все указания инспектирующих лиц и особенно об исправлении обнаруженных в работе недостатков и об устранении брака являются обязательными для всех контролируемых подразделений.

2.13. Руководство проверяемого подразделения имеет право опротестовать выводы и предложения инспектирующих лиц, изложив свое особое мнение при подписании акта. В этом случае предложения акта становятся обязательными лишь после утверждения его вышестоящей инстанцией.

Контрольные вопросы

1. Что является важнейшей задачей, которую необходимо решать с помощью данных ДЗЗ?

2. Какой применяется программный комплекс в технологии дешифрирования снимков для задач тематического картографирования?

3. Каким условиям должны удовлетворять данные ДЗЗ для оперативно-го реагирования на ситуацию ?

4. Дайте определение Генерализации.

5. Дайте определение Норме генерализации.

Лекция №9

ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРО- И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ

Основные вопросы:

- 1. Задачи и содержание земельно-кадастрового дешифрирования. Требования к качеству используемых снимков.*
- 2. Подготовительные работы и технология дешифрирования снимков при кадастровых работах.*
- 3. Особенности применения дешифрированных признаков, объектов и критериев оценки качества при дешифрировании застроенных территорий.*
- 4. Дешифрирование. Контроль и приемка результатов дешифрирования.*

Задачи и содержание земельно-кадастрового дешифрирования.

Результаты, получаемые в процессе дешифрирования снимков используются для создания базовых планов состояния и использования земель, информационных земельно-кадастровых баз данных и геоинформационных систем (ГИС). Планово-картографические материалы и информационные базы данных, хранящиеся на бумажной основе или на магнитных носителях, являются основой для ведения Государственного земельного кадастра. Содержащиеся в них сведения используют при регистрации прав собственности, организации постоянного контроля за использованием земель, налогообложении и т.п. Наибольшее внимание Федеральная землеустроительная служба и местная администрация уделяют территориям городов, поселков городского типа и сельским поселениям.

В границах сельских поселений и городов подлежат дешифрированию следующие земельные участки:

- жилой застройки;
- общественной застройки;
- земли общественного пользования;
- под промышленной, коммунальной и складской застройкой;
- транспорта, связи, инженерных коммуникаций;
- природно-заповедного, природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- водного фонда;
- с/х назначения;
- военных объектов, режимных зон и иные земли;
- прочие земли.

При выполнении работ по дешифрированию руководствуются инструкциями и наставлениями, принятыми в производстве, а также техническим заданием, определяющим требования к содержанию и объему полу-

чаемой информации. Дешифрирование выполняют полевым или комбинированным способом на увеличенных фотоизображениях. Масштаб увеличенных снимков (или их фрагментов) соответствует масштабу создаваемого кадастрового плана. Для сельских поселений используют масштаб 1:1000–1:2000, для городов – 1:500–1:1000.

Задачи Кадастрового дешифрирования:

1) наиболее высокая точность необходима при определении границ землепользования и капитальных сооружений. Погрешность во взаимном положении близлежащих контурных точек таких объектов не должна превышать 0,4 мм в масштабе кадастрового плана, а погрешность положения относительно пунктов съемочного геодезического обоснования не должна быть более 0,3 мм;

2) погрешность опознавания и вычерчивания границ контуров и объектов, которые отчетливо изобразились на аэрофотоснимке, относительно видимой фотополосы не должна превышать 0,2 мм;

3) Расхождения между двумя определениями границ контуров и объектов, имеющих в натуре отчетливые границы, но не изобразившиеся на аэрофотоснимке, не должны быть более 0,3 мм;

4) погрешность установления границы контуров, не имеющих в натуре отчетливых границ (сенокос, пастбище и др.), не должна превышать 1,5 мм;

5) при дешифрировании криволинейных границ разрешается их «спрямление» в том случае, если длина перпендикуляра, опущенного из точки, расположенной между двух других точек, на линию, соединяющую эти две точки, не превышает 0,5 мм;

6) выступы капитальных сооружений отображают в том случае, если они более 0,5 мм в масштабе кадастрового плана;

7) контуры с неопределенными (размытыми) границами (кустарник, редкий лес, камыши и др.) дешифрируют приблизительно;

8) объекты местности (кроме капитальных сооружений), имеющие площадь менее 20 мм² в масштабе плана, не дешифрируют;

9) линейные объекты, если их ширина выражается в масштабе кадастрового плана, дешифрируют по факту использования с учетом насыпи, выемки, водоотводной канавы, полосы отвода и т.д. Кроме этого обязательно указывают все необходимые пояснительные надписи. Если ширина линейного объекта не выражается в масштабе кадастрового плана, то этот объект отображают в соответствии с «условными знаками» с обязательным указанием ширины и других необходимых характеристик;

10) требования к точности более подробно изложены в «Инструкции по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах 1:10000–1:25000 для целей землеустройства, государственного учета зе-

мель и земельного кадастра» (Москва, 1978 г.) и «Инструкции по топографическим съемкам в масштабах 1:5 000–1:500» (Москва, 1982 г.);

11) всю информацию, полученную в процессе дешифрирования, отображают на увеличенном аэрофотоснимке соответствующими условными знаками и пояснительными надписями. При выполнении работ по кадастровому картографированию и геодезической привязке аэрофотоснимков обязательно ведут «Журнал полевого дешифрирования» в соответствии с требованием «Инструкции по топографическим съемкам масштабов 1:500–1:5000, приложение № 5». Все полевые материалы подлежат заверению подписью и печатью представителей администрации городского (районного) земельного комитета и других уполномоченных и заинтересованных лиц и организаций;

12) после завершения полевых работ по кадастровому дешифрированию и геодезической привязке аэрофотоснимков выполняют полевой контроль и приемку материалов полевых работ. Полевой приемке и контролю подлежит не менее 15 % от всего объема работ.

Заключается в выявлении и распознавании заснятых объектов, установлении их качественных и количественных характеристик, а также регистрации результатов в графической (условными знаками), цифровой и текстовой формах.

Подготовительные работы при дешифрировании снимков

Дешифрирование снимков для целей кадастра и инвентаризации земель имеет свои отличительные особенности, обусловленные спецификой определяемой информации. Поэтому подготовительные работы – наиболее ответственный этап в технологическом комплексе работ. Просчеты, допущенные на этом этапе, могут привести к увеличению материальных и трудовых затрат, сроков выполнения работ и в итоге к увеличению стоимости конечной продукции

На подготовительном этапе выполняют следующие виды работ:

– подбирают увеличенные снимки или их фрагменты на участки изучаемой территории;

– отграничивают рабочие площади на отобранных снимках;

– подбирают топографические материалы на участки работ: топографические планы (фотопланы) крупных масштабов $1 \text{ м} = 1:500 \dots 1:5000$, топографические карты масштаба 1:10000, 1:25000 и мельче, копии районных карт масштаба 1:50000 с нанесенными кадастровыми номерами, специальные карты и планы (почвенные, геоботанические, лесные и т.п.);

– получают копии генеральных планов и другой градостроительной документации, перспективные планы развития и правила застройки городов и поселений;

– собирают материалы (копии) предыдущих инвентаризаций, документы и материалы по отводу земельных участков, выносу в натуру, установлению и восстановлению границ землевладений, землепользований и поселений;

– получают материалы обследований индивидуальных земельных участков и построек, выполненных бюро технической инвентаризации (БТИ), и материалы исполнительной съемки, в которых отражены сведения о землевладельцах, землепользователях;

– получают сведения о наличии зон ограничения и обременения по данным организаций, в ведении которых находятся линии электропередач, связи, трубопроводы коммунальные сети и т.п.;

– составляют списки землепользователей (физических и юридических лиц);

– собирают на каждое поселение сведения о распределении земель по целевому назначению, оформляют в виде таблиц и заверяют подписью и печатью председателя райкомзема и местной администрации;

– проводят по данным районной землеустроительной службы разделение объекта на кадастровые зоны, массивы и кварталы;

– согласуют существующие и проектные границы поселений в архитектурно-планировочных управлениях (отделах).

Технология дешифрирования снимков при кадастровых работах

Технология дешифрирования снимков при кадастровых работах и инвентаризации земель состоит из двух этапов: камеральной подготовки и полевого обследования территории.

На первом этапе, используя материалы подготовки, дешифрируют все объекты, подлежащие отображению на базовом плане. При этом наносят границы тех объектов, дешифрирование которых не вызывает сомнения, а также границы поселений, кадастровых зон, массивов, кварталов.

На втором полевом этапе опознают объекты, достоверность дешифрирования которых в камеральных условиях была низкой, а также обследуют все камеральные дешифрированные иные объекты. Выполняют досъемку не изобразившихся объектов. Комбинированный способ позволяет уменьшить объемы чертежных работ в полевых условиях, сократить время полевых работ при одновременном повышении достоверности, полноты и точности результатов дешифрирования. Полевой этап дешифрирования выполняют опытные специалисты с участием представителей местных администраций или рай(гор)комземов, дешифрирование административных границ поселений выполняют аналогично. На увеличенных снимках (фрагментах) по согласованным на этапе подготовке материалам накалывают и обозначают поворотные точки границ поселений и границ кадастровых зон, массивов, кварталов. Их нанесение уточняют в полевых усло-

виях в присутствии представителя администрации. В случае согласованного изменения границы ее новое положение вычерчивают сплошной линией (красного цвета), а старую границу аккуратно зачеркивают и делают пояснительную запись в журнале полевого дешифрирования. Достоверность установления и нанесения границ подтверждают на каждом дешифрованном снимке (фрагменте) подписями и печатями представителей администрации, председателя рай(гор)комзема или главного архитектора района (города).

Особенности применения дешифрованных признаков, объектов и критериев оценки качества при дешифрировании застроенных территорий

На застроенные территории следует выполнять сплошную плановую подготовку аэрофотоснимков, имея в виду максимальное использование ранее исполненных геодезических сетей и закоординированных твердых контуров.

Определение плановых топонимов проектируется в дополнение к имеющимся на местности пунктам геодезической сети с целью обеспечения необходимым плановым обоснованием каждой секции фотограмметрической сети.

Проектируемые плановые топонимы должны по возможности совмещаться с реперами нивелирования.

На участках съемки, протяженность которых в направлении маршрутов аэрофотосъемки составляет 160–200 см в масштабе создаваемого плана.

На участках меньшей длины каждая секция обеспечивается на концах парами опорных точек, расположенных по разные стороны от оси маршрута. Расстояния между опорными точками в направлении маршрута могут составлять 80 – 100 см в масштабе плана.

Начало и конец каждого маршрута аэрофотосъемки должны быть обеспечены двумя плановыми опорными точками, одна из которых должна находиться за границей участка съемки. Границы, совпадающие с направлением маршрутов аэрофотосъемки, обеспечиваются дополнительными плановыми точками посередине (через 40–50 см), если число маршрутов на участке больше трех.

При уравнивании сетей плановой аналитической фототриангуляции по блокам опорные плановые точки располагаются по периметру и в середине блока.

Количество маршрутов в блоке и стереопар в маршруте зависит от применяемой программы пространственного фототриангулирования, соотношения масштабов аэрофотосъемки и плана, конфигурации участка.

По свободным границам участка опорные плановые точки располагаются не реже чем через 4–5 базисов фотографирования.

Блоки проектируются с таким расчетом, чтобы в их пределах в аэрофотосъемке отсутствовали физические разрывы, стыки маршрутов и значительные водные пространства.

Для контроля фотограмметрического сгущения в каждом блоке, состоящем из 4–6 трапеций создаваемого плана, определяются 1–2 контрольные плановые точки. Контрольными точками могут служить также опознанные точки геодезического обоснования (пункты триангуляции и полигонометрии).

Точки съемочного обоснования в районах с большим количеством четких контуров намечают на естественных контурах с учетом наиболее простого их геодезического определения.

Дешифрирования. Контроль и приемка результатов дешифрирования

Топографическая съемка на фотопланах и графических планах (комбинированная съемка) выполняется при невозможности фотограмметрического определения с требуемой точностью высот точек земной поверхности из-за влияния растительного покрова или когда применение стереотопографической съемки нецелесообразно по техническим или организационным причинам.

При комбинированной съемке на фотопланах (графических планах) непосредственно в поле определяются высоты точек, рельеф местности отображается горизонталями и условными знаками, дешифрируются контуры и наносятся объекты, не изобразившиеся на аэрофотоснимках.

При комбинированной съемке высотное обоснование, необходимое для съемки рельефа местности, развивается проложением основных и съемочных высотных ходов.

При отсутствии возможности опознавания их плановое положение определяется в процессе съемки графическими прямыми и обратными засечками по пунктам геодезической сети или опознаваемы четким контурам методом створов или другим способом. С этой целью на местности, лишенной четких контуров (степь, сплошные массивы пашни и т.д.), развивается редкая геометрическая сеть.

При съемках с сечением рельефа 0,25; 0,5 и 1 м основные высотные ходы прокладываются техническим нивелированием согласно указаниям п.п. 9.7.1 – 9.7.7 данной Инструкции.

При съемках с сечением рельефа 2 и 5 м в равнинно-пересеченной и горной местности основные ходы допускается прокладывать способом тригонометрического нивелирования теодолитом, кипрегелем, номограммным кипрегелем.

При измерении расстояний от приборов до рейки нитяным дальномером длина сторон высотных ходов должна быть не более 250 м.

При съемке с сечением рельефа через 0,25; 0,5 и 1 м съемочные ходы прокладываются методом геометрического нивелирования нивелиром или кипрегелем с уровнем на трубе.

При съемке с сечением рельефа через 2 и 5 м съемочные ходы могут прокладываться методом тригонометрического нивелирования согласно указаниям п. п. 9.8.1–9.8.7.

Контрольные вопросы

1. Для чего используют результаты, получаемые в процессе дешифрирования снимков ?
2. Из скольких этапов состоит технология дешифрирования снимков при кадастровых работах и инвентаризации земель? Опишите их.
3. Какие земельные участки в границах сельских поселений и городов подлежат дешифрированию?
4. Чем руководствуются при выполнении работ по дешифрированию снимков?
5. Чему должен соответствовать масштаб увеличенных снимков (или фрагментов) при выполнении дешифрирования ?

Лекция №10

ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ И КАРТОГРАФИРОВАНИИ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Основные вопросы:

1. Понятие о почвенном картографировании с использованием аэро- и космических снимков.
2. Дистанционные наблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур.
3. Дистанционные поиски грунтовых вод.
4. Использование материалов аэро- и космических съёмок при создании геоинформационных систем.

Понятие о почвенном картографировании с использованием аэро- и космических снимков

В зависимости от цели почвенное дешифрирование можно разделить на два основных направления:

Почвенно-картографическое, заключающееся в определении по снимкам или с их помощью типов почв и границ их простираения в целях составления специальных карт;

Почвенно-исследовательское, суть которого в изучении происходящих в почвенном покрове динамических процессов.

В землеустроительной практике используют в основном крупномасштабные почвенные карты. С их помощью определяют возможные для конкретных условий севообороты, обеспечивают почвенную однородность проектируемых полей и др.

Рельеф – один из важнейших почвообразующих факторов. Изменение крутизны ската и его экспозиции, понижения и возвышения на плоских участках влечет за собой определенное изменение характеристик почвы. Сведения о рельефе с не меньшей полнотой, чем при натурных обследованиях, могут быть получены по стереоскопической модели местности.

Растительность – также важный почвообразующий фактор. При почвенном дешифрировании растительность имеет двоякое значение. Она, закрывая земную поверхность, мешает непосредственному изучению почв по фотоизображению и одновременно способствует выполнению этого процесса, будучи тесно связанной с почвами и являясь их индикатором.

Открытые выходы почвообразующих пород на земную поверхность встречаются очень редко. Поэтому о *геологическом строении* исследуемой территории обычно судят по косвенным признакам и главным образом по рельефу.

Результаты хозяйственной деятельности человека могут иметь вспомогательное значение при почвенном дешифрировании. При этом используют приуроченность сельскохозяйственных угодий к определенным поч-

венным условиям, наличие оросительных и осушительных систем, противоэрозионных средств и др.

Текстура фотоизображения обнаруженных участков отражает:

- следы их обработки (вспашка, боронование и др.);
- различие свойств небольших по площади, более или менее однородных по форме, компонентов комплексных почв;
- результаты эрозионных процессов;
- выход солей;
- результаты деятельности животных (сурков, кротов и др.).

Размеры и форма почвенных контуров зависят в основном от рельефа картографируемой территории и не являются достаточно надежными признаками.

Технология почвенного дешифрирования определяется сложностью картографируемой территории в почвенном отношении, степенью ее специальной изученности, информативностью конкретных материалов фотосъемки, масштабом картографирования и, в известной степени, опытом исполнителей.

Дистанционные наблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур

По прямым дешифровочным признакам большинство сельскохозяйственных культур, особенно близкие по структурным характеристикам, даже на крупномасштабных ахроматических аэроснимках опознаются неуверенно. Одна из важнейших задач дистанционного изучения сельскохозяйственных культур, особенно зерновых, – прогнозирование их урожайности двумя основными вариантами.

В первом варианте, наиболее простом и быстром, прогнозирование основано на одноразовом дистанционном изучении состояния посевов определяют высоту и плотность стеблестоя, т.е. объем биомассы.

Основа второго варианта – математическое моделирование процесса развития культур.

В моделях учитывают все основные факторы, формирующие урожай: почвы и их состояние, динамика погоды и период вегетации, фактическое состояние посевов при прохождении основных вегетационных стадий.

Дистанционные поиски грунтовых вод

Поиски пресных и слабоминерализованных грунтовых вод имеют огромное значение в сельскохозяйственном производстве, особенно в водобеспечении скота в южных районах отгонного животноводства.

Гидрогеологическое дешифрирование аэро- и космических снимков с целью обнаружения грунтовых вод, определения глубины их залегания, степени минерализации и территориального расположения. Используют

два варианта гидрогеологического дешифрирования: индикационный и ландшафтный. В первом варианте поиск ведут с использованием внешних признаков наличия грунтовых вод- определенных видов растений и их сообществ, типов почв некоторых геоморфологических образований, например суффозных воронок.

Оптимальным сезоном аэрофотосъемки для гидрогеологических изысканий является- весна, начало лета. Примерная технология работ: изучение индикаторов и их дешифровочных признаков на ключевых участках, предварительное камеральное дешифрирование снимков, полевой контроль и уточнение результатов дешифрирования.

В качестве перспективных способов гидрогеологических изысканий может служить радиолокационное глубинное зондирование, выполняемое параллельно с обычной аэрофотосъемкой. Материалы аэрофотосъемки, в частности фотосхемы, служат для привязки данных радиозондирования и изготовления гидрогеологической фотокарты.

Использование материалов аэро- и космических съёмок при создании геоинформационных систем

В различных областях человеческой деятельности стремительно развиваются информационные технологии. В общем понимании информационная технология включает теорию, методы средства, системы, направленные на сбор, обработку и использование информации. Существуют специализированные пространственные информационные системы для работы с информацией об объектах, явлениях, и процессах, имеющих определенное место в координатном пространстве. Такие системы принадлежат к классу географических информационных систем, обозначаемых сокращенно ГИС.

ГИСы имеют различную организацию, поэтому круг и сложность решаемых задач также широки и разнообразны.

Любая геоинформационная система состоит из пяти основных компонентов:

- Аппаратные средства(Hardware).
- Программное обеспечение(Software).
- Данные(Data).
- Исполнители.
- Методы.

Аппаратные средства представляют собой различные типы компьютеров.

Программное обеспечение ГИС позволяет выполнить различные операции по вводу, хранению, анализу и визуализации пространственной информации.

Данные, хранящиеся в информационной базе, являются наиболее важным компонентом ГИС. Прежде всего это планово-картографическая основа, получаемая пользователем с помощью программного обеспечения самой ГИС или приобретенная у других производителей данной продукции.

Исполнители, работающие с программными средствами ГИС, разрабатывают стратегию оптимального использования возможностей системы при реализации поставленной задачи.

Методы представляют собой сочетание оптимального составленного плана работы, соответствующего специфике конкретной решаемой задачи и возможностям геоинформационной системы.

Выбор метода, строгость его организации и исполнения определяют успех и эффективность применения ГИС.

ГИС могут быть специального назначения для решения довольно узкого тематического круга задач или многофункциональные, применяемые для сбора, анализа информации и составления оптимальных проектов широкого спектра человеческой деятельности.

Контрольные вопросы

1. На какие направления в зависимости от цели можно разделить почвенное дешифрирование?
2. Дайте определение рельефу.
3. Дайте определение растительности.
4. По каким признакам судят о геологическом строении исследуемой территории?
5. Какая важнейших задача дистанционного изучения сельскохозяйственных культур?
6. Из каких основных элементов состоит любая геоинформационная система?

Лекция №11

МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

Основные вопросы:

- 1. Характеристика подсистем мониторинга земель дистанционными методами.*
- 2. Общие вопросы технологии мониторинга земель дистанционными методами.*
- 3. Экологический мониторинг земель.*

Характеристика подсистем мониторинга земель дистанционными методами

В систему мониторинга земель входят неземная, авиационная и космическая подсистема.

Космическую подсистему используют для федерального и регионального мониторинга земель на территориях площадью 1 тыс.кв.м и более. Состоит она:

- из космических летательных аппаратов;
- бортовой аппаратуры дистанционного зондирования;
- средств передачи информации, получаемой при зондировании;
- средств приёма, регистрации и хранения информации на специальных пунктах, расположенных на Земле;
- технических и программных средств отраслевой и межотраслевой обработки получаемой информации.

В космической подсистеме используют КЛА, съемочные и технические средства, разрабатываемые специально для решения задач государственного мониторинга земель и экологического мониторинга территорий. Также можно использовать спутники и бортовую аппаратуру, принадлежащие другим ведомствам. Для обеспечения комплексного многоцелевого мониторинга земель на борту космического аппарата устанавливают несколько съёмочных систем, работающих в различных спектральных зонах: фотоаппаратура, многозональные сканеры (рис. 71), радиолокаторы (рис. 72) и другие.



Рис. 71. Многозональные сканеры

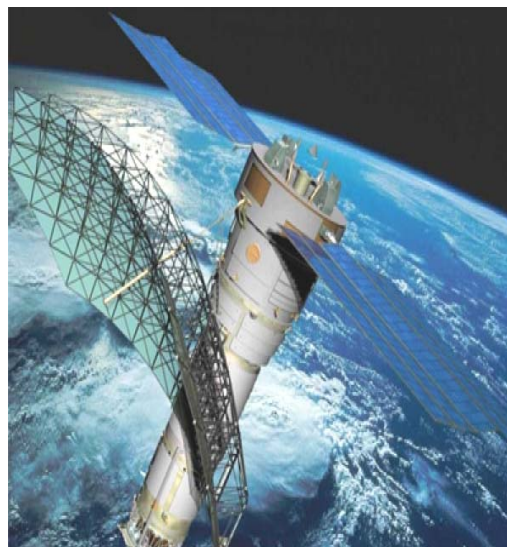


Рис. 72. Радиолокатор

Для реализации космического мониторинга земель разрабатывают комплексный план космических съёмок, включающий следующие сведения: тип используемого космического летательного аппарата; типы съёмочных систем, требуемая периодичность съёмок; объекты съёмки с указанием географических координат границ. План космических съёмок (рис. 73) формируется на основе заявок, поступающих от фирм и организаций, осуществляющих мониторинг земель.



Рис. 73. План космических съёмок

Для проведения анализа многолетних изменений категории земель и экологических систем существуют отечественные и зарубежные архивные фонды материалов космических съёмки. В Российских фондах содержатся снимки, полученные с космических аппаратов серии «РЕСУРС-Ф», «ОКЕАН-О», «АЛМАЗ», станции «МИР» и др.

Авиационную подсистему используют для проведения мониторинга на региональном и локальном уровнях.

Съёмки проводят с высотных, средневысотных и низколетающих воздушных аппаратов. Они оборудованы комплексами автоматического самолетоуправления, использующими для навигации данные GPS-аппаратуры. Самолёты подобного класса представляют собой летающие лаборатории с комплексом различной аппаратуры дистанционного зондирования.

В *подсистему наземных работ* входят:

Обеспечение дистанционного мониторинга земель опорной информацией для организации баз данных, используемой при обучении интерпретационных систем. Оценка дешифрирования материалов аэро- и космических съёмки.

Данные подсистемы наземных наблюдений представляют в виде текстовых описаний, таблиц, гистограмм, картографической продукции и т.п. Наиболее существенная часть анализа результатов наземных наблюдений – прогнозирование проявления форм и динамики развития контролируемых объектов и явлений, определение взаимосвязей между параметрами исследуемых объектов и их изображениями или результатами измерений излучений, характеризующих свойства этих объектов.

Общие вопросы технологии мониторинга земель дистанционными методами

Методика мониторинга земель может быть представлена в виде определенных последовательных действий, отвечающих смыслу понятия «мониторинг», – периодическое, с некоторым временным интервалом, получение информации об изучаемом объекте или явлении, анализ и прогнозирование его развития. Полученные данные учитывают при разработке управленческих и технических мероприятий.

Проведение мониторинга земель включает несколько укрупненных процессов, обеспечивающих получение необходимой информации: разработка общей стратегии исследования; сбор фондового материала; выбор программного и технического комплекса; получение периодических материалов дистанционного зондирования; сравнение, анализ и прогнозирование изучаемых объектов и явлений.

Разработка общей стратегии исследования является *подготовительным этапом* мониторинга земель. На район изучения подбирают все фондовые материалы, включая материалы аэро- и космических съемок прошлых лет, планово- картографический материал, результаты различных обследований территории, статистический материал и т.п.

Задачи, решаемые при мониторинге земель, относятся к разряду создания различных тематических информационных слоёв, т.е. к созданию информационной земельно-кадастровой базы данных. Эффективность процедур работы с огромным количеством получаемой информации, доступность к этой информации, возможность ее визуализации, обмена внутри базы и экспорта- импорта в другие информационные системы и т.п. определяет *выбор* конкретной, используемой при данном мониторинге *геоинформационной системы*.

Производство аэро- или космических съемок- наиболее важный этап мониторинга земель. Съёмки проводят в определенные на подготовительном этапе периоды времени. Изображения подвергаются фотограмметрической обработке о дешифрированию, с целью получения топографических и тематических планов, карт заданных масштабов, а также их электронных аналогов в ГИС в виде соответствующих геоинформационных слоев. Результаты определений характеристик земель, полученных специ-

альной измерительной аппаратурой, наносят на топографическую основу для пространственной привязки табл. 1.

Используя фондовые материалы и материалы новых съемок, программными средствами ГИС проводят сравнение разновременных данных. В результате их анализа выявляют изменения в положениях границ, площадей, качественного состава, использования и правового статуса категории земель. Особо выделяют экологические изменения земель, вызванные техногенными процессами.

Т а б л и ц а 1

Общая схема мониторинга земель по данным аэро- и космических съемок

Этапы технологической системы мониторинга	Основные операции	Содержание операций
Подготовительный этап	Разработка основных технологических циклов	Оценка состояния и динамики изменения категории земель. Выбор условий проведения съемок, типа и параметров съемочных систем
Проведение аэро-, космических и наземных съемок	Получение двух-, трехмерных изображений, результатов измерений	Первичная обработка результатов съемок
Наземное обеспечение дистанционного мониторинга	Выбор тестовых участков	Получение количественных характеристик категории земель
Получение метрической и смысловой информации	Ввод растровых и векторных изображений, фотограмметрическая обработка, дешифрирование изображений	Трансформирование изображений в заданную проекцию, получение семантической информации
Сопоставление фондовых и новых данных	Сравнение растровых, векторных изображений и данных наземных наблюдений. Количественная оценка связи метрической информации и данных наземных наблюдений	Синтезирование разновременной информации. Выявление изменений метрических и качественных характеристик, правового положения земель.
Формирование выходных данных и документов	Вывод цифровых моделей местности: электронных ортофотопланов, геоинформационных слоев, текстовых, табличных и графических материалов; формирование базы данных	Хранение разновременной информации, тиражирование электронных и твердых копий

Экологический мониторинг земель

Экологический мониторинг является комплексной подсистемой мониторинга биосферы. Он включает системы повторных наблюдений, оценку и прогноз природных и антропогенных изменений окружающей среды, что позволяет достаточно надежно контролировать экологические условия среды обитания человека и других биологических объектов, а также функциональное состояние экосистем. Кроме того, создаются предпосылки для соответствующих корректирующих действий, если показатели экологических условий этого требуют.

Основная задача экологического мониторинга – ранее обнаружение и предупреждение естественных или антропогенных изменений состояния окружающей среды.

Экологический мониторинг осуществляют в целях:

- наблюдения за состоянием окружающей среды, особенно в районах расположения источников антропогенного воздействия;
- оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов;
- обеспечения потребностей государства, юридических и физических лиц в достоверной информации и состоянии окружающей среды и ее изменениях, необходимой для предотвращения уменьшения неблагоприятных последствий таких изменений;
- обеспечения участия РФ в международных системах экологического мониторинга.

Виды экологического мониторинга земель:

По технологии получения информации все мониторинговые исследования можно разделить на две большие группы: 1-методы наземных обследований; 2-методы дистанционного зондирования.

По временному интервалу поступающей информации мониторинг подразделяют на периодический и оперативный.

В зависимости от пространственного уровня проведения мониторинг подразделяют: на биоэкологический; геоэкологический; биосферный.

В зависимости от вида воздействия на окружающую среду, мониторинг подразделяют на фоновый и импактный.

Методологические особенности экологического мониторинга земель дистанционными методами. Дистанционные методы получения информации – основной способ наблюдения за экологическими изменениями состояния земель.

Методологические особенности экологического мониторинга земель дистанционными методами. Дистанционные методы получения информации – основной способ наблюдения за экологическими изменениями состояния земель.

Методология проведения экологического дистанционного мониторинга включает несколько этапов:

Определяют время и условия наблюдений, при которых в наибольшей степени различаются отражательные или излучательные характеристики объекта и его аномальных изменений;

Выбирают тип съемочной системы, обеспечивающей наилучшую регистрацию исследуемых объектов.;

Выполняют фотограмметрическую и интерпритационную обработку полученных снимков;

Сравнивают с фоновыми данными, материалами полевых обследований текстовых участков;

Анализируют на основе полученных сведений динамику изучаемого процесса и прогнозируют его на будущее.

Далее данные мониторинга земель используют для разработки управленческих, организационных и технических решений.

При проведении экологического мониторинга земель с использованием материалов аэро- и космических съемок необходимо получать и обрабатывать информацию обо всех компонентах природной и антропогенной среды (рис. 74).

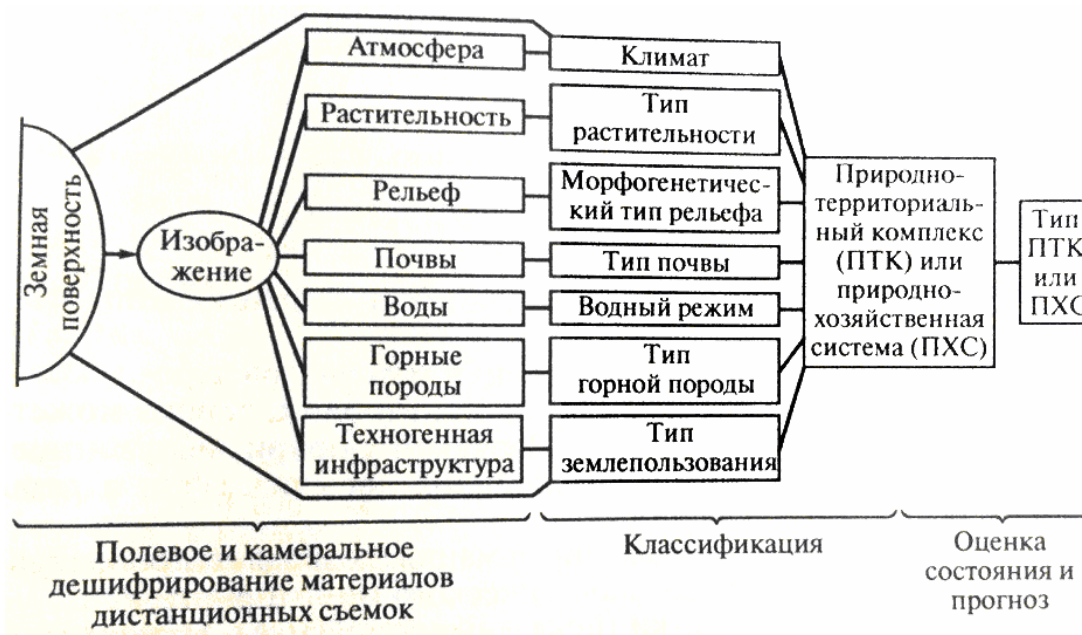


Рис. 74. Компоненты природной и антропогенной среды в системе экологического мониторинга земель.

Контрольные вопросы

1. Какие подсистемы входят в систему мониторинга земель?
2. Для какого мониторинга используют космическую подсистему?
3. В каких целях осуществляют экологический мониторинг земель?
4. Назовите виды экологического мониторинга земель.
5. Дайте определение экологическому мониторингу.

Лекция №12

ФОТОТРИАНГУЛЯЦИЯ

Основные вопросы:

1. Понятие фототриангуляции. Виды фототриангуляции.
2. Графическое построение одномаршрутного фототриангуляционного ряда. Понятие редуцирования. Понятие об оптическом редуцировании.
3. Графо-аналитическое редуцирование. Увязка фототриангуляции. Точность графической фототриангуляции.

Понятие фототриангуляции. Виды фототриангуляции

Фототриангуляция – метод определения координат точек местности по фотоснимкам. Используется для сгущения геодезической сети с целью обеспечения снимков опорными точками, необходимыми для составления топографической карты и решения ряда инженерных задач.

Фототриангуляция может быть *пространственной*, если определяют все 3 координаты точек, или *плановой* – 2 координаты, характеризующие положение точки в горизонтальной плоскости. Для пространственной фототриангуляции строят общую модель местности и ориентируют её относительно геодезической системы координат. Эту задачу решают путём внешнего ориентирования снимков, т.е. установки их в такое положение, при котором соответственные проектирующие лучи пересекаются, а координаты полевых опорных точек равны их заданным значениям (способ связок).

Общую модель создают также путём построения частных моделей по отдельным стереоскопическим парам снимков и соединения их по связующим точкам (способы независимых и частично зависимых моделей). При аналитическом решении задач пространственной фототриангуляции измеряют координаты точек снимков на монокомпараторе или стереокомпараторе и вычисляют координаты точек местности. Наиболее строгим и точным является способ связок, основанный на совместном уравнении фотограмметрических и геодезических измерений и показаний приборов на борту съёмочного самолёта.

Для выполнения пространственной фототриангуляции аналоговым способом используют фотограмметрические приборы – стереограф, стереопроектор, автограф и др., позволяющие строить независимые или частично зависимые модели. Примеры фототриангуляции изображены на рис. 75.

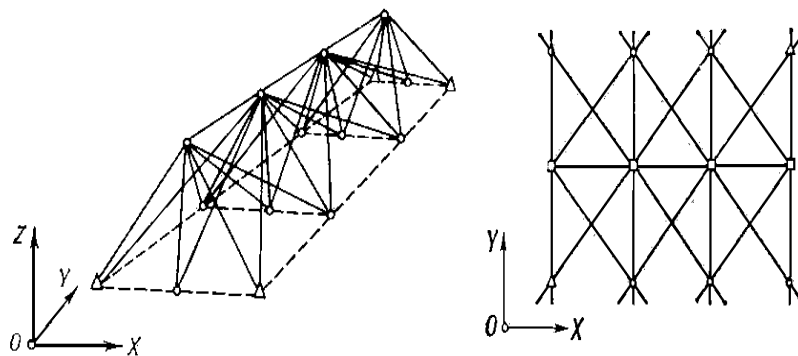


Рис. 75. Фототриангуляция

Плановая фототриангуляция

Плановая фототриангуляция (рис. 76) основана на том, что центральные углы с вершиной в главной точке снимка (или вблизи этой точки) практически равны соответствующим горизонтальным углам на местности. Плановую фототриангуляцию можно развить аналитическим способом, измерив на снимках центральные углы или координаты точек, либо графическим способом при помощи построения линий направлений на кальке, на которую: перенесены углы со снимков. Применяется маршрутная и блочная фототриангуляция. Наиболее эффективной является блочная фототриангуляция, которая строится по несколько или многим маршрутам с использованием цифровых ЭВМ.

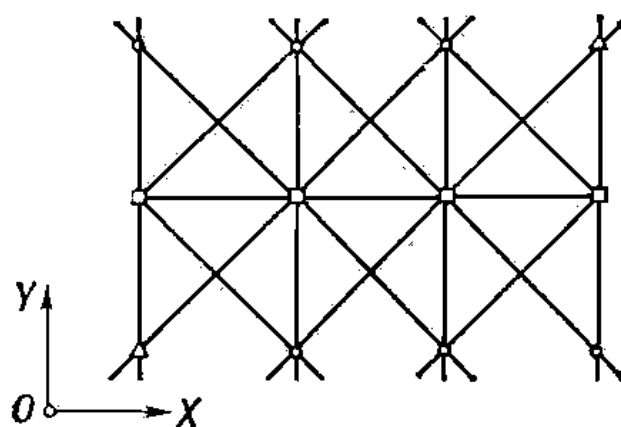


Рис. 76. Плановая фототриангуляция

Пространственная фототриангуляция

Аналоговая пространственная фототриангуляция выполняется на универсальных стереоприборах способом независимого ориентирования каждой модели при составлении планов с высотой сечения более 2 м, а также при построении плановых сетей в горных районах. При высоте сечения планов меньше 1 м развиваются частично свободные или зависимые модели (способ продолжений). Отдельные звенья соединяются в общую сеть по связующим. Внешнее ориентирование выполняется по опорным точкам аналитическим или графоаналитическим способом.

Универсальные стереоприборы, применяемые при аналоговой фототриангуляции, должны обеспечить: средние погрешности измерения плановых координат не ниже 0,05 мм, относительные погрешности определения высот по контрольным сеткам не ниже V. Для обычных условий и для горных районов.

Внешнее ориентирование маршрутных сетей графоаналитическим способом допускается при высоте сечения более 2 м, менее 2 м – при числе ба-

зисе в меньше 4 и систематической погрешности прогиба в превышениях менее 0,1 мм.

При $kv > 1,5$ и невязке в конце сети более 1 мм, а также при расстоянии между опорными точками на плане 8–9 дм и расхождении общих точек смежных сетей менее 0,8 мм редуцирование выполняется на редукторе, в остальных случаях применяется аналитическое ориентирование по высоте и редуцирование.

В фотограмметрические сети включают пункты геодезической опорной сети, точки съемочного обоснования, сгущения и специального (инженерного) назначения, фотограмметрические точки для обработки отдельных моделей, трансформационные, связующие, в том числе и для связи с соседними сетями, характерные точки местности (минимальные и максимальные высоты, урезы воды) и контрольные точки. Число связующих точек между моделями в зоне тройного перекрытия должно быть не менее 5–6. Связующие и другие точки, не закрепленные на местности, выбирают на плоских, хорошо освещенных участках по стереомодели на интерпретоскопе или другом стереоприборе с четырех-, шестикратным увеличением. На рис. 77 изображена пространственная фототриангуляция.

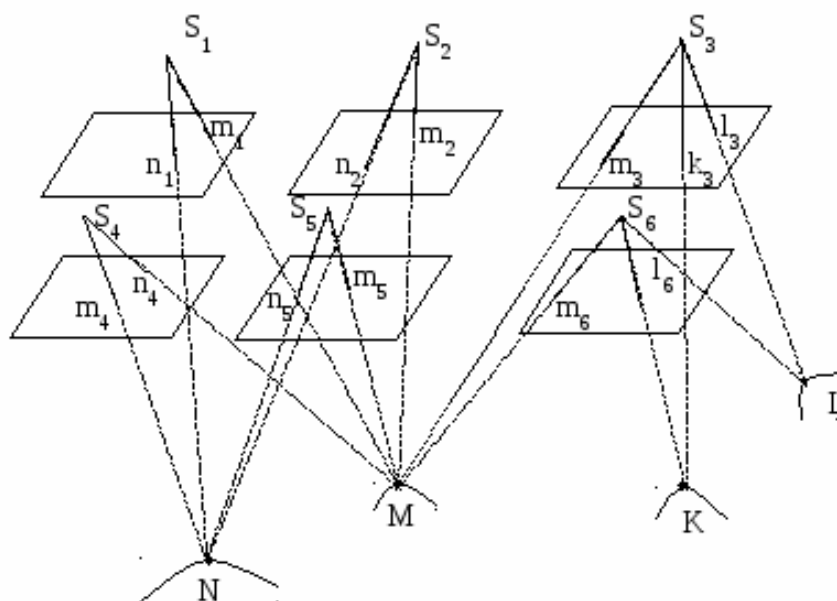


Рис. 77. Пространственная фототриангуляция

Графическое построение одномаршрутного фототриангуляционного ряда. Понятие редуцирования

Для построения одномаршрутного фототриангуляционного ряда непосредственно в масштабе плана необходимо, чтобы восковки (*кальки*) первого и последнего аэронегатива данного маршрута могли быть установлены на плане при помощи обратной засечки. Пусть дано (рис. 78) 5 аэро-

гативов одного маршрута, причем 1-й и последний из них обеспечены 4-мя опорными точками каждый. На всех аэронегативах наколим опорные точки, рабочие центры и связующие точки на тройных перекрытиях, а затем изготовим восковки направлений обычным способом.

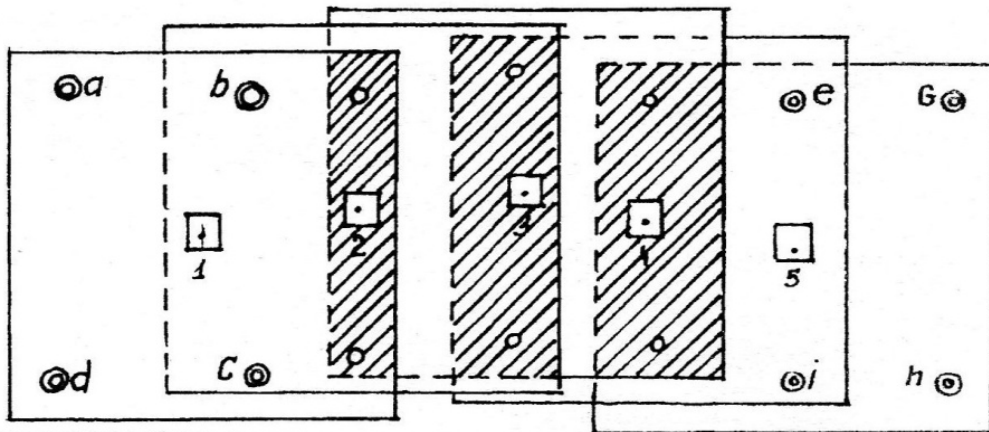


Рис. 78. Аэронегативы одного маршрута с опорными точками

Для увязки ряда совместим центр 3-й восковки с точкой 3. Верхний и нижний лучи восковки должны пройти через точки m и n , но практически они могут отклониться от них не более чем на 0,3 мм. Затем исправим положение 2-й восковки так, чтобы ее центральные лучи проходили через точки b_0, c_0, m и n , а начальные направления совпадали, при этом стороны треугольника погрешностей, образующихся при связующих точках над и под 2-м центром должны быть не более 0,3 мм.

Необходимо также следить за наилучшим совмещением начальных направлений. Таким же образом увяжем положение 4-й восковки.

Ориентирующие точки на чертеже не показаны, но их обязательно берут на углах рабочих площадей, перекалывают на восковку и включают в построение ряда.

В аэрофотогеодезическом производстве главным образом применяют построение одномаршрутных фототриангуляционных рядов в произвольном приблизительно выбранном масштабе. Такие ряды называются *свободными*. В дальнейшем их редуцируют в единую геодезическую систему в заданном масштабе плана, используя для этого редко расположенные опорные точки.

Свободные одномаршрутные фототриангуляционные ряды строят при помощи восковок направлений на план кальки. Построение получается плотнее, если оно выполняется приблизительно в масштабе плана, следовательно ширина и длина полосы берутся во столько раз больше ширины и длины обрабатываемого маршрута, во сколько раз знаменатель численного масштаба аэронегатива или аэрофотоснимка больше знаменателя масштаба будущего плана.

Пространственная фототриангуляция – способ определения координат точек пространственным фотограмметрическим методом.

Теоритическая основа построения фототриангуляции – наличие геометрических связей и аналитических зависимостей между компонентами соответствующих точек снимка и местности.

При пространственной фототриангуляции получают координаты X и Y и высоту H , а при плановой только X и Y .

Существуют следующие способы планового фотограмметрического сгущения геодезического обоснования

- аналитический;
- радиальный.

Также измеряют расстояния на восковке и определяют коэффициент редуцирования.

$$R=l_{\text{осн}}/l_{\text{воск}}, \quad (1)$$

Колебание, значение коэффициента не должны превышать 0,003.

Коэффициент редуцирования (от лат. *reducentis* – восстанавливающий) – коэффициент, устанавливающий истинное значение площади поперечного сечения какого-либо конструктивного элемента для того или иного воспринимаемого силового воздействия. На рис. 79 показана сеть фототриангуляции.



Рис. 79. Сеть фототриангуляции

Графо-аналитическое редуцирование. Увязка фототриангуляции. Точность графической фототриангуляции

Аналитическая фототриангуляция строится по измеренным координатам изображений точек снимков. Современная аналитическая фототриангуляция в условиях цифровой фотограмметрии наиболее полно реализует свои возможности, позволяя учитывать все систематические ошибки, влияние которых можно выразить в математической форме: дисторсию объектива съёмочной камеры, кривизну Земли, атмосферную рефракцию, равномерную и неравномерную деформацию снимков и т.п. Особенно важным является то, что аналитическая фототриангуляция дает возможность учета различных дополнительных данных, среди которых наиболее

значимыми являются GPS/ГЛОНАСС – измерения, а так же интегрированные данные от систем спутникового позиционирования и инерциальных измерительных систем (GPS/INS – систем).

Точность аналитической пространственной фототриангуляции может достигать 3-5 см., что удовлетворяет не только требованиям крупномасштабного картографирования, но и соответствует требованиям ведения кадастра в городских условиях.

Наконец, в зависимости от назначения пространственную фототриангуляцию разделяют на каркасную и заполняющую.

Аналитическую фототриангуляцию применяют при составлении планов и фотопланов всех масштабов. Используют плановые, конвергентные, перспективные и панорамные аэрофотоснимки, а также фототеодолитные снимки. При аналитической фототриангуляции на ЭВМ вытянутых сетей по трассе применяют программы, разработанные в ВНА им. Куйбышева. Развитие больших сетей выполняют с использованием метода соединения подблоков маршрутных сетей, квазиснимков. Сгущение сетей для составления планов в крупных масштабах выполняют по программе без предварительного определения элементов внешнего ориентирования.

Графическую фототриангуляцию ограниченно применяют для сгущения опорных сетей при составлении обзорных фотосхем в масштабах 1:250001:10000 и фотопланов – 1:25000. Опорной сетью служат пункты триангуляции, имеющиеся на картах масштаба 1:25000-1:10000, и другие геодезические сети. Используют негативы, снимки, изготовленные на фотобумаге и фотопластинке, диапозитивы (на фотоленке). Представляют топографическую основу с точками сгущения и краткую пояснительную записку с методикой и погрешностями сети.

Контрольные вопросы

1. Что такое фототриангуляция?
2. На какие виды подразделяют фототриангуляцию?
3. Что такое коэффициент редуцирования?
4. На какие виды подразделяют пространственную фототриангуляцию?
5. Для чего применяют графическую фототриангуляцию?

Лекция №13

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ПРИ ПОЧВЕННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ

Основные вопросы:

- 1. Применение аэро- и космической съемки при почвенном картографировании.*
- 2. Картографирование эрозионных почв.*

В современных почвенно-географических исследованиях аэрокосмические (дистанционные) методы стали обязательным элементом анализа почвенного покрова. Использование этих методов, применение новых видов материалов аэрокосмической съемки, в том числе многозональных аэро- и космических снимков, открывает дополнительные возможности получения информации о почвенном покрове, необходимой для изучения и учета почвенных ресурсов страны

Детальные почвенные карты, показывающие мельчайшие неоднородности почвенного покрова, составляются в масштабах 1:200–1:5000 выборочно на ограниченные территории при высокой комплексности почвенного покрова. Наиболее мелкая природная неоднородность (комплексность) почвенного покрова характеризуется чередованием участков различных почв размером несколько метров в поперечнике.

Принято, что на карте минимальный размер контура удлиненной конфигурации равен 10×2 мм, а округлой конфигурации – около 5 мм в поперечнике. Поэтому для того чтобы более четко отразить на карте комплексный почвенный покров, необходим масштаб не мельче 1:500. При этом масштабе округлый участок диаметром в натуре 3 м на карте будет иметь диаметр 6 мм. Масштабы 1:2000–1:5000 позволяют отражать на карте почвенные контуры диаметром 10–25 м в натуре или около 5 мм на карте.

Детальные почвенные карты составляют на территориях опытных станций и стационаров научно-исследовательских учреждений, на плантациях многолетних и технических культур. Их используют при многолетних опытах, проектировании орошения и осушения земель, выборе участков под плодовые культуры и лесопитомники, при строительстве стадионов (футбольных полей) и других спортивных газонов.

Крупномасштабные почвенные карты составляют в масштабе от 1:5000 до 1:50000. Картографирование почв в масштабах 1:10 000–1:50000 позволяет свободно выделять обособленные почвенные контуры с минимальными размерами, равными (соответственно масштабу) 0,25–1,5 га (20–25 мм² на карте). Такой размер минимальных контуров не позволяет подробно передавать на карте мельчайшую неоднородность почвенного покрова. Однако более крупные изменения почвенного покрова (в большинстве случаев связанные с мезорельефом) вполне раскрываются на крупномасштабных почвенных картах.

Крупномасштабные почвенные карты – важнейший тип почвенных карт, широко используемых при внутривладельческом землеустройстве, разработке систем агрохозяйственных мероприятий и планировании мелиоративных работ. Такие карты составлялись на территории бывших совхозов и колхозов нашей страны. Они информативны и позволяют судить о генезисе почв, их сопряженности в ландшафте, выявить и научно обосновать структуру почвенного покрова. Крупномасштабные почвенные карты обычно сопровождаются различными агрономическими картограммами.

Почвы как поверхностный слой земной оболочки особенно четко синтезируют взаимосвязи природных факторов. Генетическое почвоведение еще в первоначальном развитии позволяло выявить природную зональность. В современном почвенном картографировании генетический принцип, основанный на комплексном изучении факторов почвообразования и принципах размещения почв, проявляется еще более четко.

Исследование почвенного покрова и картографирование почв слагаются из трех периодов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный период, непродолжительный по времени, обеспечивает успешное проведение предстоящих почвенных исследований. Подготовка касается программных, методических, организационных и технических вопросов, от своевременного и правильного разрешения которых во многом зависит успех полевых работ.

Полевой период почвенных исследований – основной по значению и наиболее сложный по выполнению. В полевой период почвовед должен сделать все необходимые наблюдения, изучить и описать почвы, собрать необходимые образцы почв, почвообразующих пород и растений для последующего их просмотра и анализа, картографировать почвенный покров, т.е. составить полевую (предварительную) почвенную карту.

Камеральный период служит для тщательной проверки всех собранных полевых материалов, лабораторных исследований и анализа всего собранного материала. Составляется окончательный вариант почвенной карты, к которой пишется объяснительная записка.

Существует Докучаевский метод картографии почв, отражающий особенности почвенного покрова на базе познания закономерных генетических связей между почвами и всеми другими элементами географической среды. По этой причине картография почв неотделима от изучения условий или факторов почвообразования, включая влияние хозяйственной деятельности человека. Природные условия почвообразования исследуют в какой-либо степени подробности в течение всех трех рабочих периодов. Программа изучения природных факторов почвообразования при почвенном картировании состоит из следующих разделов.

1. Геологическое строение, коренные (подстилающие) и почвообразующие породы.

2. Геоморфологическая характеристика территории.
3. Гидрогеологические условия.
4. Климат.
5. Растительность и животные организмы в почве.
6. Хозяйственная деятельность человека.

Каждый из этих разделов отражается в составляемых почвенных или тематических картах. Современный уровень использования компьютерной техники и программ для ГИС практически дают неограниченные возможности по составлению почвенных и тематических карт самых разнообразных по задачам и масштабам, использованию космической и интернетовской информации. При этом во всех случаях остается проблема дешифрирования почвенного покрова, решаемая с применением наземных почвенных исследований, которые обеспечивают достоверность данных, особенно если они имеют детальный характер (картирование микроструктур почвенного покрова и элементарных почвенных ареалов).

Для дешифрирования почвенных контуров различного гранулометрического состава применяются программные комплексы ENVI, Photoshop. С использованием наложения создается многослойная локальная ГИС. В результате уточняются границы между почвенными разностями на территории.

Яркой чертой почвенного покрова является комплексность, связанная с развитым микрорельефом, где незначительные различия в перераспределении осадков оказывают существенное влияние на растительный покров, солевой режим почв и процесс гумификации.

Рассмотрим пример по исследованию и картографированию почвы.

Космоснимок участка, на котором проводились полевые работы по исследованию и картографированию почвы, представлен на рис. 80.

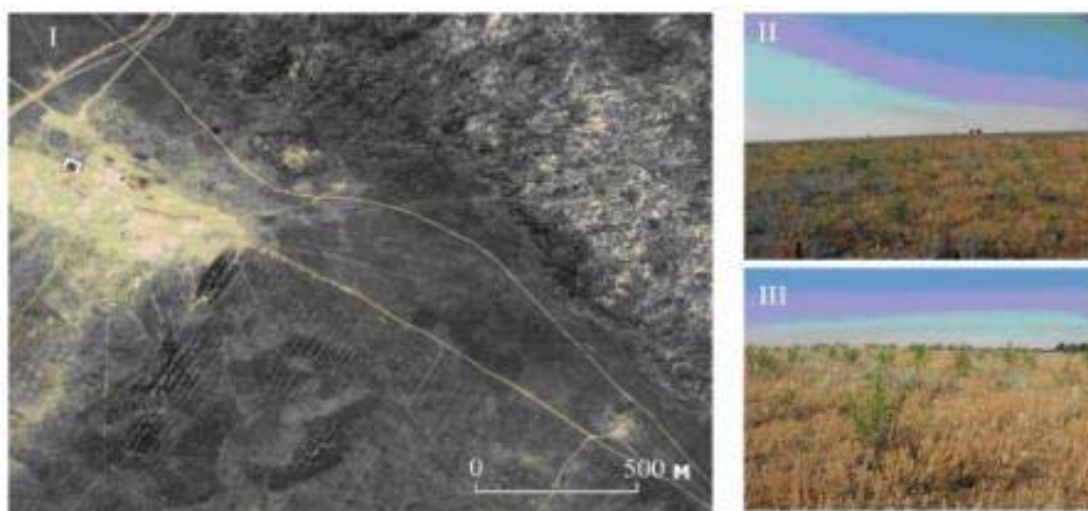


Рис. 80. Космоснимок (I) и фотографии ключевого участка (II) и растительного покрова (III) фотоэталоны бурой полупустынной почвы

В ходе полевых исследований были изучены растительные группировки всех основных типов почв региона исследования: песчаных пустынных, бурых пустынных и солонцов. Обработанные в лабораторных условиях материалы стали основой для проведения картографических работ.

По результатам исследований распределения почв по гранулометрическому составу в регионе исследований разработана ГИС (рис. 81). ГИС многослойна, кроме слоев, отображающих основные группы почв по гранулометрическому составу, она содержит геоинформационный слой, характеризующий распределение очагов опустынивания.

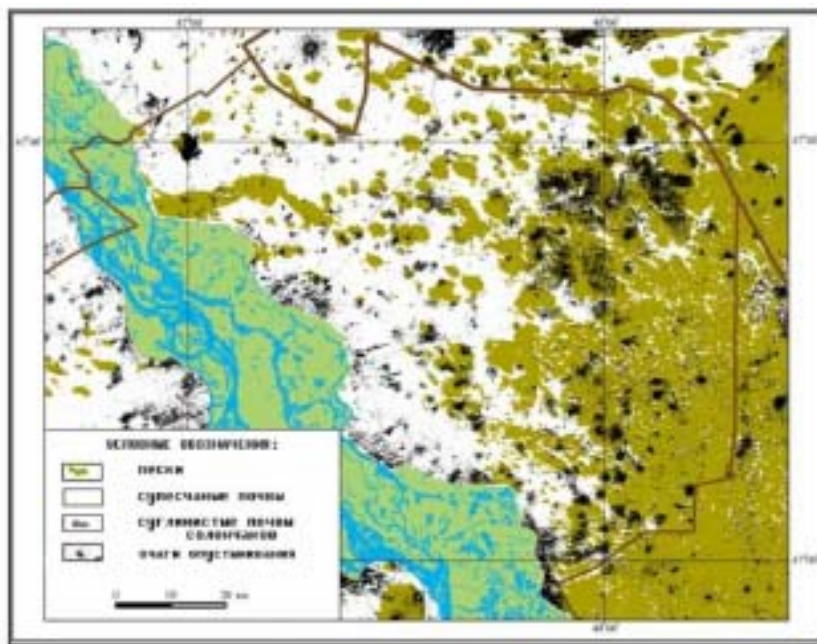


Рис. 81. Карта распределения почв по гранулометрическому составу

При дешифрировании изучаемые и картографируемые объекты опознаются в первую очередь по тем признакам, которые непосредственно отображаются на снимках, они получили название прямых дешифровочных признаков. К ним относятся форма, размер, тон, цвет.

Надёжными косвенными признаками или индикаторами наличия смытых почв являются морфометрические особенности рельефа: преобладающие формы рельефа, общая расчленённость территории, крутизна и экспозиция склонов.

Состояние растительного покрова также выступает в качестве достоверного индикатора наличия или отсутствия эрозионных процессов и интенсивности их развития. На полях с развитыми посевами на смытость почв может указывать состояние изреженности посевов.

Почвы склонов, наиболее подверженных процессам эрозии, характеризуются большими величинами отражательной способности и насыщенным тоном фотоизображения, по которому отчетливо можно увидеть участки, подверженные процессам эрозии.

Развитие эрозионных процессов имеет четкие дешифровочные признаки, позволяющие точно идентифицировать их на летних космоснимках (рис. 82). Интенсивные процессы смыва почвы и ее выноса приводят к сильному угнетению и гибели культурных растений, обнажению подстилающих пород (рис. 83).

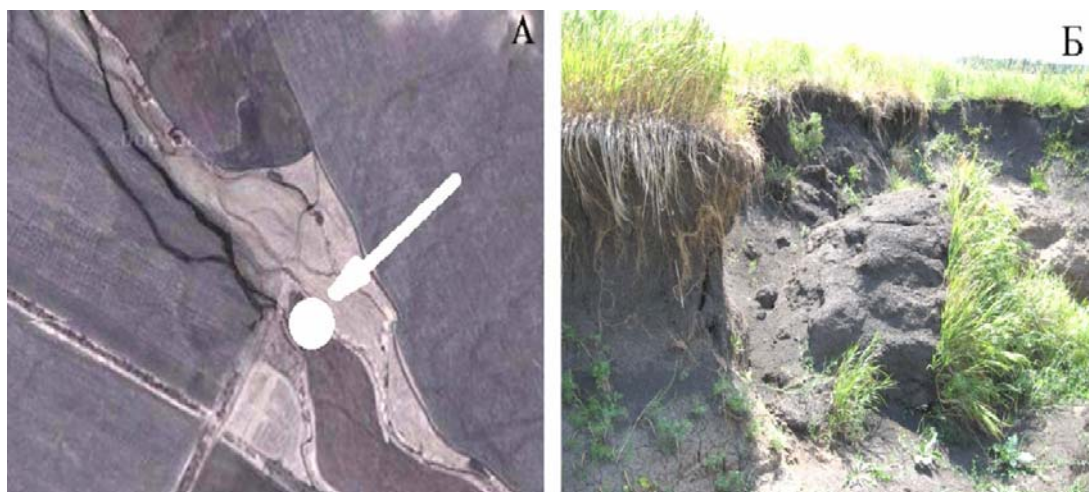


Рис. 82. Донный размыв в балке:
Ф – космоснимок; Б –фотография

Для разработки дешифровочных признаков развития почвенно-эрозионных процессов используется метод ландшафтно-индикационного дешифрирования космических снимков.

Спектрональные космические снимки позволяют выявлять зоны потенциального возникновения эрозионных процессов в зависимости от характера рельефа, геоморфологического строения территории и направленности геохимических потоков.

В основе почвенно-эрозионного дешифрирования снимков лежит их тематическая классификация с использованием программного обеспечения Erdas Imagine по выявлению почвенных контуров (классов) различной степени деградации. Каждому пикселю изображения космоснимка соответствует набор значений спектральных признаков почвенного контура. Спектральная яркость почв в значительной степени определяется содержанием гумуса, влажностью, поверхностной структурой и степенью деградации почвенного покрова.

Для почв занятых растительностью и свободных от неё необходим индивидуальный подбор комбинации спектральных каналов, что обусловлено различной отражательной способностью эродированных почв на открытых участках и почвах под растительностью.

Особенностью проявления на космических снимках эрозионных процессов пахотных угодий является непостоянство яркостных характеристик изображения, которое возникает в результате выхода на поверхность подпахотного и иллювиального горизонтов почвы.

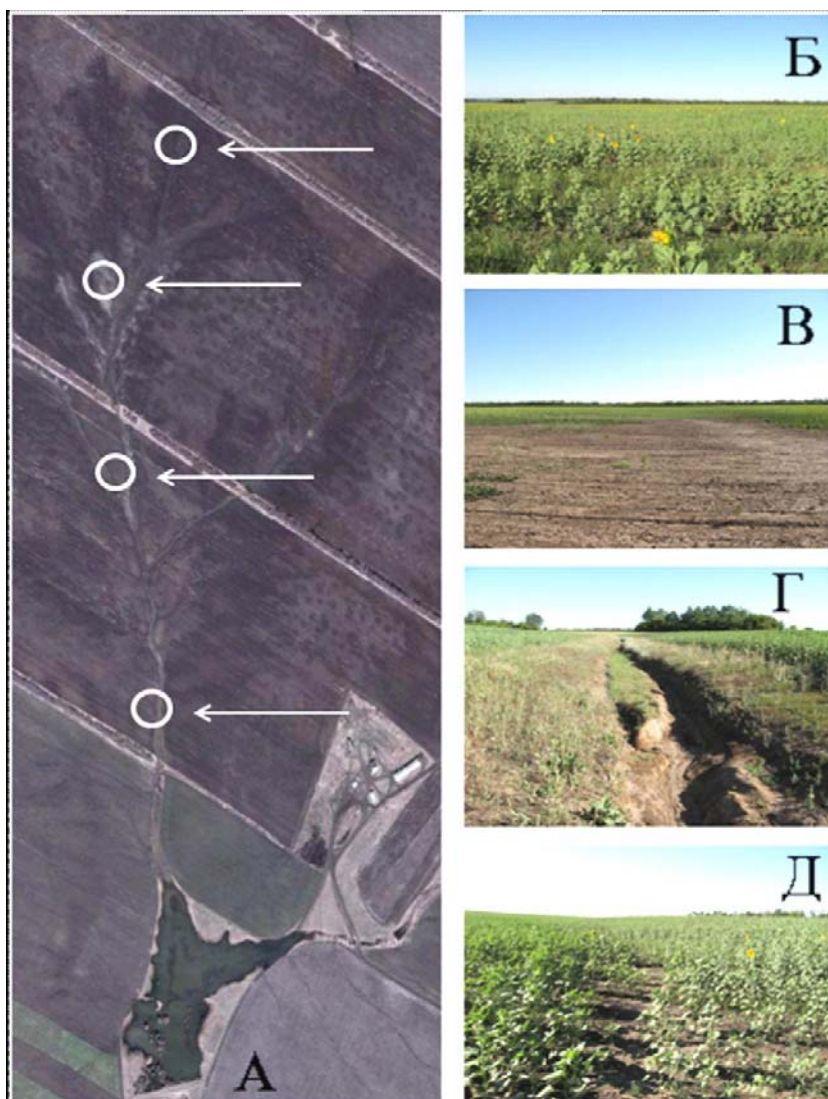


Рис. 83. Космоснимки и наземные фотографии лощины:
 А – космоснимок; Б – гибель культурных растений в верхней части лощины;
 В – развитие плоскостного процесса смыва по дну лощины во второй ее четверти;
 Г – развитие и переход процессов смыва почв в стадию размыва в третьей четверти лощины; Д – аккумуляция смытой почвы в нижней части лощины.

При слабом смыве почв смывается только часть пахотного горизонта А, оставшаяся его часть сохраняет тот же тёмный оттенок, который характерен для несмытых гумусированных горизонтов. Поэтому у слабосмытых почв не происходит изменений в окраске, и они не имеют специфического рисунка изображения на снимках. Среднесмытые почвы характеризуются значительной степенью смывости горизонта А, поэтому при их распашке местами неравномерно припахивается и горизонт В. Поверхность пашен на участках среднесмытых почв оказывается пёстрой. Сильносмытые почвы характеризуются полностью смытым горизонтом А и затронутым смывом горизонтом В. Поэтому на снимках сильносмытые почвы имеют пестрый, нечётко пятнистый рисунок с преобладанием более светлых тонов по сравнению с рисунком изображения среднесмытых и слабосмытых почв.

Спектральная отражательная способность космических снимков эродированных участков подтверждается качественными характеристиками гумусного состояния почв.

Развитие эрозионных процессов приводит к снижению уровня почвенного плодородия, которое выражается в уменьшении мощности гумусового горизонта, снижении содержания и запасов гумуса в слое 0–50 см.

В основе дистанционного зондирования почвенно-эрозионных процессов и явлений лежит сильное влияние водной эрозии на оптические свойства почв. Эрозия почв приводит к снижению содержания в них темноокрашенных частичек гумуса и глинистых фракций гранулометрического состава, что, в свою очередь, приводит к увеличению яркости почвенного материала. Отсюда, почвы разной степени смывтости имеют разные оптические характеристики.

Контрольные вопросы

1. Какие карты используются при почвенном картографировании?
2. Из каких периодов состоит исследование почвенного покрова и картографирование почв?
3. Из каких разделов состоит программа изучения природных факторов почвообразования при почвенном картографировании?
4. Какие программные комплексы применяются для дешифрирования почвенных контуров различного гранулометрического состава ?
5. Что позволяют выявлять спектрзональные космические снимки?

Лекция №14

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ, МОНИТОРИНГЕ ЗЕМЕЛЬ И КАДАСТРАХ

Основные вопросы:

- 1. Задачи, решаемые при применении технологии дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве.*
- 2. Ведение государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в Пензенской области.*

Данные дистанционного зондирования являются важным источником получения оперативной и объективной информации о состоянии сельскохозяйственной отрасли на больших и удаленных от центров управления территорий, что позволяет осуществлять постоянный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения. Такая информация необходима:

- землеустроительным организациям;
- хозяйственникам;
- административно-управленческому аппарату для контроля, а также прогнозирования и планирования производства сельскохозяйственной продукции.

Сельскохозяйственный мониторинг основывается на материалах наземных обследований и оценок с использованием специальных моделей прогноза урожаев по агрометеоданным с использованием данных дистанционного зондирования. В настоящее время сеть наземных пунктов агрономических наблюдений практически не функционирует, а применение аэросъемок связано с большими затратами поэтому космический мониторинг с использованием спутниковых данных является актуальным.

Задачи, решаемые при использовании технологии дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве:

- мониторинг сельскохозяйственных территорий на больших площадях;
- наблюдение за снежным покровом и оценка влагонакопления;
- сведения о температуре и влаги почвы;
- определение площадей угодий и полей, занятых различными культурами;
- контроль за состоянием растительности и сельскохозяйственных культур;
- выявление участков деградации почвы;
- прогнозирование урожайности культур;
- мониторинг посевных работ и уборки урожая.

Схематично применение дистанционного зондирования в точном земледелии представлено на рис. 84.

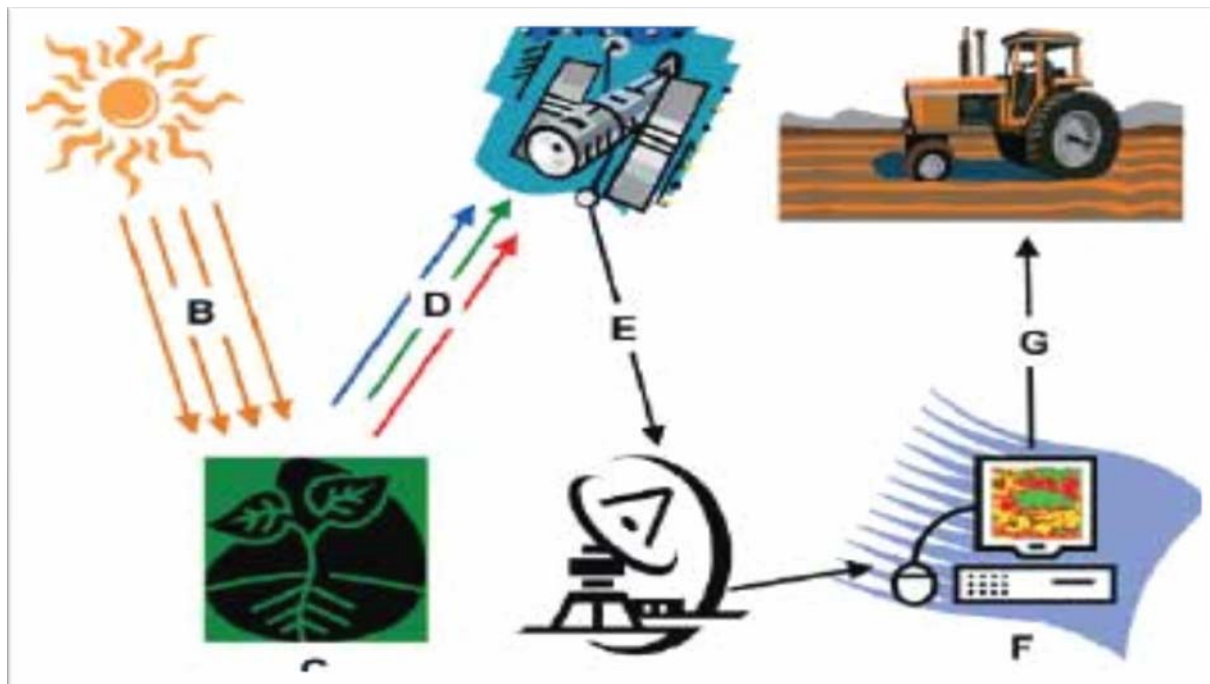


Рис. 84. Применение дистанционного зондирования в точном земледелии

При ведении государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения необходимость дистанционного зондирования вызвана значительными изменениями в структуре сельскохозяйственных земель. В Пензенской области, как и в других регионах России продолжают процессы ухудшения состояния почвенного покрова вызванного эрозионными процессами и экологическими нарушениями. Особое внимание требует наблюдение за сокращением сельскохозяйственных угодий, зарастание их мелколесьем и кустарниковой растительностью, а также загрязнение и преступное захламливание этой бесценной категории земель. Значительные территории земель сельскохозяйственного назначения, прилегающие вплотную к населенным пунктам, передаются под жилое строительство.

Земли сельскохозяйственного назначения составляют 70,9 % от общей площади земельного фонда Пензенской области, тогда как по стране этот показатель составляет 22,7 %. Это свидетельствует, о том, что область является одним из ведущих сельскохозяйственных регионов. Земли лесного фонда в РФ составляют 65,6 %. В Пензенской области лесной фонд занимает 22,2 %, что связано с большой распаханностью земель (70 %). Остальные показатели по Пензенской области варьируют в пределах общероссийских.

Показатели по категориям земель Пензенской области представлены на рис. 85.

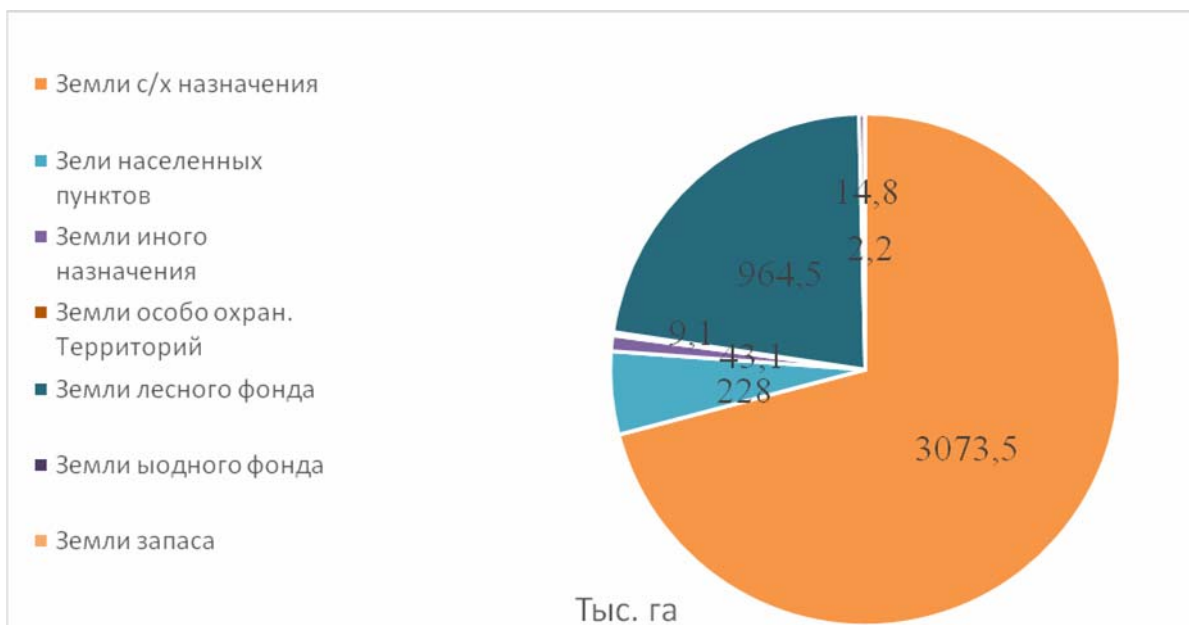


Рис. 85. Категории земель Пензенской области

Многочисленные изменения в структуре сельскохозяйственных земель требуют регулярного мониторинга с целью выявления и предотвращения различных негативных процессов, вызванных антропогенным воздействием и природными катаклизмами для составления проектов по рациональному использованию и охране и рекультивации земель.

Министерство сельского хозяйства РФ осуществляя контроль за ведением государственного мониторинга сельскохозяйственных земель сталкивается с проблемами, связанными с большими площадями исследуемой категории земель, на долю которых приходится 23,4 % от всего земельного фонда России.

При проведении наблюдений за аграрным сектором выявлены изменения, происходящие в структуре сельскохозяйственных угодий. Под влиянием различных факторов в стране ежегодно сокращается площадь пашни, что немного компенсируется увеличением территорий занятых сенокосами, пастбищами, залежами. Участки, занимаемые посевными культурами зачастую имеют неправильную конфигурацию и разновеликую площадь. Для ведения мониторинга за их состоянием требуется применение спутниковых наблюдений, использовать современные космические технологии для решения задач, связанных с развитием сельского хозяйства.

В Пензенской области использование данных дистанционного зондирования усложняется отсутствием обновленного топографического материала. Дистанционное зондирование следует применять в совокупности с методами наземного обследования территорий. В результате осуществления земельной реформы в регионе увеличилось количество крестьянских и личных подсобных хозяйств, что способствует росту производства картофеля, овощей, ягоды и фруктов. В Каменском, Белинском, Бековском рай-

онах возросли показатели по выращиванию сахарной свеклы и производства сахара. Но для роста поголовья скота не достаточно развита кормовая база, поэтому улучшению состояния кормовых угодий следует уделить особое внимание.

Кроме спутниковых съемок применяют и другие технологии дистанционного зондирования земли – это аэросъемка с самолетов и вертолетов, а также съемка с беспилотных летательных аппаратов (рис. 86). Выбор метода получения информации зависит не только цели исследования, но и в основном от финансовых возможностей заказчиков. Руководители и владельцы многих сельскохозяйственных организаций не имеют возможность использовать при проведении инвентаризации полей и при планировании севооборотов современные спутниковые системы.



Рис. 86. Аэросъемка территории сельскохозяйственных угодий, сделанная с беспилотного летательного аппарата

Контрольные вопросы

1. Кому необходима информация о мониторинге земель сельскохозяйственного назначения?
2. Какие задачи решаются при использовании технологии дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве?
3. С какой целью многочисленные изменения в структуре сельскохозяйственных земель требуют регулярного мониторинга?
4. Кто осуществляет контроль за ведением государственного мониторинга сельскохозяйственных земель?
5. Кроме спутниковых съемок какие еще применяют технологии дистанционного зондирования земли?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головина, Л.А. Дешифрирование снимков [Текст] / Л.А. Головина, Д.А. Дубовик [Текст]: учеб. пособие. – Новосибирск: СГГА, 2011.–80 с.
2. Гук, П.Д. Фототопография [Текст]: учеб. пособие / П.Д. Гук, В.В. Прудников, В.А. Быченков. – Новосибирск: СГГА, 2008.–79 с.
3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов (Обязательна для исполнения всеми субъектами геодезической и картограф. деят.) [Текст]: ГКИНП (ГНТА)-02-036-02/ Федеральная служба геодезии и картографии России. – М.: ЦНИИ-ГАиК, 2002.
4. Метелкин, Л.И. Фотограмметрия в строительстве и архитектуре. – М.: Стройиздат, 1981.
5. Назаров, А.С. Фотограмметрия [Текст]: пособие для студентов вузов / А.С. Назаров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ТетраСистемс. 2010. – 398, [2] с.
6. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование [Текст] / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: Колосс. 2006.
7. Пресняков, В.В. Фотограмметрия. Руководство по курсовому проектированию [Текст]: учеб. пособие/ В.В. Пресняков, Е.П. Тюкленкова. – Пенза: ПГУАС, 2014.-88с.
8. Хаметов, Т.И. Аэрогеодезия и фотограмметрия [Текст]: конспект лекций / Т.И. Хаметов, И.А. Романюк. – Пенза: ПГУАС, 2006.
9. Хаметов, Т.И. Аэрогеодезия и фотограмметрия. [Текст]: лабораторный практикум / Т.И. Хаметов, И.А. Романюк. – Пенза: ПГУАС, 2006.
10. Чандра, А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера, 2008 – 312.
11. Шовенгердт, Р.А. Дистанционное зондирование. Модель и методы обработки изображений [Текст] / Р.А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010 – 560 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лекция №1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ, ПРЕДМЕТ, МЕТОДЫ И ЗАДАЧИ ФОТОГРАММЕТРИИ И ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ. ЦЕЛЬ КУРСА И ЕГО СВЯЗЬ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ	5
Лекция № 2 АЭРО- КОСМИЧЕСКИЕ СЪЕМОЧНЫЕ СИСТЕМЫ.....	15
Лекция № 3 ПРОИЗВОДСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АЭРОСЪЕМКИ. УСТРОЙСТВО АЭРОФОТОАППАРАТА. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЭРОФОТОСЪЕМКИ.....	24
Лекция №4 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЭРОСНИМКА	36
Лекция №5 ОРТОФОТОПЛАНЫ. ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПРАВОК ЗА РЕЛЬЕФ ...	41
Лекция №6 ПРОЦЕССЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ АЭРОСНИМКА В ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ	48
Лекция №7 ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ АЭРО-КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	59
Лекция №8 ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРО- КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ И КОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОК ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПЛАНОВ.	68
Лекция №9 ДЕШИФРИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРО- И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТОВ	76
Лекция №10 ПРИМЕНЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ И КАРТОГРАФИРОВАНИИ ПОЧВ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ	83
Лекция №11 МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ ДИСТАНЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ.....	87
Лекция №12 ФОТОТРИАНГУЛЯЦИЯ	93
Лекция №13 ПРИМЕНЕНИЕ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ПРИ ПОЧВЕННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ	99
Лекция №14 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ, МОНИТОРИНГЕ ЗЕМЕЛЬ И КАДАСТРАХ	106
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	110

Учебное издание

Тюкленкова Елена Петровна

ФОТОГРАММЕТРИЯ ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Учебное пособие по направлению подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

В авторской редакции
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 22.06.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 6,51. Уч.-изд.л. 7,0. Тираж 80 экз.
Заказ №436.



Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.