



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

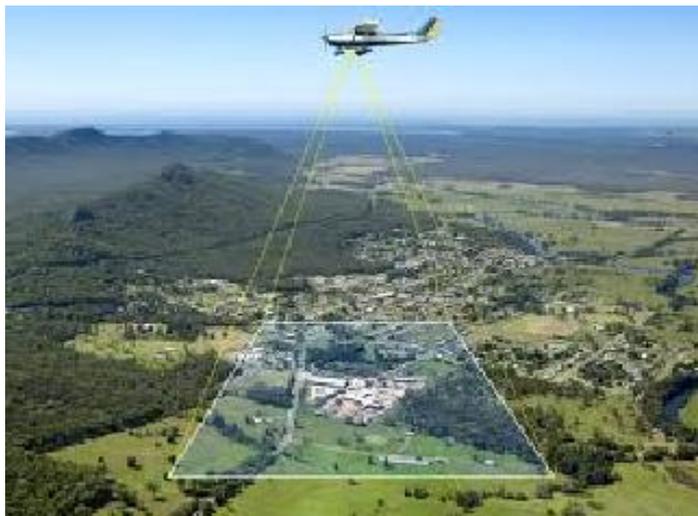
---

---

М.Ф. Карлович

**ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
для студентов специальности 1-56 02 03 «Геодезия»**



Минск  
БНТУ  
2017

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время аэрофотосъемка является основным методом получения информации о топографических объектах земной поверхности.

Основной объем работ при создании крупномасштабных топографических карт ложится на обработку аэрофотоснимков местности, при этом процесс дешифрирования занимает более 25% всего объема составительских работ.

Аэрокосмический снимок – это прежде всего информационная модель изучаемого объекта или явления. Аналоговые и цифровые аэрокосмические снимки имеют десятки разновидностей, несут разнообразную информацию о топографических объектах и их взаимосвязях, пространственном распределении, состоянии, изменении во времени.

Очевидно, что успешное решение задач дешифрирования во многом зависит от подготовленности инженерно-технических работников. Поэтому каждый геодезист обязан уметь подбирать аэроснимки в зависимости от решаемых задач и иметь навыки работы с ними.

В структуру УМК входят: учебная программа, конспект лекций, методические указания к выполнению лабораторной работы, перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов.

## УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

Учебная программа по учебной дисциплине «Дешифрирование аэроснимков» разработана для специальности 1-56 02 01 «Геодезия».

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Очная форма получения высшего образования				
Курс	Семестр	Лекции, ч.	Лабораторные занятия, ч.	Форма текущей аттестации
3	5	18	36	зачет

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел I. ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

#### **Тема 1.1. Общие вопросы. Дешифровочные признаки**

Сущность дешифрирования. Система координат и основные точки аэроснимка. Задачи и методы дешифрирования. Логическая структура процесса дешифрирования. Изобразительные и информационные свойства снимков. Прямые и косвенные дешифровочные признаки.

#### **Тема 1.2. Физиологические основы дешифрирования**

Визуальное дешифрирование. Пороги чувствительности зрения: различительный, разрешающий, стереоскопический. Надежность и достоверность дешифрирования.

#### **Тема 1.3. Географические основы дешифрирования**

Географический ландшафт, его компоненты, динамика. Индикаторы внутреннего строения ландшафта. Корреляционные связи между объектами местности. Дешифровочные эталоны.

## **Тема 1.4. Аэрофотографические основы дешифрирования**

Понятие о дистанционных методах изучения окружающей среды. Особенности фотографического воспроизведения объектов местности. Фотографические и геометрические параметры аэрофотосъемки, влияющие на результаты дешифрирования. Выбор оптимальных параметров и сроков аэрофотосъемки.

## **Раздел II. ВИДЫ И МЕТОДЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ**

### **Тема 2.1. Топографическое дешифрирование**

Задачи, решаемые при топографическом дешифрировании. Методы топографического дешифрирования (сплошное полевое и сплошное камеральное дешифрирование, маршрутное полевое дешифрирование с последующим камеральным, камеральное дешифрирование с последующей полевой доработкой, аэровизуальное дешифрирование).

Приборы и программные продукты, применяемые при дешифрировании. Определение количественных характеристик объектов.

Дешифрирование различных топографических объектов. Генерализация при дешифрировании. Установление географических названий.

### **Тема 2.2. Тематическое дешифрирование**

Особенности тематического дешифрирования. Методы тематического дешифрирования. Основные виды тематического дешифрирования (геологическое, сельскохозяйственное, лесохозяйственное, гидрологическое).

Задачи, решаемые при геологическом дешифрировании. Дешифровочные признаки, используемые при дешифрировании геологических объектов.

Особенности дешифрирования сельскохозяйственных объектов. Дешифрирование при государственном учете земель и земельном кадастре.

Задачи, решаемые при лесохозяйственном дешифрировании. Определение таксационных характеристик лесонасаждений.

Дешифровочные признаки, используемые при лесохозяйственном дешифрировании.

Особенности дешифрирования гидрологических объектов. Дешифровочные признаки, используемые при гидрологическом дешифрировании.

### **Тема 2.3. Дешифрирование нефотографических снимков**

Виды нефотографических снимков, их получение.

Особенности дешифрирования радиолокационных, тепловых, телевизионных, лазерных снимков.

### **Средства диагностики результатов учебной деятельности**

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных заданий по отдельным темам;
- защита выполненных на лабораторных занятиях индивидуальных заданий;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачета по дисциплине.

### **Перечень тем лабораторных работ**

1. Привязка к карте, определение масштаба аэроснимка и высоты фотографирования.
2. Стереоскопическое наблюдение аэроснимков, определение их типов.
3. Изучение дешифровочных признаков объектов на аэрофотоснимках.

4. Выбор параметров аэрофотосъемки для цели дешифрирования. Определение базиса фотографирования, приближенных значений углов наклона аэроснимка.
5. Определение характеристик объектов по аэроснимкам (размеров, высоты объекта и расстояний). Определение превышений и уклонов местности приближенным способом.
6. Камеральное топографическое дешифрирование аэрофотоснимков разных масштабов:
  - 6.1. Перенос объектов с аэроснимков на карту. Нанесение координатной сетки на аэроснимок. Определение координат объекта.

### **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных задач в аудитории во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных заданий с консультациями преподавателя.

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### ЛЕКЦИЯ № 1 Общие вопросы. Дешифровочные признаки

#### *История развития аэрофотосъемки*

Начало наблюдений и фотографирования с воздуха относится к середине позапрошлого века. Французский военный офицер Гаспар Турнашон (Надар) в 1859 г. сфотографировал деревню неподалеку от Парижа с воздушного шара. В России первые фотоснимки, также с воздушного шара, выполнены в 1886 г. начальником воздухоплавательной команды военного ведомства поручиком А. М. Кованько. Спустя почти два месяца член Русского технического общества Л. Н. Зверинцев произвел фотографирование Петербурга и острова Котлин. Шар унесло в открытое море.

Первая мировая война послужила толчком к быстрому развитию съемок с самолетов и переходу от отдельных фотографий с воздуха к практическому использованию аэроснимков. В 1916 г. в русской армии при разведывательных отделениях штабов были сформированы специальные фотометрические (впоследствии фотограмметрические) части. В их задачу входило дешифрирование аэроснимков, перенос результатов на карту и размножение дополненных таким образом карт. Следующий шаг в использовании снимков связан с созданием подполковником М. В. Потте первого автоматического аэрофотоаппарата, съемка которым выполнялась не на светочувствительные стеклянные пластины, а на фотопленку.

1920-е годы. После окончания войны в Великобритании, Франции, США, а несколько позже и в Германии опыт, накопленный военными, стал распространяться и на области хозяйственной деятельности. В нашей стране началом применения аэросъемки для нужд народного хозяйства можно считать 1918 г., когда было выполнено фотографирование местности в районе г. Твери на площади 100 км<sup>2</sup>. В марте 1919 г. Принят декрет об учреждении Высшего геодезического управления. Было создано Аэрофототопографическое отделение, которое выполняло опытно-производственные работы по использованию аэрофотоснимков в картографических целях. В 1924 г. ставится задача использовать аэрофотоснимки при создании топографических карт

неисследованных районов, тогда же проведены первые аэрофотосъемки для нужд лесоустройства и дорожного строительства.

1930-е годы. В этот период аэрофотоснимки стали применяться в геологии, для изучения, таксации и эксплуатации лесов, а также при изучении Арктики. К этому же времени относится первый опыт использования аэрофотоснимков для изучения пустынь, рек, болот, рельефа. Аэросъемка становится новым орудием для работы в труднодоступных районах.

1940-е годы. Вторая мировая война дала новый импульс развитию методов получения и интерпретации снимков с воздуха.

Появляется спектрозональная пленка (в американской литературе принят термин «цветная инфракрасная»), использование которой позволяло отделить вегетирующую растительность от окрашенной в зеленый цвет военной техники. В это время проводятся первые опыты применения радиолокаторов для исследования местности с воздуха. В Советском Союзе даже во время Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. активно велись начатые ранее работы по топографическому картографированию. В 1949 г. было закончено составление топографической карты масштаба 1:100 000. Это стало возможно благодаря применению аэрометодов, в частности камерального дешифрирования аэрофотоснимков при составлении листов карты на малоисследованные восточные районы страны.

С этого времени дешифрирование снимков становится обязательным процессом в технологической схеме топографического картографирования.

1950-е годы. В этот период разработанные в военных целях методики съемки и дешифрирования становятся достоянием широкого круга исследователей и производителей. Расширяется круг отраслей науки и практики, в которых применяются аэрофотоснимки, совершенствуется методика их дешифрирования.

1960-е годы. В это время разрабатываются основы дешифрирования снимков как метода географического исследования. Ландшафтный метод, становится основным при географическом изучении территории по аэроснимкам. Наиболее широкое развитие он получил при гидрогеологических изысканиях,

при почвенном и геоботаническом картографировании. Важнейшее событие этого периода, знаменующее новый этап в развитии аэрокосмических методов, — получение первых фотографических и телевизионных снимков из космоса. Оно послужило толчком к разработке новых типов съемочных систем. В США и почти одновременно в Советском Союзе разрабатывается новый принцип регистрации солнечного излучения и создаются новые съемочные оптико-электронные системы — сканеры. Внедрение регистрации излучения на магнитную пленку, облегчающее кодирование информации, послужило стимулом для разработки методов автоматизированного дешифрирования снимков. В эти же годы начинается создание способов синхронной съемки в нескольких спектральных зонах оптического диапазона — многозональной съемки.

1970-е годы характеризуются вхождением в жизнь и все более широким применением космических методов. В 1971 г. в нашей стране были получены из космоса фотографические снимки масштаба около 1:2 000 000, долгое время не имевшие аналогов по детальности изображения. Съемку осуществил экипаж орбитальной станции Салют, трагически погибший при возвращении на Землю. В 1972 г. США вывели на орбиту автоматический спутник Ландсат, на котором был установлен сканер, обеспечивавший получение многозональных снимков в четырех зонах видимого и ближнего инфракрасного участков спектра с размером элемента изображения 57х79 м на местности и предназначавшийся для изучения природных ресурсов. С этого момента развитие космических съемок в оптическом диапазоне идет в двух направлениях: наша страна имеет приоритет в развитии фотографических систем, а США и впоследствии европейские и некоторые азиатские страны — оптико-электронных.

В 1970-х широкое применение космических снимков ознаменовало новый этап в развитии тематического, в том числе комплексного картографирования. Можно считать, что именно к этому времени относится формирование принципа многовариантности, (множественности) в получении и использовании снимков: съемка с разной высоты, разные носители, масштабы, участки спектра, в которых регистрируется излучение, разнообразные методы обработки получаемой информации.

1980-е годы — период совершенствования способов получения и широкого применения аэрокосмической информации во всех областях изучения и картографирования поверхности Земли. В связи с все более широким внедрением в практику персональных компьютеров и геоинформационных технологий происходит развитие методов компьютерной обработки снимков.

Конец XX — начало XXI в. ознаменовались скачком в развитии способов получения космической информации. Достижения в области волоконной оптики сделали возможным существенное улучшение пространственного и спектрального разрешения оптикоэлектронных съемочных систем. Сканеры с нескольких спутников разных стран получают космическую информацию с размером пикселя от первых метров до 15 м и не в 3—4 каналах, как это было принято раньше, а в 7-15. Появились спектрометры, выполняющие гиперспектральную съемку в 32—200 каналах. Характерная черта этого периода — появление в широком пользовании материалов космической съемки, выполнявшейся в предыдущие десятилетия военными организациями России США, так называемых конверсионных снимков с размером пикселя 1-2 м. Доступность для исследователей космической информации высокого разрешения привела к тому, что использование аэрофотоснимков для тематического картографирования стало малоэффективным. Для последних лет характерно все более широкое внедрение компьютерного дешифрирования снимков, которое в большой мере обусловлено распространением и доступностью снимков, полученных электронно-оптическими системами и распространяемых в цифровом виде

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

### *Сущность дешифрирования*

Дешифрирование аэроснимков – это процесс получения информации об объектах местности по их фотографическому изображению. Он основывается на знаниях закономерностей фотографического воспроизведения оптических и геометрических свойств этих объектов, а также на знаниях закономерных взаимосвязей их пространственного размещения. Используемые в процессе дешифрирования аэроснимка закономерности

фотографического воспроизведения и размещения объектов получили название дешифровочных признаков.

Термин «дешифрирование» имеет русское происхождение, несмотря на его иностранный корень. Синонимом этого термина в иностранной литературе является термин «интерпретация», что в переводе на русский язык означает толкование. В приведенном выше определении дешифрирования аэроснимков отражены две основы процессы: физико-математическая (оптика и геометрия изображения) и географическая (пространственное размещение).



Рис. 1. Дешифрирование аэроснимков

Для дешифрирования аэроснимков требуется достаточно серьезная подготовка в области аэрофотографии, фотограмметрии, геодезии, геоморфологии, географии, картографии, аэрофотосъемки, лесном и сельском хозяйстве, геологии, а также необходимо ориентироваться в математической статистике, теории

информации, познания. Дешифрирование является очень важным и сложным процессом в технологической схеме создания карт. При этом регистрация результатов дешифрирования может производиться в графической, цифровой или текстовой формах.

Различают два основных вида дешифрирования: общегеографическое (топографическое, ландшафтное) и отраслевое (тематическое, специальное)

При топографическом дешифрировании выявляют и показывают условными знаками элементы местности, необходимые для создания топографической карты в заданном масштабе: населенные пункты и отдельные постройки; закрепленные на местности опорные геодезические пункты; гидрографическую и дорожную сети; линии связи с характеризующими их данными и относящимися к ним сооружениями; естественный и культурный растительный покров и грунты; рельеф местности и др.

При специальном дешифрировании, выполняемом в интересах землеустроительного, архитектурно-градостроительного, лесного или иного ведомства, выявляют в первую очередь интересующие их объекты местности – административно-территориальные или хозяйственные границы, породы леса и др. с характеризующими их данными. При этом другие элементы местности – пути сообщения, элементы гидрографии, леса, болота и др. дешифрируют с обобщением и сокращением их характеристик в части, не имеющей непосредственного отношения к соответствующему ведомству.

По месту производства работ дешифрирование аэроснимков подразделяют на полевое и камеральное, по средствам выполнения может быть визуальным и инструментальным. В зависимости от специфики технологического процесса дешифрирование может выполняться не посредственно на аэроснимках, негативах, позитивах, фотосхемах, ортофотопланах.

и изданы пособия, альбомы и монография «Дешифрирование аэроснимков».

### ***Система координат аэроснимка***

Координатные системы аэроснимка предназначены для определения положения точек аэроснимков, являются прямоугольными, правыми и делятся на внутренние и внешние.

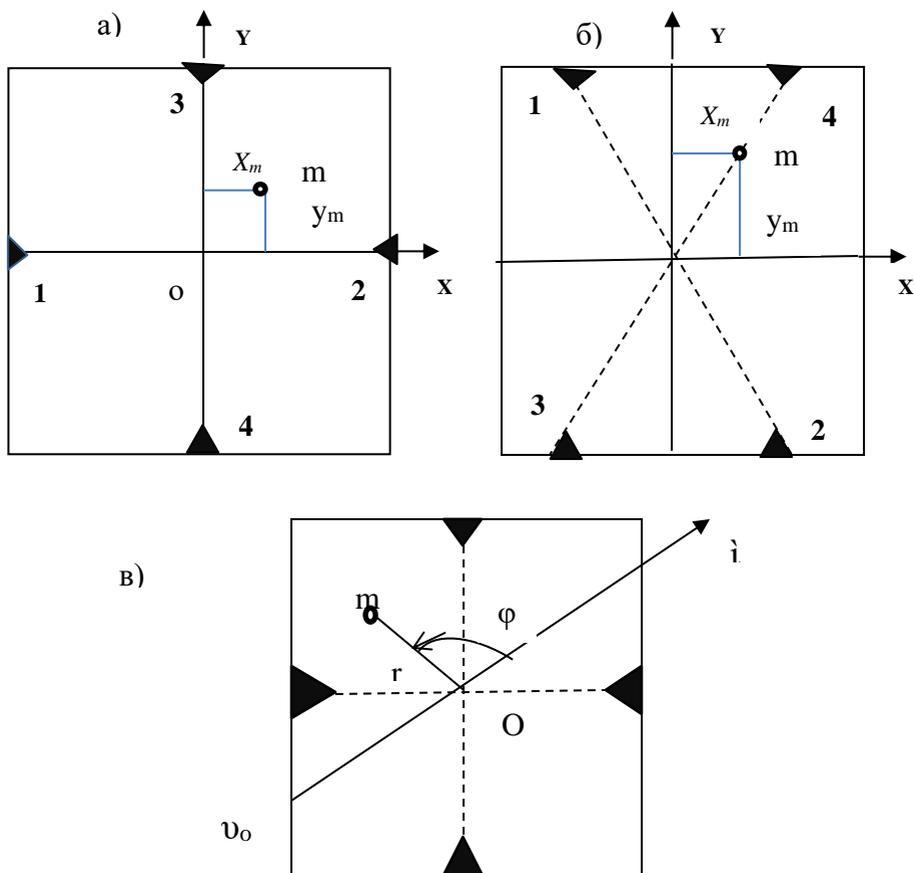


Рис. 2. Внутренние координатные системы аэроснимка

Внутренние системы – плоские, с началом в точке пересечения линий, соединяющих координатные метки снимка.

Плоская прямоугольная координатная система  $oxy$  является внутренней и используется для определения положения точек аэроснимка (рис. 2а,б).

Иногда ось  $ox$  совмещают с главной вертикалью, а ось  $oy$  – с горизонталью, проходящей через главную точку снимка, точку нулевых искажений или точку надира. Начало координат в этих

случаях совмещают с главной точкой, точкой нулевых искажений и точкой надира соответственно.

Последние модели аэрокамер имеют в плоскости прикладной рамки оптические координаты метки или сетку крестов, координаты которых, найденные при калибровке аэрокамеры, являются носителями информации о координатной системе аэроснимка.

Полярная система координат  $or\varphi$  (рис. 2 в) является также внутренней, применяется при анализе изображения на аэроснимке и реализуется в конструкциях ряда фотограмметрических приборов. Ее начало совпадает с точкой пересечения линий, соединяющих противоположные координатные метки, полярная ось – с главной вертикалью  $lv_0$ , а ее положительное направление размещено в правой части снимка. Полярный угол  $\varphi$  отсчитывается от положительного направления главной вертикали против часовой стрелки.

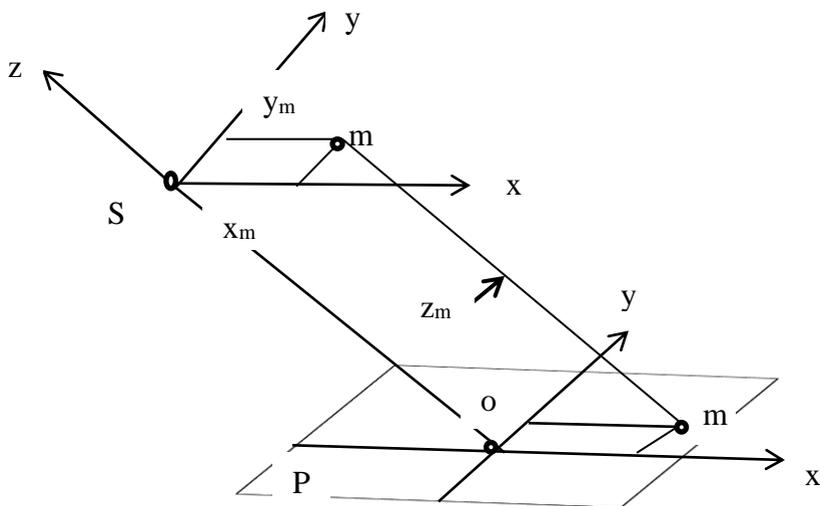


Рис. 3. Промежуточная система координат

Промежуточная система координат  $Sxyz$  (рис. 3) является внешней и пространственной. Ее начало размещено в центре проекции  $S$ , ось  $Sz$  совмещена с продолжением главного оптического луча, а оси  $Sx$  и  $Sy$  параллельны соответствующим осям системы координат аэроснимка. В этой системе координатами точки аэроснимка  $t$  являются величины  $X_t Y_t Z_t = -f$

**Основные точки и линии аэроснимка** Основными элементами центральной проекции принято называть точки, линии и плоскости, с помощью которых производятся построения изображений в центральной проекции и которые используются для изучения свойств этой проекции. На рис. 4 показана схема проектирующих лучей, идущих из точек  $O$ ,  $N$  и  $M$ .

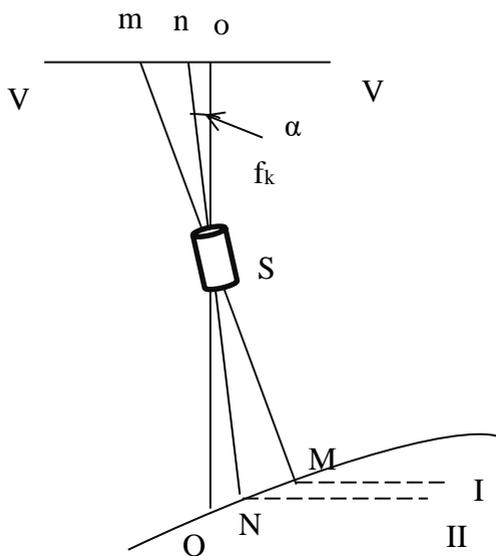


Рис. 4. Схема проектирующих лучей

Луч, идущий от точки  $M$  местности, проходит через переднюю и заднюю узловые точки объектива  $S$  и фиксируется в точке  $m$  аэроснимка. Главной точкой  $O$  аэроснимка называется

основание перпендикуляра, опущенного из задней узловой точки объектива на плоскость аэроснимка. Расстояние от задней узловой точки объектива до плоскости прикладной рамки аэрофотоаппарата называют главным расстоянием камеры аэрофотоаппарата  $f_k$ . Отвесная линия  $NSn$  называется надирной линией, а точка пересечения ее с плоскостью аэроснимка  $v v$  – точкой надира  $n$  аэроснимка. Угол между главным лучом  $So$  и надирной линией  $Sn$  называется углом наклона  $\alpha$  аэроснимка; отрезок  $SN$  – высотой фотографирования. Точка  $N$  и  $O$  – следы на местности соответственно надирной линии и главной оси. Одна из плоскостей (I или II), проходящих через точки  $N$  и  $O$ , принимается за начальную плоскость плана.

На рис. 5 изображен аэроснимок, главная точка  $O$  которого, является следом перпендикуляра из задней узловой точки объектива; фиксируется пересечением линий, проходящих через координатные метки прикладной рамки аэрофотоаппарата. Линия  $VV$  является следом плоскости, проходящей через главный луч  $SO$  перпендикулярно к плоскости аэроснимка, называется главной вертикалью.

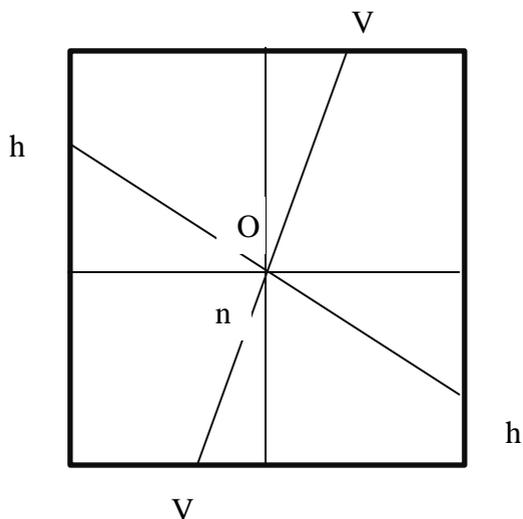


Рис. 5. Главные точки аэроснимка

### ***Задачи и методы дешифрирования аэроснимков***

В зависимости от принципов организации работ, а также места (условий) их выполнения, применяемых при этом приборов, различают четыре основных метода дешифрирования.

*Визуальный метод* дешифрирования аэроснимков характерен для работы человека. В настоящее время это основной способ дешифрирования. Восприятие и обработку информации со снимка осуществляют глаза и мозг исполнителя-дешифровщика. Если глаза исполнителя не вооружены, то это непосредственное визуальное дешифрирование. Однако, как правило, человек для расширения возможностей глаз часто использует технические средства (лупы, микроскопы, стереоскопы и т.д.).

Так же часто для успешного решения задач дешифрирования применяют аэроснимки, на которых показан пример дешифрирования заданного района. Такие аэроснимки носят название эталонов, а способ дешифрирования – с использованием эталонов.

Для *машинно-визуального метода* характерно предварительное преобразование фото- и видеoinформации специализированными или универсальными интерпретационными машинами с целью облегчения последующего визуального анализа полученного изображения.

В *автоматизированном или диалоговом методе* дешифрирования считывание со снимков и анализ записанной информации выполняется специализированными или универсальными интерпретационными машинами при активном участии оператора.

*Автоматический или машинный метод* дешифрирования предусматривает выполнение работ интерпретационными машинами. Оператор определяет задачи и задает программу обработки фото- и видеoinформации.

Принципиальная схема дешифровочного процесса в любом методе остается неизменной. Распознавание выполняется путем сопоставления и определения степени близости некоторого набора признаков дешифрируемого объекта с соответствующими эталонными признаками, находящимися в памяти человека или машины. Процессу распознавания при этом предшествует процесс обучения (или самообучения) при котором определяется перечень

объектов, отбирается совокупность их признаков и устанавливается допустимая степень их различия.

При недостаточном объеме априорной информации о классах объектов и их признаках, человек и машина может поделить изобразившиеся объекты по близости некоторых признаков, на однородные группы – кластеры, содержание которых определяется затем человеком или машиной с помощью дополнительных данных. Способы выполнения работ при дешифрировании могут переходить из одного метода в другой по мере их совершенствования и изменения роли человека в их реализации.

Дешифрирование аэрофотоснимков заключается в обнаружении, распознавании и определении характеристик объектов по их фотоизображениям. Результаты дешифрирования регистрируются в графической, цифровой или текстовой формах.

Обнаружение – начальный этап дешифрирования, его низший уровень. Оно состоит в поиске на снимке участков, где вероятнее всего изображены объекты местности. Никакого толкования (интерпретации) характера изображения при обнаружении не происходит. Формально здесь решается задача вероятностного отнесения изображения к одной из двух категорий: «сигнал – шум» или «шум». Оператор-дешифровщик в результате обнаружения отмечает для себя: «Здесь что-то есть».

Распознавание – второй этап дешифрирования, его средний уровень. Оно заключается в определении «сущности» изображенных на снимке и обнаруженных объектов. Различают два подхода к распознаванию: интерпретационный и формальный. Интерпретационный подход требует определить функциональное предназначение объекта, его роль среди окружающих объектов и т.п. Другими словами, в этом случае дается толкование физической и социальной сущности каждого объекта. Формальный подход предусматривает простое разделение объектов на классы, установленные заранее. Разумеется, что в ходе предварительной классификации дается толкование каждого из установленных классов.

Четкое разделение по времени процессов обнаружения и распознавания имеет место в сложных случаях дешифрирования. В

некоторых случаях, и они встречаются довольно часто, эти два этапа дешифрирования проходят практически одновременно.

Определение характеристик вскрытых объектов – третий этап дешифрирования, его высший уровень. В ходе данного этапа осуществляется анализ и обобщение количественных и качественных характеристик объекта с целью установления его состояния, значимости и возможностей в конкретной обстановке.

Количественные и качественные характеристики объектов местности определяются путем измерения параметров фотоизображений: геометрических размеров, параллаксов плотностей и т.д. В результате оценки удается выяснить состав пород леса, характер грунта, материал покрытия дорог, линейные размеры объектов, расстояния между объектами и т.п.

Все три этапа: обнаружение, распознавание и определение характеристик объектов имеют важное значение для успешного дешифрирования. Однако особенно важен этап распознавания. Именно на этапе распознавания получается начальная «смысловая» информация. На предыдущем этапе – при обнаружении – готовится «почва» для успеха распознавания, а впоследствии результаты распознавания конкретизируются, дополняются и облекаются в форму, удобную для использования.

Распознавание – сложный процесс. В результате распознавания можно либо распознать, либо не распознать (распознать неверно) изучаемый объект. Других исходов в дешифрировании не встречается. Факты распознавания и не распознавания объекта, изображенного на снимке, являются случайными событиями, так как этот процесс даже при изучении объектов одного и того же типа всякий раз происходит по-своему. Это обусловлено как свойствами фотоизображения, используемого для распознавания, так и особенностями самого этапа распознавания.

Дешифрирование аэрофотоснимков выполняется с различными целями. В связи с этим перед ним возникает целый ряд задач.

Все задачи дешифрирования аэроснимков можно условно разделить на две группы:

задачи по получению обобщенной информации о поверхности Земли;

задачи по определению характеристик отдельных совокупностей объектов, располагающихся на земной поверхности и в атмосфере.

Первая группа задач включает региональное или типологическое районирование земной поверхности; вскрытие системы гидрографии, дорожной сети, населенных пунктов, растительности и других элементов местности, установление их взаимосвязей; составление и обновление топографических карт и т.п.

Перечень задач второй группы более обширен. Вот некоторые из них: геологическое картирование; поисковая и эксплуатационная разведка месторождений полезных ископаемых; таксация леса; кадастровые съемки; метеорологические исследования; разведка военных объектов.

В последние годы в связи с бурным развитием космических исследований появились новые задачи по дешифрированию снимков других планет Солнечной системы. Уже получена карта Луны, отдешифрированы первые плановые снимки Марса и первые панорамы Венеры.

Перечисленные задачи могут конкретизироваться в зависимости от района работ, времени их производства, установленных сроков выполнения и т.п.

### ***Логическая структура процесса дешифрирования.***

Логическая структура процесса дешифрирования (рис. б) состоит из ступеней, ведущих исследователя от незнания к знанию. При анализе логической структуры следует исходить из ступеней познания. Исходя из этого, можно выделить три ступени дешифрирования: обнаружение, опознание, классификация. В зависимости от характера ландшафта, параметров исходных материалов, квалификации дешифровщика и других причин ступени познания могут четко разделяться или незаметно переходить одна в другую вплоть до практического слияния их.

В процессе реального дешифрирования непрерывно осуществляется переход от опознавания одного объекта к другому, от опознавания простых объектов к более сложным и наоборот. Выявляются взаимосвязи между объектами, происходит объединение выявленных объектов в природно-территориальные

комплексы. Таким образом переходят от дешифрирования отдельных объектов к дешифрированию ситуаций. Знание ситуации позволяет опять перейти к дешифрированию отдельных объектов на более высоком уровне полученной информации. Другими словами, в дешифрировании индуктивный метод сочетается с дедуктивным.

Что представляет собой каждая ступень логической структуры процесса дешифрирования аэроснимков.

Обнаружение состоит в раздельном восприятии элементов (объектов) аэрофотоизображения без выявления их сущности. Пример – обнаружено изображение прямоугольника. Обнаружение - результат зрительного ощущения или работы зрительного анализатора.

Опознавание заключается в получении целостного обособленного образа и расчленении его на элементы с установлением качественных и количественных характеристик их и в оценке полученного образа. Пример – обнаруженный прямоугольник является шлакобетонной постройкой размером 40х10х6 и с железной крышей. Из определения видно, что опознавание включает три стадии: получение целостного образа (синтез), расчленение образа на элементы и получение характеристик элементов (анализ), оценка полученного образа (синтез на высшей ступени).

Процесс опознавания складывается под воздействием тех сведений, которыми располагал исследователь к началу дешифрирования. Выделяются три принципиально различные ситуации перед опознаванием.

1. Дешифровщику ничего не известно об объекте. В этом случае необходимы полевые исследования или приходится строить предположение, которое может быть неоправданным. Такая ситуация называется порогом адекватного осмысления.

2. Дешифровщик знаком с объектом по карте, описанию или в натуре, но не знаком с его аэрофотоизображением. Он сопоставляет образ объекта с его изображением и по совпадению признаков опознает его. Такое дешифрирование имеет вероятностный характер, а ситуация называется порогом узнавания в условиях выбора.

3. Дешифровщику хорошо известен объект по личному опыту. В этом случае опознавание сводится к сравнению известного

изображения с обнаруженным, а ситуация называется порогом известного объекта.

Классификация состоит в выявлении сущности общих признаков индивидуальных объектов и в переходе от индивидуальной к обобщенной характеристике. В частности, при классификации подводят объект под принятый условный знак. Пример – опознанная постройка является скотным двором.



Рис. 6. Логическая структура процесса дешифрирования

Дешифрирование объектов – частный случай дешифрирования ситуации. Приведем психологическую модель дешифровочного процесса ситуации, которая складывается из нескольких иерархических уровней различного информационного содержания.

### ***Изобразительные и информационные свойства аэроснимков.***

Основным критерием изобразительных свойств аэроснимков является разрешающая способность фотографического изображения, т.е. способность передавать отдельно детали изображаемого объекта. Она выражается числом линий или штрихов изображаемых отдельно на ширине 1мм. Разрешающая способность фотоизображения  $R$  зависит в основном от разрешающей способности АФА ( $R_{об}$ ) и разрешающей способности фотопленки ( $R_{пл}$ ).

Она определяется по формуле:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{об}} + \frac{1}{R_{пл}} \quad (1)$$

Изобразительные свойства аэрофотоснимка не одинаковы по всему полю изображения: в центре они наилучшие, к краям аэроснимка ухудшаются.

Современные объективы, фотопленка и фотобумага позволяют получать аэрофотоснимки с разрешающей способностью около 50 лин/мм в центре и 20 лин/мм на краях. При таких возможностях минимальные линейные размеры деталей объектов, различимых на аэроснимке масштаба 1:10000, составляет 0,2 м в центре снимка и 0,5 на краях. Практически на аэроснимке минимальные размеры объекта, который можно не только различить, но и опознать (отдешифровать) составляет примерно 0,1 – 0,2 мм, что в масштабе 1:10000 соответствует 1 – 2 м.

Изобразительные свойства аэроснимков зависят от разрешающей способности и качества фотографического изображения: контрастности, тональности, цветового воспроизведения и т.д. Для улучшения качества фотоизображения

применяют соответствующие светофильтры, фотоэкспонетры и другие устройства.

С точки зрения психологии, дешифрирование аэрофотоснимков представляет собой информационно-логический процесс творческой деятельности человека в условиях недостатка или избытка информации и отсутствие заданной системы алгоритмов. Алгоритмы вырабатываются в ходе восприятия ситуации.

Недостаток информации можно объяснить многозначностью дешифровочных признаков, невозможностью определить некоторые свойства объектов в камеральных условиях (например, изображение одним и тем же тоном различных типов растительности, грунтов, невозможность однозначного определения назначения постройки). Избыток информации связан с изображением на аэрофотоснимках тех объектов, дешифрирование которых не является необходимостью при создании топографического плана, карты (движущийся автомобильный, железнодорожный транспорт, копны и стога сена, соломы).

Основная задача дешифрирования аэроснимков – извлечь как можно больше информации, необходимой для составления карты. Следовательно, качество карт и сроки их составления зависят от информационной емкости аэроснимка. В теории дешифрирования различают формальную, вероятностную и оценочную информационные емкости.

Формальная информация отражает связь объема сведений, зарегистрированных на снимке, с разрешающей способностью и контрастностью аэроснимка. Информация передается скоплением отдельно различимых точек – элементарных носителей информации. Объем информации зависит от размера точек (зерен эмульсии), из которых складывается фотоизображение, и от числа различимых на нем тонов (цветов).

Аэрофотоизображение, состоящее из  $n$  дискретных элементов (точек), каждый из которых может иметь любой из  $m$  тонов, способно принимать  $N=m^n$  число различных состояний. Число  $N$  характеризует количество информации ( $I$ ).

В теории информации принято выражать информационную емкость ( $I$ ) через логарифм числа состояний, т.е.

$$I = \log N = n \log m \quad (2)$$

Можно подсчитать число дискретных элементов фотографического изображения на аэроснимке по формуле:

$$n = 2SR \quad (3)$$

где  $S$  – площадь аэроснимка;  $R$  – его средняя разрешающая способность. Подсчитаем по формулам (2) и (3) объем информации в битах, содержащийся на аэроснимке размером  $18 \times 18$  см при разной разрешающей способности и разном количестве тонов и сведем все в таблицу 1.

Таблица 1

Разрешающая способность $R$ , лин/мин	Объем информации, бит	
	$m = 2$	$m = 10$
5	$3 \cdot 10^6$	$10 \cdot 10^6$
11	$16 \cdot 10^6$	$50 \cdot 10^6$
18	$42 \cdot 10^6$	$133 \cdot 10^6$

Из табл. 1 видно, что количество информации на аэроснимке быстро увеличивается с повышением его разрешающей способности и значительно медленнее с увеличением числа различимых тонов.

Расчет, представленный выше, интересен с точки зрения выбора и совершенствования технических средств аэрофотосъемки. Однако подсчитанное количество элементарных дискретно изобразившихся точек может иметь очень большую и очень малую смысловую информацию, в зависимости от характера, изображенного на аэроснимке ландшафта. Например, большое количество точек дает ничтожную информацию при изображении снежного покрова, песка, однообразного растительного покрова. Для оценки смыслового значения информации гораздо важнее увеличение количества тонов, чем разрешающей способности аэроснимка. Это противоположно выводу из табл. 1. Действительно, чем больше ступеней тональности, тем больше различимых контуров изобразится на аэроснимке, а, следовательно, увеличится объем информации. В то же время увеличение

количества дискретных элементов одного тона информации не добавляет.

Формулы (2) и (3) позволяют приближенно оценить объем информации на аэроснимке, так как в них используется разрешающая способность, которая как критерий качества является несовершенной. Однако информационная емкость аэрофотоснимков даже низкого качества исключительно велика.

Опытным путем установлено, что объем информации на цветных снимках на 20% выше, чем на черно-белых. В силу этого значительно повышается качество создаваемых карт и значительно, до 60%, повышается производительность труда.

Расчеты по формулам (2) и (3) предполагают, что все комбинации точек и тонов считаются равновероятностными. В реальных условиях для оценки информации следует учитывать, что вероятность таких комбинаций разная и зависит от характера ландшафта. В связи с этим было введено понятие вероятностной информации.

Оценочная информация подразделяется на полезную, условно полезную и бесполезную. Полезной будет считаться та информация, которая составляет цель дешифрирования. Условно полезная – это сведения, служащие индикаторами для получения полезной информации. Бесполезная – это сведения, не представляющие ценности, они еще называются информационным шумом. Например, для топографического дешифрирования, изображения дорог, рек – полезная информация; подходы к бреду – индикаторы для дешифрирования брода; стога сена, соломы, движущийся транспорт, не растаявший снег – информационный шум.

На основании информационных свойств аэроснимка оценивается его дешифрируемость.

Под дешифрируемостью снимков принято понимать способность их давать определенное количество информации о сфотографированной местности.

Важные значения теории дешифрирования имеют понятия полноты и достоверности дешифрирования. Полнота дешифрирования  $P$  может быть выражена отношением использованной полезной  $I_i$  информации ко всей информации  $I$ :

$$P = I_r/I \quad (4)$$

Достоверность дешифрирования показывает, насколько результаты дешифрирования соответствуют действительности. Оценка достоверности дешифрирования выполняется с помощью качественных и количественных показателей. Количественные показатели являются основными.

Достоверность дешифрирования определяется как отношение правильно распознанных объектов к их общему числу. Таким образом, оценивается важнейший этап дешифрирования – распознавание объектов.

Общее число объектов на данном участке местности обычно неизвестно. Поэтому вместо достоверности говорят о вероятности распознавания. Под вероятностью распознавания ( $P$ ) понимается частота правильного распознавания объектов ( $m$ ):

$$P = m/n \quad (5)$$

где  $n$  – число объектов, предъявленных для распознавания.

При этом должно соблюдаться условие, чтобы относительные погрешности, возникающие за счет такой замены, не превосходили бы 20%.

Абсолютную полноту и абсолютную достоверность дает только полевое дешифрирование. Камеральное дешифрирование всегда имеет полноту и достоверность меньше 100%. Задача повышения вероятности полноты и достоверности дешифрирования зависит от трех факторов: от возможностей исполнителя (дешифровщика), от качества аэроснимков, от характера ландшафта картографируемой территории.

### ***Общие дешифровочные признаки.***

Характерные особенности сфотографированных объектов местности, по изображениям которых они опознаются на аэроснимках, называются демаскирующими признаками. К ним относятся форма, размер, детали, спектральная отражательная способность (цвет) и тень объекта, а также их положение, взаимосвязь и проявление деятельности.

Дешифровочными признаками фотоизображений объектов называются демаскирующие признаки объектов в том виде, в котором они отобразились на аэроснимке: форма, размер, наличие деталей, тон, цвет, структура изображения и др. Они (признаки) дают возможность различать фотографические изображения аэроснимков. В них проявляются характерные особенности фотоизображений. С распознавательной точки зрения дешифровочные признаки – это те же демаскирующие признаки в виде, передаваемом аэрофотоснимком. Дешифровочные признаки являются средством изучения, сопоставления и различия фотоизображений объектов.

Демаскирующие и дешифровочные признаки разделяются на прямые и косвенные. Прямые признаки присущи самим объектам и их фотоизображениям. К ним относятся: форма, размер, детали, структура, тон (цвет) и тень. Прямые признаки без привлечения других данных с той или иной степенью достоверности обеспечивают непосредственное распознавание объектов. Чем больше вскрыто прямых признаков, тем достовернее результат дешифрирования.

*Прямые признаки* – это конкретные характеристики свойств объектов и их фотоизображений. Они лежат «на поверхности» и определяются простыми способами, путем наблюдения и измерения фотоизображений, поэтому прямые признаки широко используются при дешифрировании.

Прямые дешифровочные признаки часто недостаточны для дешифрирования по следующим причинам:

– объекты или их характеристики не изобразились на аэроснимках (например, подземные сооружения, назначение построек);

– объекты не имеют определенных устойчивых дешифровочных признаков, один и тот же признак соответствует различным объектам (например, прямоугольную форму может иметь жилой дом, сарай, баня, гумно), один и тот же объект имеет различные дешифровочные признаки (например, водная поверхность в зависимости от освещенности и мутности изображается разными тонами).

В связи с этим прибегают к косвенным дешифровочным признакам.

*Косвенные дешифровочные признаки* непосредственно к объекту не относятся. Сами по себе они не обеспечивают распознавание объектов. Однако они указывают на наличие объекта, не определяемого по прямым признакам или не изобразившегося на аэроснимке (например, туннель опознаются по разрыву фотоизображения железной дороги, пересекающей гору) способствуют устранению неоднозначности решений, принятых по результатам анализа прямых признаков, позволяют получать дополнительные характеристики объектов. К косвенным признакам относятся местоположение (размещение) объектов, взаимосвязь объектов и результаты хозяйственной деятельности человека, в том числе следы работы техники и машин. Найти на аэроснимке косвенные признаки объектов сложнее, чем прямые. Косвенные дешифровочные признаки основаны на существующих в природе закономерных взаимосвязях пространственного размещения отдельных объектов или комплекса объектов (компонентов ландшафта или природно-территориальных комплексов) или между природными объектами (комплексами) и результатами хозяйственной деятельности человека.

Те объекты (комплексы), наличие и свойства которых указывают на наличие и свойства других объектов, называют индикаторами, а метод дешифрирования по косвенным признакам – индикационным.

Использование косвенных признаков требует всестороннего анализа аэрофотографического изображения большого участка местности, а поэтому дешифрирование предпочтительнее вести на фотопланах (фотосхемах).

Часто выделяют еще *комплексные дешифровочные признаки*, к которым относят сочетание в определенной закономерности прямых признаков объектов, образующих природно-территориальные комплексы. К ним относятся: соотношение площадей, занятых различными объектами; соотношение числа различных объектов; пространственная ориентация и характер распределения различных объектов; сочетание и видоизменение форм отдельных объектов по определенному закону тонов различных объектов. Комплексные

признаки связаны со структурой объектов или рисунком аэрофотоизображения, отражающего характер ландшафта. Поэтому дешифрирование по комплексным признакам называют ландшафтным.

Демаскирующие и дешифровочные признаки также делятся на постоянные и временные. Постоянными признаками являются форма, размер, структура, местоположение и взаимосвязь объектов; временными – детали, тон и цвет, тень, следы деятельности объектов. Временных признаков может и не быть. Назначение и роль в дешифрировании отдельных демаскирующих и дешифровочных признаков различна.

Прямые дешифровочные признаки.

Прямыми дешифровочными признаками называются те свойства объектов, которые передаются непосредственно и воспринимаются дешифровщиками на снимках. К ним относятся форма, размер, тон (цвет), структура (рисунок), текстура, и тень (форма и величина) изображения объектов.

Основным прямым признаком, по которому устанавливается наличие объекта и его свойства, является форма изображения. Зрительная система наблюдателя в первую очередь выделяет именно очертания предметов, их форму. Вид внешнего контура (форма) объекта – главный прямой признак искусственных объектов, поскольку для них, как правило, характерны геометрически правильные очертания.

Элементы формы присущи и естественным образованиям: руслам рек и озерам, границам лесов, лугов и др. Однако эти формы, как правило, не определены, далеки от формы правильных фигур. Форма изображения объекта с изменением свойств аэроснимка меняется незначительно. Так формы объектов и их изображений сохраняются на плановых аэроснимках с соблюдением подобия контуров природы, но в меньших размерах, в зависимости от масштаба снимка. В центре снимка плановость сохраняется полностью, а на его краях высокие предметы, например фабричные трубы, высотные здания изображаются как бы наклонными, причем наклон направлен к центру аэроснимка. Перспективное фотографирование искажает изображение формы объектов, а мелкий масштаб изображения дальнего плана на перспективных аэроснимках вызывает потерю очертаний объектов.

С уменьшением масштаба, например, исчезают только некоторые детали формы, которые практически на результатах распознавания не сказываются. Это не относится к большим площадным объектам и ситуации, изображенной на зимних аэроснимках. В первом случае форма может трансформироваться из-за влияний искажений за перспективу и рельеф, во втором – снежный покров деформирует правильные геометрические очертания.

Различают геометрически определенную и неопределенную форму. Первая служит надежным дешифровочным признаком и относится к всякого рода искусственным сооружениям (постройки, мосты и др.). Вторая характерна для многих природных объектов площадного типа (луга, леса, пашни и др.) и часто не может служить определенным дешифровочным признаком. Еще различают компактную, линейную (вытянутую), плоскую и объемную формы. Для дешифрирования имеет значение то, что вытянутую (линейную) форму можно распознать на аэроснимках более мелкого масштаба, чем компактную форму, и на второй стадии зрительного ощущения (расчлененное видение). Особенность рисунка вытянутой формы часто является важным дешифровочным признаком (по характеру извилистой формы можно отличить дорогу от реки). Под стереоскопом всегда можно отличить плоскую форму от выпуклой (дом, насыпь) и вогнутой (яма, канава). Пространственная форма объекта является надежным дешифровочным признаком для опознавания искусственных и природных объектов.

Размер – менее определенный, чем форма дешифровочный признак. Только в некоторых случаях по размеру можно опознать дешифрируемые объекты. Размеры объектов и их изображения являются основным критерием различия между ними, если их форма примерна одинакова. Часто по размерам косвенным путем получают характеристику объекта (назначение постройки, грузоподъемность моста и др.). Чтобы правильно дешифрировать аэроснимки, необходимо учитывать соотношения размеров объектов. Их сопоставление осуществляется не только визуально, но и инструментально. Например, путем измерения на аэроснимках высоты древесной растительности можно отличить поросль леса от взрослого леса. Определение объектов может выполняться не только по их относительным, но и по абсолютным размерам. Так,

измерив на аэроснимке изображение определяемого объекта в плане, а если надо и по высоте, и зная размеры этого объекта в натуре, можно судить о самом объекте. Например, по ширине полотна дороги можно отличить шоссе от усовершенствованного шоссе и автострады. В этих случаях необходимо учитывать влияние смазов и других причин, вызывающих изменение размеров изображений. При этом, чем меньше размеры объектов и мельче масштаб фотографирования, тем большим изменениям подвергаются размеры их изображений.

Действительную величину объекта можно определить по масштабу аэроснимка или путем сравнения размера изображения распознаваемого объекта, с размером изображения другого объекта по формуле:

$$L = L' l / l' \quad (6)$$

где  $L$  – длина (ширина) определяемого объекта в натуре (на местности), м;

$L'$  – длина (ширина) изображения определяемого объекта на снимке, мм;

$l'$  – длина (ширина) изображения известного объекта на снимке, мм.

Определять величину объекта можно, пользуясь его масштабом, по формуле:

$$L = lm \quad (7)$$

где  $m$  – знаменатель численного масштаба аэроснимка;

$l$  – размеры объекта на аэроснимке.

Тон (степень почернения) фотоизображения объектов позволяет выделить объект на окружающем фоне. Все многообразие цветов объектов местности передается на аэроснимке тонами серого цвета различной плотности, что позволяет отличать одни объекты от других. Степень почернения фотоэмульсии в соответствующем месте изображения объекта, а в последующем – почернения на позитивном отпечатке (снимке), является логарифмической функцией яркости изображаемого объекта. Различная интенсивность световых лучей, отражающихся от фотографируемых предметов и попадающих на светочувствительную пленку, приводит к различной степени почернения эмульсионного слоя. Тон фотоизображений признак

весьма переменный и зависит от многих причин. Перечислим основные из них:

- отражательная способность объекта (предмета), чем интенсивнее он отражает световые лучи, тем светлее его изображение на аэроснимке;

- освещенность предмета, чем больше освещен он, тем светлее его изображение на аэроснимке, наибольшую освещенность имеет та часть предмета, на которую солнечный свет падает отвесно;

- структура (внешнее строение) поверхности объекта, чем глаже поверхность, тем светлее она получается на аэроснимке (грунтовая дорога, проложенная через вспаханное поле изобразится значительно светлее пашни, несмотря на то, что их цвет в натуре почти одинаков);

- светочувствительность фотографической эмульсии, на разных типах фото- пленки один и тот же объект изображается различным тоном;

- время года, когда выполнялась аэрофотосъемка, летом большое разнообразие тонов и на аэроснимке тон одного объекта может быть похожим на тон другого; осенью и весной из-за влажности – аэроснимки получаются более пестрого и темного тона.

Объекты местности редко изображаются однородным тоном. Только гладкие или очень однообразные поверхности дают однородный тон (водная, снежная, глинистая и другие поверхности). На общем фоне однородного тона довольно часто встречаются более темные или более светлые разводы и другие нарушения однородности.

Опытным путем установлено, что человеческий глаз способен визуально различать до 25 ступеней серого цвета. Определение градации ступеней тона изображения по измеренным оптическим плотностям позволяет автоматизировать процесс дешифрирования.

Цвет изображения объектов при аэрофотосъемке с натуральной или условной цветопередачей отличается относительно большим постоянством, чем тона на черно- белых снимках. Цветовых различий в изображении объектов на аэроснимках во много раз больше, чем различий серых тонов.

Объективных стандартных критериев оценки цветов нет, поэтому используют специальные атласы, где основная характеристика цветов дается по цветовому тону, а дополнительная – по насыщенности и светлоте цветов. Дополнительно к характеристике цвета добавляют название предмета, имеющего характерную окраску.

При дешифрировании цветных аэроснимков следует учитывать факторы, отклоняющие цвета от натуральных. Цвета объектов изменяются при изменении высоты Солнца. Они также искажаются в процессе фотообработки. С удалением аэрофотоаппарата (АФА) от объекта гамма цветов тоже сокращается.

Изображение тени объектов на аэроснимке является противоречивым дешифровочным признаком. В одних случаях только по тени можно опознать объект или же получить важные характеристики его, в других случаях тень мешает дешифрированию, закрывая объекты или их детали, и тогда она является информационным шумом. Так при распознавании объемных объектов малого размера и контраста решающая роль принадлежит тени объекта и ее изображению на аэроснимке. По тени легче судить о форме и высоте объекта. Различают собственные и падающие тени (рис. 7).

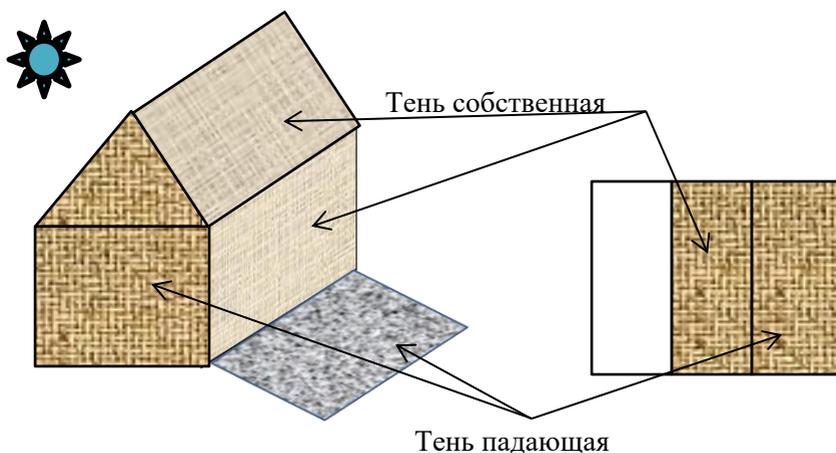


Рис. 7. Тени от объекта и их изображение на аэроснимке

Собственной называется тень, покрывающая часть объекта, не освещенную Солнцем. Наличие собственной тени подчеркивает объемность объекта. Резкие границы между освещенными и затененными частями свидетельствуют о наличии угловатых изгибов поверхности объекта. Плавные изгибы поверхности передаются постеленными переходами от света к тени.

Тень, которую объект отбрасывает на земную поверхность, называется падающей. Такие тени передают форму объектов в виде близком к привычному, и в ряде случаев она является единственным дешифровочным признаком. Вытянутые вверх объекты лучше всего дешифрируются по падающим теням. Однако между формой тени и формой объекта при виде сбоку нет абсолютного подобия, так как тени на земную поверхность проектируются косыми лучами. При наличии рельефа тени искажаются: в зависимости от направления наклона местности они удлиняются или укорачиваются.

Направление падения теней и соотношение света и тени объектов создают изменяющуюся теневую пластику изображения.

Часто контраст тени и фона может превосходить контраст объекта и фона (например, отдельно стоящее дерево на лугу, глинобитный дом на глинистой поверхности). В таких случаях повышается ценность тени как дешифровочного признака.

Во многих случаях по измерению длины тени можно быстрее и точнее определить высоту объекта, чем с помощью стереоизмерений. Если размер тени превосходит размер объекта, то повышается точность измерения высот. Для определения высоты предмета по длине тени методом сравнения служит формула:

$$h = h' \frac{l}{l'} \quad (8)$$

где  $h$  – высота определяемого объекта, м;

$h'$  – высота известного объекта, м;

$l$  – длина изображения тени определяемого объекта, мм;

$l'$  – длина изображения тени известного объекта, мм.

Структура (вид рисунка) поверхности объектов местности и их изображения на аэроснимке представляет собой множество

изображений однотипных деталей и может рассматриваться как сочетание, совокупность нескольких признаков (тон, размеры, форма, взаимоположение и др.) образующих поверхность объекта. Это сложный признак, объединяющий все другие. При этом структура характеризуется также и новыми свойствами, обусловленными повторяемостью, размещением и количеством этих непосредственно распознаваемых деталей. Этот признак является очень устойчивым, на него в меньшей степени, чем на другие признаки влияют свойства полученных аэроснимков. Так, масштабные преобразования почти не меняют характер зернистости структуры. По этой причине она (структура изображения) для целого ряда объектов, особенно относящихся к растительному покрову и грунтам, а также элементам рельефа, не выражающимся горизонталями, является одним из наиболее конкретных прямых признаков. Так, например, внешний вид поверхности леса образуют кроны деревьев. На аэроснимке изображение леса выглядит в виде зернистой структуры. Характер этой структуры обусловлен главным образом формой кроны, ее размером и сомкнутостью. По характерной крупнозернистой структуре изображения хорошо дешифрируются леса, по мелкозернистой – поросль леса, по геометрически правильной структуре – фруктовые сады, посадки ягодных кустарников, технических культур. Геометрически правильную структуру изображения могут иметь также населенные пункты – квартальную прямоугольную. Часть объектов характеризуется ровной или гладкой структурой, т.е. их изображение на аэроснимках не содержит рисунка. Примером такой структуры могут быть контуры однородной травянистой растительности, моховой покров, однородные обнаженные грунты, водоемы, асфальтовые и другие покрытия.

Детали объектов и изображений, их характер и количество дают представление о сложности объекта, позволяют отличать данный объект от ему подобных. Так, данные о характере насыпей, выемок, мостов и переездов помогают классифицировать дороги, а количество и состав вспомогательных корпусов, складов сырья и готовой продукции и т.п. позволяют определить тип промышленных предприятий. Детали объектов могут характеризовать объект, например, дымоходные трубы, крыльцо и слуховые окна – жилые дома, или быть в свою очередь объектами,

самостоятельно изображенными на карте, например, насыпь, выемка, мост, водосточная труба на дороге. Таким образом «детали объектов» являются прямыми демаскирующими и дешифровочными признаками.

#### *Косвенные дешифровочные признаки.*

Косвенные дешифровочные признаки основываются на возникших в природе закономерных взаимосвязях пространственного размещения отдельных объектов или комплексов объектов местности. Они указывают на наличие или характеристику объекта не изобразившегося на аэроснимке или не определенного по прямым признакам. Косвенные дешифровочные признаки проявляются в приуроченности местоположения одних объектов к другим, а также в изменении свойств одних объектов в результате влияния на них других.

Причиной приуроченности является взаимосвязь объектов, а иногда взаимозависимость одних объектов от других. Вскрытие по аэроснимку того или иного объекта часто вызывает необходимость поиска других «сопутствующих» элементов местности и специальных объектов и наоборот. Известна тесная связь между составом и характеристиками леса, влажностью и типом почвы. На песчаных и подзолистых почвах средней и малой влажности произрастают главным образом хвойные леса. Лиственные леса чаще встречаются на жирных почвах. Таким образом, по результатам дешифрирования лесных массивов можно судить о характере грунта, почвы, грунтовых вод и других элементов среды. Еще нагляднее это проявляется для искусственных объектов. Так промышленные объекты, особенно использующие природные ресурсы, часто сооружаются вблизи источников сырья, вредные производства возводятся на удаленном расстоянии от населенных пунктов и т.п.

По приуроченности и местоположению опознаются:

1. Объекты, прямые признаки которых проявляются недостаточно четко или не в полной мере (объект не распознается). Например, жилые постройки от нежилых в сельской местности отличаются по расположению ближе к улице, чем нежилые. Дороги и тропы, подходящие к реке и начинающиеся на другом берегу, позволяют судить о наличии переправы (паром, лодочные перевозы), или о наличии пешего, конного, др. брода. Скопление судов у

берегов говорит о наличии пристани, по внешнему виду судов можно судить о типе пристани (грузовая, пассажирская и др.), глубине реки и т.д.

2. Объекты, закрытые, замаскированные другими объектами. Например, если известно, что в мохово-пушицевых болотах пушица всегда сопровождается мхом, то по пушице, изображающейся белым тоном, можно уверенно дешифровать мох.

3. Объекты, появляющиеся (функционирующие) во время, не соответствующее времени аэрофотосъемки. Примером могут служить пересыхающие летом водоемы, которые дешифрируются по наличию котловинообразных понижений, при условии, если известно, что весной эти котловины заполняются водой.

Взаимосвязь объектов, как демаскирующий (дешифровочный) признак проявляется в изменении прямых признаков объекта под воздействием на него других объектов.

По изменениям в свойствах одних объектов в результате влияния на них других недешифрируемых объектов опознаются:

1. Объекты, замаскированные (закрытые) другими объектами. Например, наличие заболоченных участков в лесу отражается на форме полога леса. Леса на болотах угнетенные, поэтому имеют меньшую высоту деревьев, более светлые и мелкие кроны и меньшую сомкнутость крон, чем в нормально произрастающих лесах. Это позволяет по форме полога леса распознавать заболоченные участки в лесах.

2. Отсутствующие на поверхности земли объекты оказывают влияние на свойства маскирующих (закрывающих) их объектов, в результате чего прямые признаки этих объектов изменяются. В связи с этим такие объекты довольно часто могут быть установлены по особенностям прямых признаков маскирующих их объектов. Например, подземные осушительные сети изменяют условия влажности почвы. Там, где заложены осушительные дренажи, почва над ними изображается более светлым тоном, чем на промежуточных между этими дренажами участках. Светлые полосы позволяют уверенно отдешифровать дренажную сеть.

Признаки местоположения и взаимосвязи объектов часто проявляются совместно и используются как индикаторы других

объектов. Например, на обоих берегах реки в районе брода имеются дороги или троны (проявление признака – месторасположения объектов), кроме того, крутые берега реки в местах спуска к реке – разрыты. Их прямые признаки (высота, тон, цвет) отличаются от соседних участков берега (проявление признака – взаимосвязь объектов).

Следы деятельности как демаскирующий (дешифровочный) признак действующих объектов играет особую роль в процессе дешифрирования. Наибольшее применение этот косвенный признак имеет для определения характеристик искусственных объектов, промышленных предприятий, дорог, военных объектов и т.п. Однако это присуще и некоторым естественным объектам. Например, по характеру воздействия воды на берег определяется направление течения реки и свойства грунтов.

Использование косвенных признаков дешифрирования объектов, когда отсутствуют прямые признаки, в каждом конкретном случае производится на основе географической изученности района с учетом вероятности появления того или иного признака.

Важным косвенным признаком является повторяемость и характер размещения однородных объектов на аэроснимке. По этому признаку легко обнаружить, например, 28 луга (по копнам в поле). Некоторые косвенные признаки просты, общеизвестны и применимы во всех географических районах, например установление бродов по подходам к рекам дорог. Часто косвенные признаки различны для различных физико- географических условий, и для их выявления и для получения более глубоких взаимосвязей требуется предварительная исследовательская работа с привлечением литературы, мелкомасштабных карт, снимков-эталонов. Так более низкие места имеют относительно большую увлажненность и, следовательно, изображаются на аэроснимке более темным тоном. Например, темные места на пашне говорят о наличии впадин или лощин.

#### *Комплексные дешифровочные признаки.*

В некоторых случаях, особенно при отраслевых дешифрировании, удобно заранее составлять комбинации прямых и косвенных признаков, с помощью которых можно охарактеризовать значительные совокупности объектов. Например, в ландшафтном

дешифрировании выделяют комплексные признаки, которые отражают структуру при- родно-территориальных комплексов и является более определенными и устойчивыми, чем прямые признаки их элементов. К таким признакам относят:

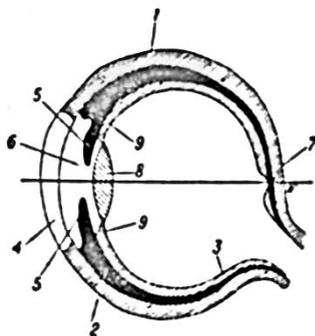
- соотношения площадей, занятых различными объектами;
- соотношения числа различных объектов;
- пространственную ориентацию, характер распределения объектов, а также другие, т.е. даются хотя бы приближенные координаты, облегчающие нахождение его местоположения (например, сказано, что в каком-то сельском населенном пункте имеется больница, школа, и т.п.).

При дешифрировании аэроснимков малоисследованных районов, исполнитель часто сталкивается с объектами, совершенно ему неизвестными. Географическое изучение районов работ позволяют установить существо этих объектов – форму, размеры и другие особенности, знание которых обеспечивает установление дешифровочных при знаков этих неизвестных ему ранее объектов. Так, правильное опознавание неизвестных ранее исполнителю промышленных предприятий невозможно без предварительного ознакомления со структурой этих предприятий.

## ЛЕКЦИЯ № 2 Физиологические основы дешифрирования

### *Визуальное дешифрирование*

Окружающий мир воспринимается человеком через органы чувств, из которых одним из основных является зрение. Дешифрирование снимков является физиологическим процессом, который связан с работой зрительного анализатора. Глаз – сложная и совершенная система, представляющая собой почти правильный шар диаметром 22 – 23 мм. Его наружная оболочка – склера 2 (рис. 8) защищает глаз от внешних воздействий.



1. Сосудистая оболочка
2. Склера (наружная оболочка глаза)
3. Слепое пятно (место вхождения в яблоко зрительного нерва)
4. глазное яблоко
5. Роговица
6. Радужная оболочка
7. Зрачок
8. Желтое пятно (центральная ямка)
9. состоящая из колбочек
10. Хрусталик
11. Мускулы удерживающие хрусталик

Рис. 8. Строение глаза

Склера состоит из хряща и является как бы скелетом глаза. Передняя часть склеры 4 прозрачна, называется она роговой оболочкой. Сосудистая оболочка в передней части оканчивается радужной оболочкой 5, с отверстием 6, называемым зрачком. При ярком освещении объектов, наблюдаемых глазом, зрачок суживается до 2мм, а при слабом– расширяется доходя до 8 мм.

Таким образом, зрачок является регулятором поступления света в глаз, т. е. как бы его диафрагмой.

Сетчатка глаза состоит из многочисленных разветвлений зрительного нерва- палочек и колбочек, которые представляют собой светочувствительные клетки, воспринимающие действие света. Раздражение, полученное палочками и колбочками при воздействии на них света, передается в мозг человека.

Наиболее чувствительной частью сетчатки является углубление в средней части, так называемого желтого пятна 7, которое имеет диаметр 0,4 мм и называется центральной ямкой. В этой области сетчатки палочки совсем отсутствуют, а колбочки расположены наиболее тесно друг к другу. С помощью колбочек глаз способен различать наиболее мелкие подробности предмета. Палочки более чувствительны к свету, с их помощью человек может наблюдать слабо освещенные предметы.

Спереди глаза, за зрачком, расположен хрусталик 8, представляющий собой линзу. Хрусталик удерживается при помощи мускулов 9. Прямая, соединяющая центр желтого пятна с центром хрусталика, называется зрительной осью глаза. Таким образом, устройство глаза можно сравнить с устройством фотоаппарата, объективом которого является хрусталик, диафрагмой - зрачок, а матовым стеклом- сетчатка.

Когда мы смотрим на какой-либо предмет, то лучи света, идущие от этого предмета, проходят через хрусталик и попадают на сетчатку, где образуют изображение предмета. Так как расстояние между хрусталиком и сетчаткой остается всегда постоянным, то для получения резкого изображения на сетчатке как близких, так и далеких предметов с помощью особых мышц изменяется кривизна поверхности хрусталика, вследствие чего изменяется его фокусное расстояние. При рассматривании близких предметов мышцы глаза сжимают хрусталик, поэтому он становится более выпуклым, при рассматривании же далеких предметов - выпуклость хрусталика уменьшается. Способность глаза приспособливаться к рассматриванию предметов, удаленных на различные расстояния, называется аккомодацией.

Необходимо отметить, что кривизна хрусталика может изменяться только в определенных пределах, поэтому фокусное расстояние хрусталика не может изменяться безгранично. Именно

по этой причине глаз не может видеть ясно предметы, расположенные близко к нему. Расстояние, на котором глаз отчетливо видит предметы при минимальном напряжении мышц хрусталика, называется расстоянием наилучшего зрения. Для нормального глаза взрослого человека это расстояние составляет около 250 мм.

Предметы можно рассматривать одним либо двумя глазами. Зрение одним глазом называется монокулярным. При рассматривании предмета наблюдатель направляет зрительную ось глаза на него так, чтобы изображение предмета получилось на желтом пятне.

Угол, под которым виден предмет из центра хрусталика, называется углом зрения. Очевидно, что чем больше угол зрения, тем крупнее получается изображение предмета на сетчатке глаза и наоборот. Один и тот же предмет может быть виден глазу под различными углами зрения - все зависит от расстояния, на котором предмет находится от глаза. При увеличении этого расстояния угол зрения убывает (уменьшается), а следовательно уменьшается и размер изображения на сетчатке. В таком случае глаз перестает различать детали предмета.

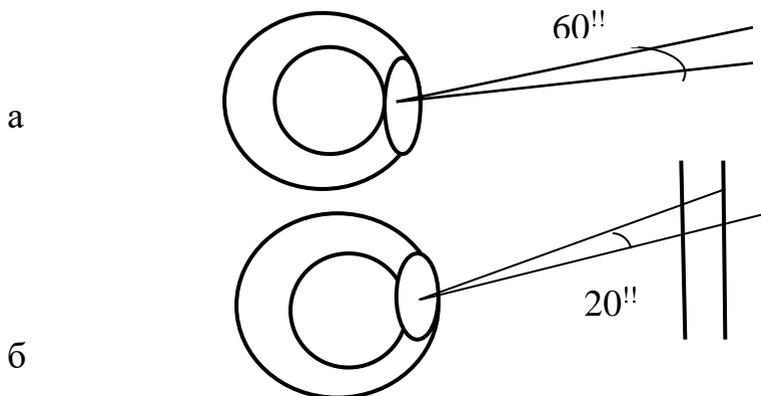


Рис .9. Острота монокулярного зрения

Наименьший угол зрения, под которым глаз видит раздельно две ближайшие точки, называется остротой

монокулярного зрения первого рода. Для нормального глаза она (острота) равна 60" (рис. 9 а)

Остротой монокулярного зрения второго рода называется минимальный угол зрения под которым глаз отдельно видит две параллельные линии. Этот угол равен 20" (рис. 9 б).

Повысить остроту монокулярного зрения можно путем увеличения угла зрения. На практике это достигается с помощью оптических линз, через которые предметы видны в увеличенном виде, что позволяет рассмотреть такие детали предмета, которые ускользают от невооруженного глаза.

Монокулярное зрение позволяет наблюдателю правильно судить только о размерах и внешнем очертании предметов. О пространственном расположении и объемной форме предметов наблюдатель при монокулярном зрении получает лишь примерное представление, используя для этого лишь свой жизненный опыт.

Так известно, что яркость предметов с увеличением расстояния до них от наблюдателя уменьшается. Поэтому более яркие предметы нам кажутся более близкими. Сравнение наблюдаемых предметов, размеры которых известны из опыта, аккомодация и частичное заораживание удаленных предметов более близкими также дают некоторое представление о расположении предметов в пространстве.

Зрение двумя глазами называется **бинокулярным**.

*Бинокулярное зрение* – зрение двумя глазами. При рассматривании какой либо точки объекта  $F$  наблюдатель поворачивает глаза так, чтобы изображения этой точки в обоих глазах проектировалось в центральные ямки  $f_1$  и  $f_2$ . Точка  $F$ , в которой пересекаются зрительные оси глаз, называется точкой фиксации.

Расстояние  $b$  между центрами  $O_1$  и  $O_2$  хрусталиков левого и правого глаз называется глазным базисом. Его величина у людей различна и колеблется от 58 до 72 мм при среднем значении 65 мм, что обязательно учитывается в конструкциях фотограмметрических приборов.

Изображения  $f_1$  и  $f_2$  одной и той же точки объекта  $F$ , полученных на сетчатках глаз, называются *соответственными точками*, а оптические лучи  $Ff_1$  и  $Ff_2$  *соответственными лучами*.

Заметим, что любая пара соответственных лучей (и, следовательно точек) всегда лежит в одной плоскости.

Линия проходящая через заднюю узловую точку хрусталика и середину центральной ямки, называется *зрительной осью* глаза. Угол, под которым пересекаются зрительные оси, называется *углом конвергенции*.

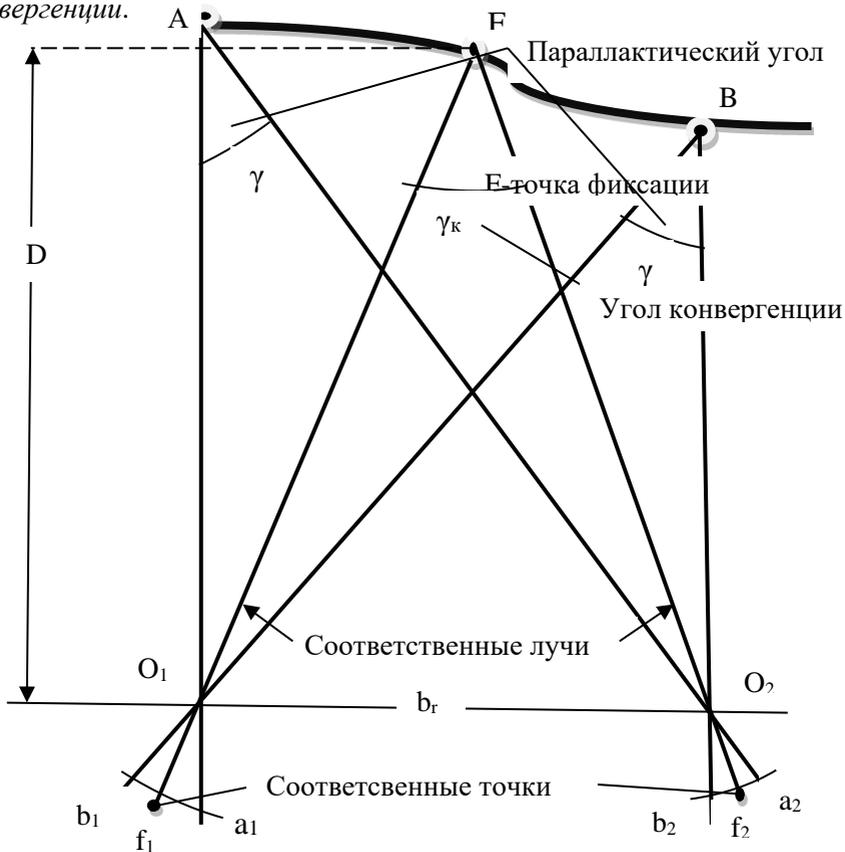


Рис. 10. Бинокулярное зрение

Углы между соответственными лучами называются *параллактическими углами*. Угол конвергенции, как и параллактический угол – величина малая, и для его вычисления

можно использовать следующую формулу вытекающую из рисунка 10.

$$\gamma = \frac{b_r p}{D} \quad (9)$$

где  $b_r$  - глазной базис;  $D$  - удаление наблюдателя от рассматриваемой точки.

Для расстояния наилучшего зрения ( $D = 250$  мм) угол конвергенции равен  $15^\circ$  ( $65 \times 57,3 / 250 = 14,9$ ).

Остротой бинокулярного зрения первого рода называется наименьшая разность параллактических углов, при которой наблюдатель видит две отдельные точки. Опытным путем установлено, что у опытных специалистов, выполняющих фотограмметрические измерения, острота бинокулярного зрения первого рода достигает 10 секунд.

Минимальная разность параллактических углов, при которой наблюдатель видит две параллельные линии, называется остротой бинокулярного зрения второго рода. Установлено, что у опытных специалистов она может достигать 5 – 7 секунд.

С удалением точки фиксации от главного базиса уменьшается угол конвергенции, и при его величине, равной остроте бинокулярного зрения первого рода, наблюдатель уже не воспринимает глубины пространства. Отстояние, при котором угол конвергенции равен остроте бинокулярного зрения первого рода, называется *радиусом невооруженного бинокулярного зрения*.

*Стереоскопическое зрение.*

При непосредственном рассматривании предметов бинокулярное зрение позволяет наблюдателю, кроме размеров внешнего очертания предметов, ощутить их объемную форму и взаимное расположение их в пространстве.

Бинокулярное зрение, при котором хорошо воспринимается объемная форма предметов и их взаимное расположение в пространстве, называется стереоскопическим.

Геометрическая сущность стереоскопического зрения заключается в том, что при рассматривании пространства на сетчатках левого и правого глаза возникают изображения, отличающиеся друг от друга. Подсознательно сравнивая эти

изображения, мы получаем представление о пространственном расположении наблюдаемых предметов.

При стереоскопическом зрении наблюдатель направляет зрительную ось глаза на ту точку предмета, которую он хочет детально рассмотреть. Такая точка предмета называется точкой фиксации.

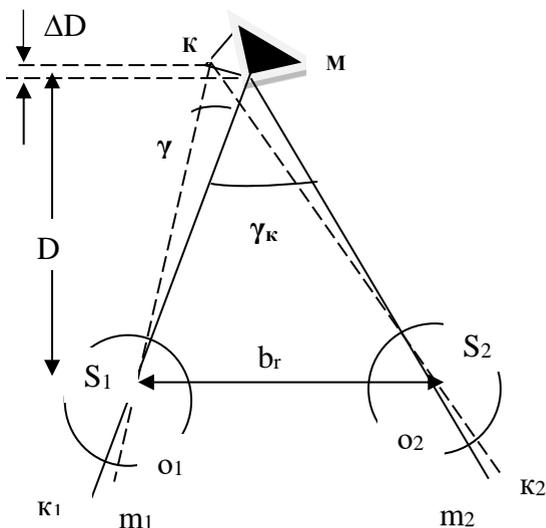


Рис.11. Угол конвергенции и параллактический угол при бинокулярном зрении

Предположим, что наблюдатель, у которого центры хрусталиков глаз расположены в точках  $S_1$  и  $S_2$ , рассматривает точки  $M$  и  $K$  предмета (пирамида) (рис. 11).

Фиксируя внимание на точке  $M$  пирамиды, наблюдатель поворачивает глаза так, чтобы ее изображение (точки  $m_1$  и  $m_2$ ) оказались в центрах ямок  $O_1$  и  $O_2$ , т.е. в наиболее чувствительных частях сетчатки.

Угол между зрительными осями  $S_1 M$  и  $S_2 M$  называется углом конвергенции и обозначается буквой  $\gamma_k$ . Величина угла  $\gamma_k$  тем меньше, чем больше расстояние от глаза наблюдателя до точки фиксации. Подсчитано, что при рассматривании предметов на

расстоянии наилучшего зрения (250 мм) угол конвергенции не превышает  $16^\circ$ .

При фиксировании внимания на точке М наблюдатель одновременно видит и другие точки предмета, например точку К, изображение которой получается на сетчатке вблизи точек  $O_1$  и  $O_2$ . Угол под которым наблюдатель видит точку К, называется параллактическим углом и обозначается буквой  $\gamma$ . Чем больше расстояние от глаза наблюдателя до точки К, тем меньше параллактический угол. Пользуясь величиной угла конвергенции, можно определить расстояние D от глаза наблюдателя до предмета. С этой целью выведем формулу, выражающую зависимость между расстоянием D и углом конвергенции  $\gamma_k$  (см. рис. 11). Считая треугольник  $S_1MS_2$  равнобедренным, найдем

$$\frac{br}{2D} = \tan \frac{\gamma}{2} \quad (10)$$

Для случаев, когда угол  $\gamma$  мал, подходит приближенное равенство

$$D = \frac{br}{2\gamma} \quad (11)$$

Исследование показали, что наблюдатель более точно оценивает не расстояние D, а разность этих расстояний  $\Delta D$ . Это выполняется путем сравнения параллактических углов с углом конвергенции.

Неравенство параллактического угла углу конвергенции воспринимается наблюдателем как разность смещений изображений какой-либо точки на сетчатке глаза относительно изображений точек фиксации. Так смещение по глубине точки К относительно точки М на величину  $\Delta D$  ощущается по разности дуг  $m_1 K_1$  и  $m_2 K_2$ . Эта разность называется физиологическим параллаксом и обозначается буквой  $\sigma$

$$\sigma = m_1 K_1 - m_2 K_2 \quad (12)$$

Величина физиологического параллакса  $\sigma$  будет тем больше, чем больше разность расстояний от наблюдателя до точки М и К. Если расстояние от наблюдателя до точки фиксации равно расстоянию до другой какой-либо точки, то физиологический

параллакс равен нулю ( $\sigma_1 = b'a' - b''a'' = 0$ ). В этом случае параллактический угол равен углу конвергенции.

Таким образом, благодаря физиологическому параллаксу наблюдатель воспринимает объемные формы предметов и их взаимное расположение в пространстве, т.е. видит предметы стереоскопически.

Стереоскопическое зрение также имеет свои пределы. Предельная разность параллактического угла и угла конвергенции  $\gamma_k - \gamma = \Delta\gamma_{\min}$ , воспринимаемая наблюдателем, называется остротой стереоскопического зрения. Так же, как для монокулярного зрения, острота стереоскопического зрения может быть первого и второго рода. Острота стереоскопического зрения первого рода (для точек) равна 25"-30", а второго рода (для параллельных линий) равна 10"-15".

Пользуясь величиной  $\Delta\gamma_{\min}$ , можно найти то предельное расстояние от наблюдателя, дальше которого предметы не воспринимаются стереоскопически. Подставим в формулу значение  $\Delta\gamma_{\min} = 25''$  и  $b_r = 65$  мм, получим

$$D = \frac{b_r}{\Delta\gamma_{\min}} = \frac{0.065 \cdot 206265}{25} = 500 \text{ м} \quad (13)$$

Следовательно, если точка фиксации и другая наблюдаемая точка удалены от наблюдателя более чем на 500 м, то разность между параллактическим углом и углом конвергенции будет меньше величины, характеризующей сторону стереоскопического зрения первого рода, поэтому, как бы ни было велико удаление наблюдаемой точки от точки фиксации, наблюдатель ощутить его не сможет.

### ***Получение стереоскопического эффекта по аэроснимкам.***

Восприятие глубины возможно при рассмотривании не только объектов, но и их изображений, полученных по законам центрального проектирования при выполнении следующих условий, вытекающих из особенностей бинокулярного зрения.

1. Снимки должны быть получены из двух точек пространства.

2. Разность масштабов снимков не должна превышать 16% от их величины.

3. Угол конвергенции, под которым пересекаются соответственные лучи, не должен превышать  $15^\circ$  и соответствовать аккомодации.

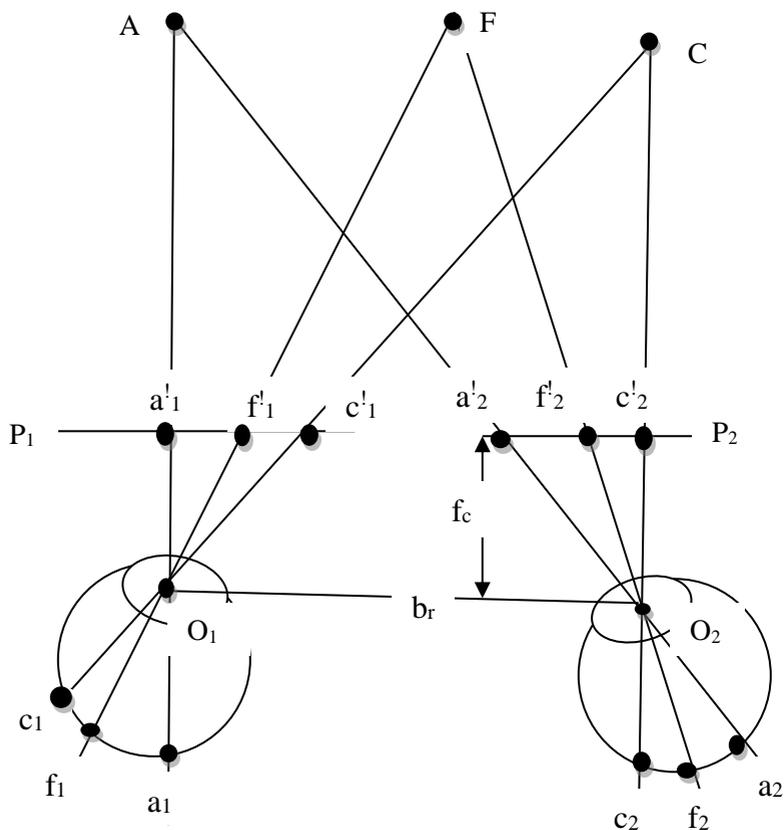


Рис.12. Получение стереоэффекта при рассматривании снимков

4. Снимки нужно развернуть в своих плоскостях так, чтобы линии, соединяющие одноименные точки, были параллельны главному базису.

5. Каждый глаз должен видеть только один (левый или правый) снимок.

6. Рассматривая два таких снимка с учетом перечисленных условий, наблюдатель может получить единое пространственное изображение – стереоскопический эффект.

Ранее было установлено, что при бинокулярном зрении по величине физиологического параллакса наблюдатель ощущает пространственное расположение предметов. Такая же картина получается, если рассматривать не сам предмет, а два его фотографических изображения, полученных из двух различных точек, расположенных друг от друга на расстоянии  $b$ , которое называется базисом фотографирования. Для уяснения обратимся к рис. 12.

Пусть из точек пространства  $O_1$  и  $O_2$  (рис. 12) соответствующих передним узловым точкам глаз, получены снимки  $P_1$  и  $P_2$ , причем точки  $a'_1, f'_1, c'_1$  и  $a'_2, f'_2, c'_2$  являются изображениями точек  $A, F, C$  объекта на левом и правом снимках соответственно.

Установим эти снимки перед глазами с соблюдением перечисленных требований так, чтобы линии, соединяющие соответственные точки  $a'_1$  и  $a'_2, f'_1$  и  $f'_2, c'_1$  и  $c'_2$  были бы параллельны главному базису  $O_1 O_2$ , а удаления его от снимков равнялось бы фокусному расстоянию снимков  $f_c$ .

При совместном рассматривании снимков точки  $a'_1, c'_1, f'_1$  и  $a'_2, f'_2, c'_2$  изобразятся на сетчатках левого и правого глаз соответственно в точках  $a_1, c_1, f_1$  и  $a_2, c_2, f_2$ . Тогда в пересечении соответственных лучей  $a_1 O_1 a'_1$  и  $a_2 O_2 a'_2, f_1 O_1 f'_1$  и  $f_2 O_2 f'_2, c_1 O_1 c'_1$  и  $c_2 O_2 c'_2$  наблюдатель увидит точки  $A, F$  и  $B$ , взаимное расположение которых будет соответствовать натуре.

Следовательно, по снимкам получается такое же ощущение пространственного расположения предметов, как и при непосредственном рассматривании их. Ощущение пространственного расположения предметов при рассматривании двух плоских изображений (снимков или аэроснимков), сфотографированных из двух различных точек, расположенных на концах базиса, называется стереоскопическим эффектом.

Таким образом, для получения стереоэффекта по аэроснимкам необходимо выполнить два условия:

– иметь два аэроснимка одного и того же участка местности, сфотографированных из двух различных точек пространства;

– аэроснимки для стереоскопического рассматривания располагать так, чтобы каждый глаз видел только один аэроснимок и чтобы прямые, соединяющие одноименные точки аэроснимков, были бы параллельны главному базису.

Стереоскопическая модель местности полученная по аэроснимкам имеет свои особенности.

Первая особенность состоит в том, что базис, из концов которого производилось фотографирование местности с самолета, составляет несколько сотен метров, а мы рассматриваем эти аэроснимки, используя глазной базис, равный 65-70 мм. Таким образом стереоскопическая модель местности, создаваемая по аэроснимкам, получается в уменьшенном масштабе.

Второй существенной особенностью стереоскопической модели местности, является рассматривание аэроснимков с расстояния наилучшего зрения (250 мм). При этом связи проектирующих лучей, с их помощью получаем изображение на сетчатке глаз, не подобны связкам проектирующих лучей, существовавшим в момент фотографирования, так как расстояние наилучшего зрения  $d$  не равно фокусному расстоянию камеры аэрофотоаппарата  $fK$ .

Наконец, последняя особенность состоит в некотором искажении стереоскопической модели за счет того, что для получения стереоскопического эффекта аэроснимки располагают, как правило, на столе (на плоскости), а не придают им те наклоны, которые они имели при фотографировании.

Основным фактором оценки глубины является физиологический параллакс, представляющий собой разность дуг, определяющих положение пары соответственных точек на сетчатке, причем дуга считается положительной, если она расположена слева от центральной ямки.

Установлено, что точки рассматриваемого объекта сливаются и образуют единое пространственное изображение, если их физиологические параллаксы не превышают размера центральных ямок (0,4 мм).

Геометрическая природа стереоскопического зрения заключается в том, что на сетчатках глаз строятся изображения различных размеров, и элементы изображения характеризуют различные по величине физиологические параллаксы. Эти различия и позволяют судить о различном пространственном положении отдельных частей наблюдаемого объекта. Таким образом, оценка расстояний выполняется на основе ощущения смещения одной части изображения относительно другой. Способность ощущения разности физиологического параллакса у человека чрезвычайно развита и позволяет фиксировать ничтожное смещение одной части изображения относительно другой.

При рассматривании удаленных объектов (звездного неба, гор на горизонте и т.п.) зрительные оси глаз взаимно параллельны, аккомодация глаз соответствует бесконечности, масштаб изображения объектов на сетчатках одинаков, физиологический параллакс равен нулю, и наблюдатель не может оценить взаимного положения этих объектов. Бинокулярное зрение переходит в стереоскопическое только при конвергенции зрительных осей, возникающей при рассматривании более близких объектов. Появляется физиологический параллакс, возникает ощущение глубины пространства и становится возможной оценка взаимного положения объектов. При этом зрение остается бинокулярным, и действуют все рассмотренные выше закономерности.

В зависимости от размещения снимков, стереоэффект может быть прямым, обратным или нулевым. Прямой эффект – (перекрывающиеся части заштрихованы) (рис. 13) возникает при рассматривании левым глазом левого снимка, а правым глазом – правого.

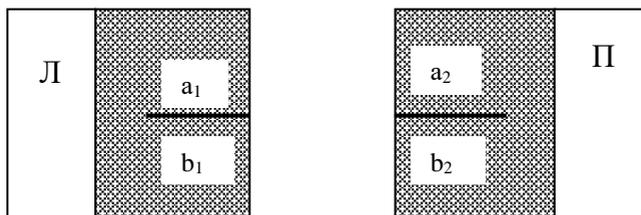


Рис. 13. Прямой стереоскопический эффект

Обратный стереоэффект (рис. 14) возникает в случае если снимки поменять местами, рассматривая левым глазом правый снимок, а правым – левый. При таком наблюдении физиологический параллакс меняет знак, возвышенности воспринимаются как понижения, и наоборот.

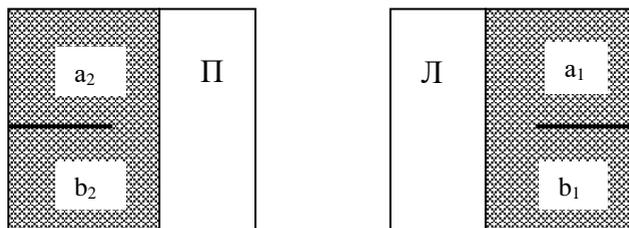


Рис. 14 Обратный стереоскопический эффект

Нулевой стереоэффект (рис. 15) возникает в случае, если снимки развернуты в своих плоскостях на  $90^\circ$ , и начальные направления перпендикулярны главному базису. При этом физиологический параллакс обращается в нуль, и наблюдатель видит плоскую картинку.

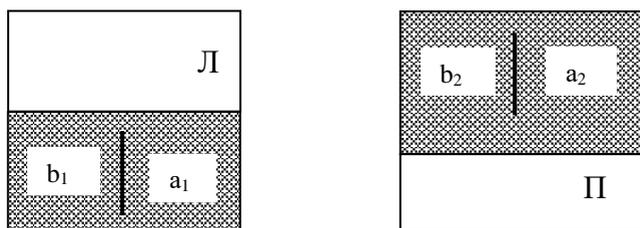


Рис. 15. Нулевой стереоскопический эффект

Для получения стереоэффекта аэроснимки рассматривают невооруженными глазами или с помощью специальных приборов – стереоскопов.

Получить стереоэффект, рассматривая аэроснимки невооруженными глазами, довольно трудно; положительные результаты обычно достигаются только после некоторой тренировки. Причина этого заключается в том, что при рассматривании аэроснимков зрительные оси глаз нужно приводить

в такое взаимное положение при котором угол конвергенции не соответствует расстоянию до рассматриваемых предметов – аэроснимков.

В самом деле, для стереоскопического рассматривания аэроснимки раздвигаются и располагаются на расстоянии наилучшего

зрения (250 мм). Чтобы увидеть изображение аэроснимков резко, глаза надо аккомодировать ( приспособить) на это расстояние. Но когда аэроснимки раздвинуты, угол конвергенции (угол между зрительными

осями) обычно бывает очень мал, зрительные оси глаз почти параллельны, а это соответствует удалению положения предметов на значительно большее расстояние. Эти обстоятельства и затрудняют стереоскопическое рассматривание аэроснимков невооруженными глазами. Для устранения несоответствия между аккомодацией и углом конвергенции и облегчения стереоскопического рассматривания аэроснимков применяют стереоскопы. В целях тренировки получения стереоэффекта без стереоскопа можно рекомендовать фигуры изображенные на рис. 16.

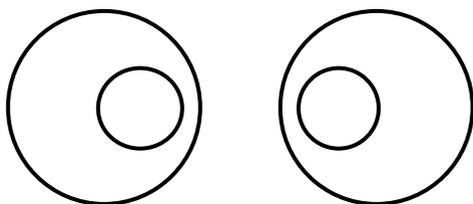


Рис. 16. Фигуры для получения стереоэффекта невооруженным глазом

Чтобы получить стереоэффект, необходимо рисунок поднести к глазам и смотреть левым глазом на левую фигуру, а правым глазом на правую. Пристально глядя на фигуры, нужно отодвинуть рисунок до расстояния наилучшего зрения. При этом одно изображение будет как бы наплывать на другое, и при слиянии их получится стереоскопическая картина: фигуры на рисунке будут казаться объемными.

### *Пороги чувствительности зрения*

На эффективность зрительного ощущения влияют пороги чувствительности зрительного анализатора, под которыми понимается минимальное световое воздействие, регистрируемое приемником излучения. Обычно рассматривают три порога чувствительности: различительный, разрешающий и стереоскопический.

Различительный порог  $\delta$  определяется контрастом изображения, который различает глаз, т.е. разностью оптических плоскостей  $D_o$ ,  $D_\phi$  фотографического изображения объекта и фона, соответственно  $\delta = D_o - D_\phi$

Опытным путем установлено, что порог контрастной чувствительности

( $\delta_o$ ) для любых размеров изображаемых объектов равен 0,06.

Для размытого изображения порог контрастной чувствительности ( $\delta_p$ ) снижается и определяется согласно формулы  $\delta_p = \delta_o (1 + K^3 \delta l^3)$ ,

где  $K$ -коэффициент, зависящий от вида пограничной кривой, отражающей разность оптических плотностей между соседними объектами;  $\delta l$  – ширина полосы размытости изображения, при пограничной кривой, близкой к прямой,  $K=8,4^{-3}$ . Так как с уменьшением масштаба снимка уменьшается величина  $\delta l$  то происходит обострение различительного порога, которой имеет большое значение при дешифрировании мелкомасштабных снимков.

Разрешающий порог (острота зрения) – минимальный размер воспринимаемого глазом объекта. Опытным путем установлено, что невооруженным глазом может быть воспринят кружок диаметром 0,12 мм, имеющий резкие очертания и различительный порог, равный или больше единицы. Чем больше контраст изображения, тем меньше воспринимаемый размер кружка.

Стереоскопический порог – глубина зрения  $\delta_e$  способность видеть глубину пространства и оценивать относительное расположение объектов в пространстве. Глубина зрения связана с удалением объекта  $H$  и минимальным расстоянием между

объектами в глубину, при котором они наблюдаются на различном расстоянии  $h_{\min}$ , и определяется по формуле

$$\delta_c = \rho'' \cdot b \cdot h_{\min} / H^2 \quad (14)$$

где  $b$  - глазной базис. Величина глубины бинокулярного зрения изменяется в пределах 2-5".

### ***Влияние различных факторов на достоверность дешифрирования***

Пропускная способность зрительного анализатора – это воспринимаемое предельное количество информации в единицу времени, она влияет на эффективность дешифрирования. Эта величина равна примерно 70 бит/сек. И уменьшается при необходимости переработки и передачи информации.

На достоверность дешифрирования оказывают влияние зрительное утомление, аккомодация и адаптация глаза, зрительные иллюзии, недостаток информации, дешифровочные возможности снимка.

Зрительное утомление возникает при длительной работе глаз, особенно на стереоскопических приборах. Проявляется в снижении работоспособности мышечного и оптического аппаратов глаза. Утомление оптического аппарата приводит к снижению различительной и разрешающей способности глаз. Утомление мышечного аппарата сводится к ослаблению и замедлению реакции на раздражение мышц глазодвигательных, аккомодационных и других. Оно обычно сопровождается резью в глазах, головной болью и другими расстройствами нервной системы.

Процесс аккомодации и адаптации глаз у опытного дешифровщика занимает около 0.3 секунды, для достижения стереоэффекта необходимо до 1,0 секунды после начала наблюдения. Необходимо также время на поиск изображения объекта. Ошибки в работе дешифровщика объясняются перегрузкой информации. Одновременно дешифровщик может принять и обработать 7-8 разнородных сигналов, остальные сигналы будут пропущены.

Недостаток информации имеет важное значение, особенно при ограниченном обзоре местности на аэроснимке. При полной изоляции изображение объекта на снимке от фона, его распознавание часто невозможно. В определении оптимальных пределов рассматриваемой территории важную роль играет характер местности.

На достоверность дешифрирования оказывают влияние зрительные иллюзии, следствием их является проявление в искаженном восприятии натуральных размеров, форм объектов, тонов их изображений. Например, иллюзия обратного рельефа при определенных сочетаниях освещенных и затененных склонов гор, оврагов, микрорельефа песков и полосы леса может привести к значительным ошибкам в определении высот. Иллюзии при дешифрировании можно уменьшать или исключать, если изображение объектов на аэроснимке четко ассоциируется с реальными объектами, хорошо известными наблюдателю. При внимательном рассматривании под стереоскопом ограниченной площади возникает иллюзия «эффекта присутствия». Дешифровщик мысленно переносит себя в наблюдаемую обстановку.

Разделение по времени между моментами наблюдения и моментами фиксации результатов вызывает появление ошибки возникновения послеобразов, т.е. у наблюдателя происходит изменение прямых признаков. Цвет претерпевает наибольшее искажение, форма – меньше. Время стабильной надежности работы дешифровщика зависит от особенностей его нервной системы. Так надежность дешифрирования у отдельных исполнителей заметно падает через 2-3 часа работы, хотя большинство выдерживают 6-7 часов непрерывного дешифрирования без снижения производительности и качества работ. Важную роль при определении времени высокой и стабильной надежности дешифрирования играет оптимизация условий труда:

- освещенность;
- наличие вспомогательных инструментов;
- наличие принадлежности и т.д.

На повышение достоверности распознавания объектов местности также влияют дешифровочные возможности

аэроснимков, т.е. способность передавать в изображении мелкие детали объектов. Она (способность) зависит от контраста изображения, его резкости и масштаба аэроснимка. На тоновый контраст изображения влияют различные факторы:

- яркость фона и самих объектов, на них влияют отражательная способность и маскировка;
- характер излучения и приемников лучистой энергии;
- характер светочувствительной эмульсии;
- ширина луча записи;
- химико-фотографическая обработка фотопленки.

Нет абсолютно резких фотографических изображений по причине наличия дифракции света в оптической сфере и дисперсии света в светочувствительном слое. Границы фотографического изображения всегда будут иметь некоторую полосу размытости.

Полосы размытости  $\delta l$  изменяют размер и тоновый контраст изображения объекта. Размытость увеличивает размеры изображения объектов, что увеличивает воздействие на глаз наблюдателя, снижает контраст изображения объекта. Наличие больших полос размытости ухудшает зрительное восприятие изображение объекта.

Использование оптических увеличительных устройств приводит не только к возрастанию размеров изображения объектов и их деталей, улучшает их различимость, но и к увеличению полос размытости, тем самым ухудшая качество дешифрирования аэроснимков. Поэтому рассматривание, через очень сильную лупу, аэроснимков не всегда рационально.

Исследования в этой области показали, что для рассматривания аэрофотоизображений наиболее целесообразно использовать лупы с увеличением, рассчитываемым по формуле

$$\nu_{opt} = 0,15 \text{ мм} / \delta l \quad (15)$$

где  $\delta l$  – ширина полосы размытости границ рассматриваемого объекта.

### *Надежность дешифрирования*

Одна из причин ненадежности работы дешифровщика кроется в перегруженности информацией. Наблюдатель может одновременно принять и обработать не более 7 – 8 разнородных сигналов. Иначе возникает перегрузка информацией его оперативной памяти и все остальные сигналы будут пропущены. Вот почему, например, трудно представить местность в целом, если просто последовательно рассматривать отдельные аэроснимки, для этого нужна фотосхема.

Кроме перегрузки информацией не меньшее значение имеет недостаток ее, особенно при ограниченном обзоре местности на снимке. При полной изоляции аэрофотоизображения объекта от среды его опознание часто невозможно. Оптимальные пределы обозримой территории трудно определить, и они зависят отчасти от характера местности.

Существенное влияние на надежность дешифрирования оказывают зрительные иллюзии. Они проявляются в искаженном восприятии натуральных размеров форм объектов и тонов изображений и являются основным источником дезинформации. Широко известна иллюзия обратного рельефа при определенных сочетаниях освещенных и затененных склонов гор, оврагов, микрорельефа песков и полога леса. Иллюзия восприятия рельефа из-за разнотонности изображения местности может привести к заметным ошибкам при определении высот.

Влияние иллюзии на результат дешифрирования заметно уменьшается или совсем исчезает, если аэрофотоизображение четко ассоциируется с реальными объектами, хорошо известными наблюдателю. При достаточно длительном и сосредоточенном рассматривании под стереоскопом ограниченной площади возникает иллюзия типа «эффекта присутствия». Наблюдатель мысленно переносит себя в наблюдаемую среду, как бы оживляя ее.

При достаточно длительном разрыве между моментом наблюдения и временем фиксации результатов появляются ошибки из-за возникновения послеобразов. В памяти наблюдателя происходит трансформация прямых признаков. Наибольшие искажения претерпевают цвет и меньшие – форма изображения.

Продолжительность периода стабильной надежности связана со свойствами нервной системы. Л.Е. Смирнов наблюдал

специалистов, у которых надежность дешифрирования заметно падала из-за перегрузки нервной системы уже к концу 2-3 ч непрерывной работы, тогда как большинство дешифровщиков выдерживают 6-7 ч и более камерального дешифрирования без снижения производительности и качества работы. Существенную роль здесь играет перегрузка информацией, поэтому недостаточно натренированные дешифровщики устают быстрее.

Продолжительность периода высокой и стабильной надежности зависит также от условий работы и прежде всего от светового режима. Максимум надежности возникает при освещении поля снимков в 600 – 800 лк.

### ЛЕКЦИЯ № 3. Географические основы дешифрирования

#### *Географический ландшафт, его компоненты, динамика.*

*Дешифрирование* снимков — распознавание объектов на снимках, определение их количественных и качественных характеристик, выявление взаимосвязей между объектами, установление смыслового значения объектов, не изобразившихся на снимке и закрепление результатов дешифрирования.

Анализируя изображение местности на аэро- или космических снимках, всегда имеют в виду, что природные объекты и явления тесно связаны между собой, взаимодействуют друг с другом. Это определяет географический или комплексный подход к дешифрированию. Практически это значит, что какого бы рода дешифрирование ни производилось (топографическое или тематическое), дешифрируемые объекты и явления обязательно рассматриваются в связи с той географической средой, в которой они находятся или составной частью которой они являются.

Географические основы дешифрирования — это выявление взаимосвязей и взаимодействий между объектами топографического или тематического дешифрирования, установление особенностей развития природы картографируемой территории, которое исключает формальное содержание карт, отражает географическое единство объектов и явлений. Географические закономерности должны выполнять роль основы,

на которой полнее выявляются задачи дешифрирования: установление прямых и косвенных дешифровочных признаков объектов, выбор географически обоснованных сочетаний условных знаков, установление границ объектов и т.д.

*Географические* закономерности, о которых идет речь, заключаются в следующем.

В результате длительного пути развития географической оболочки на Земле образовалась система взаимосвязанных, динамичных физико-географических комплексов (или природно-территориальных комплексов — ПТК) разной величины и степени сложности. ПТК — это генетически однородная динамичная система, ограниченная в пространстве и обладающая единством взаимодействующих составляющих его компонентов (горные породы, рельеф, климат, воды, почвы, растительность и животный мир).

Каждый более мелкий комплекс возникает и обособляется в процессе развития вмещающего его более крупного ПТК, поэтому, чем мельче комплекс, тем он моложе, проще устроен и более динамичен. Все ПТК как бы «вложены» друг в друга и представляют собой систему соподчиненных единиц — *таксономическую* систему. Простейшим, элементарным ПТК является *фация*. Основной единицей является *ландшафт* — генетически однородный ПТК в пределах крупной региональной единицы, обладающий единым геологическим фундаментом, однотипными рельефом и гидрологическими условиями, общим климатом, определённым сочетанием почв, растительных и животных сообществ и индивидуальной морфологической структурой. В переводе с немецкого языка «ландшафт» означает вид местности. Таким образом, природный комплекс, ландшафт — это однотипные понятия.

Географические ландшафты тональны и каждой зоне соответствует определённый тип ландшафта — тундровый, таёжный, степной, пустынный и т.д. Морфологическими единицами ландшафта являются урочища, подурочища и фации. Урочище представляет собой определённую систему генетически, динамически и территориально взаимосвязанных фаций и подурочищ. Примеры урочищ — овраг, холм, пойма, речная или озёрная терраса и др. Примеры подурочищ — группировки фаций,

расположенных на склоне оврага, холма, на поверхности поймы и т.д. Примерами фаций могут служить: вершина песчаного вала на речной террасе с бором беломошником на среднеподзолистых песчаных почвах; склон моренного холма северной экспозиции с ельником-зеленомошником на средне-подзолистых почвах и т.д. Чаще всего фации закономерно сменяются по профилю рельефа.

Границы ПТК могут быть резкие или линейные (бровки оврагов), размытые или диффузные (плавные переходы болото-суходол), мозаичные (граница лесотундры). Границами ПТК могут являться водораздельные хребты, долины рек, а также резкая смена одних горных пород другими. Границы ПТК динамичны, изменяются в ходе развития той или иной территории по времени и пространстве и под влиянием "Хозяйственной деятельности человека.

### ***Классификация природных ландшафтов.***

Территория Беларуси расположена в пределах Восточно-Европейской равнины, поэтому ее ландшафты относятся к классу равнинных.

По соотношению тепла и влаги выделяются типы ландшафтов. Вся территория нашей страны находится в пределах лесной зоны умеренного пояса. В связи с этим ландшафты Беларуси относятся к умеренно континентальному лесному типу.

По территории Беларуси (проходит граница смешанных и широколиственных лесов. Это дало основание выделить два подтипа ландшафтов: смешанно-лесной и широколиственно-лесной (полесский). Первый подтип ландшафтов охватывает северную и центральную части страны (почти  $\frac{1}{4}$  всей территории), второй — южную часть. Граница между ними проходит по северной окраине Белорусского Полесья.

### ***Характеристика ландшафтов.***

В зависимости от занимаемой площади ландшафты делятся на наиболее распространенные (доминантные), типичные и редкие.

Водно-ледниковые ландшафты встречаются по всей территории Беларуси и занимают примерно 20 % площади страны. Распространены на Центральноберезинской, Барановичской,

Слуцкой равнинах центральной части Беларуси. Довольно много их также на Полесье и в северном регионе республики.

Рельеф водно-ледниковых ландшафтов образовался под воздействием талых вод древних ледников. Равнины имеют абсолютные высоты от 140 до 190 м и постепенно понижаются на юг. Встречаются отдельные холмы, речные долины, ложбины стока, заторфованные котловины на месте бывших озер. На юге Беларуси распространены дюны, широкие поймы и надпойменные террасы. Преобладают песчаные дерново-подзолистые почвы, в долинах рек — пойменные. В пониженных местах почвы обычно заболочены. Ландшафт характеризуется высокой лесистостью. Леса нередко расположены крупными массивами. Чаще всего встречаются боры и березняки. Большие пространства заняты пойменными лугами, кустарниковыми и травянистыми болотами.

Вторично-моренные ландшафты занимают около 15 % территории Беларуси, преимущественно в центральной части страны. Наиболее широко распространены на Оршанско-Могилевской, Лидской, Столбцовой равнинах.

Одними из наиболее сложных по своему строению являются холмисто-моренно-эрозионные ландшафты. На их долю приходится почти 8% площади страны. Эти ландшафты приурочены преимущественно к конечно-моренным возвышенностям Белорусской гряды.

К типичным относятся также моренно-зандровые ландшафты. Они расположены в основном в центральной части Беларуси и занимают немногим более 8 % территории страны.

Примерно такую же площадь занимают озерно-аллювиальные ландшафты. Данный род ландшафтов относится к низменным и наиболее широко распространен на Полесье. Он приурочен преимущественно к левобережью Припяти.

С долинами крупных рек Полесья (Днепр, Припять, Сож) связаны аллювиальные террасированные ландшафты. Они занимают более 6 % площади Беларуси. Чаще всего эти ландшафты встречаются на правобережье Припяти.

Озерно-болотные ландшафты характерны для всей территории Беларуси и занимают почти 9 % ее площади. Более широко представлены на Полесье и севере республики.

Из редких ландшафтов наибольший интерес вызывают камово-моренные, лессовые и озерно-ледниковые ландшафты.

Камово-моренные ландшафты распространены преимущественно в северной, реже в центральной Беларуси. Они сложены моренными и водно-ледниковыми отложениями. Характеризуются сложным рельефом: чередованием камовых и моренных холмов, озерных котловин, ложбин стока.

Лессовые ландшафты распространены на востоке Беларуси. Наличие лессов мощностью до 15 м обуславливает особенности данных ландшафтов,

В северной части Беларуси довольно большую территорию занимают озерно-ледниковые ландшафты. Они приурочены к Полоцкой, Суражской, Лучосской низменностям, где во время поозерского оледенения существовали приледниковые озера.

Современные естественные ландшафты в той или иной степени носят следы воздействия человека. В связи с этим возникло понятие «антропогенный ландшафт».

На сегодняшний день более 90 % территории Беларуси (кроме заповедников и заказников) занято антропогенными ландшафтами. По степени воздействия они делятся на сильноизмененные (пахотные земли, населенные пункты, дороги), среднеизмененные (пастбища и сенокосы) и слабоизмененные (леса и болота). В зависимости от видов хозяйственной деятельности антропогенные ландшафты делятся на сельскохозяйственные, лесные, водохозяйственные, горнопромышленные, селитебные, рекреационные и природоохранные. Наиболее широко представлены по площади в республике сельскохозяйственные и лесные ландшафты. Населенные пункты относятся к селитебным ландшафтам, водные объекты и прилегающие территории — к водохозяйственным. Рекреационные и природоохранные ландшафты обычно включают участки лесов, полей, озера и водохранилища, в которых преобладают природоохранная и рекреационная деятельность.

Под антропогенными ландшафтами понимаются как заново созданные человеком ландшафты, так и все ПТК, в которых коренному изменению под влиянием человека подвергся любой из их компонентов. Основные классы антропогенных ландшафтов:

- сельскохозяйственные комплексы (пашни, сады, плантации, луга, пастбища);
- лесные комплексы (вторичный лес, посадки леса),
- водные комплексы (пруды, водохранилища);
- промышленные комплексы (карьерно-отвалы, дорожные и т.д.);
- селитебные (городские и сельские).

Таким образом, можно сказать, что объекты местности встречаются не случайно, а образуют закономерные сочетания, называемые природно-территориальными комплексами. Изучив такие сочетания, можно установить и использовать косвенные и комплексные дешифровочные признаки. Поэтому для успешного дешифрирования аэроснимков тщательно изучают географические особенности природно-территориальных комплексов по литературным, картографическим и аэросъемочным источникам, а также путем рекогносцировочных обследований местности. После этого производят районирование территории и устанавливают дешифровочные признаки применительно к выявленным районам.

### ***Внешние и внутренние элементы ландшафта.***

В ландшафте можно выделить внешние и внутренние элементы строения. Внешние элементы (рельеф, гидрография, растительность) изображаются на аэроснимках и могут дешифрироваться по прямым дешифровочным признакам. Внутренние элементы (например, почвы) не изображаются на аэроснимках и дешифрируются по косвенным дешифровочным признакам. Для косвенного дешифрирования необходимо изучить степень отражения внутреннего строения ландшафта во внешних элементах его, т.е. другими словами, определить индикаторную роль внешних элементов ландшафта.

### ***Индикаторы внутреннего строения ландшафта***

Географическая индикация — раздел географической науки, занимающийся проблемами как по легконаблюдаемым компонентам ландшафта судить о свойствах труднонаблюдаемых компонентов. Основы географической индикации в настоящее время достаточно разработаны. Для различных районов выявлены многообразные легконаблюдаемые природные объекты

(индикаторы), которые позволяют судить о тех или иных характеристиках территории, скрытых от непосредственного наблюдения (индикаты). Индикаторы могут быть очень разнообразны — это формы рельефа, растительные сообщества, отдельные виды растений и т.д. Такие индикаторы, относящиеся к отдельным компонентам ландшафта, получили название частных. На более поздних стадиях развития индикации индикатором выступает внешний облик природных территориальных комплексов в целом, т.е. речь идет в этом случае, например, о сочетаниях рельефа и растительности. Раздел индикации, занимающийся такими комплексными индикаторами, получил название индикационного ландшафтоведения.

Помимо частных и комплексных индикационных связей существует третий тип — индикационные ландшафтно-структурные связи, охватывающие связи труднонаблюдаемых объектов и ландшафтного рисунка территории. В основе использования анализа ландшафтного рисунка для целей индикации труднонаблюдаемых компонентов (чаще всего геологических объектов) на аэро- и космическим снимкам лежит влияние различных природных факторов на формирование ландшафтных рисунков. Ландшафтный рисунок представляет собой концентрированное отражение истории формирования участка. Различия ландшафтных участков служат отражением различий происхождения участков, а следовательно, и возможной разницы в индикационных связях между компонентами.

Одним из важнейших индикаторов внутреннего строения ландшафта является рельеф. Между особенностями рельефа, с одной стороны, и формировавшими его процессами, геологическими структурами, подземными и поверхностными водами, почвенным покровом, растительностью и другими элементами природы — с другой существуют определенные соотношения.

Раскрывая общие черты поверхности следует отметить, что территория Беларуси является частью Восточно-Европейской (Русской) равнины. Для нее характерен равнинный рельеф. Средняя абсолютная высота поверхности составляет 160 м над уровнем моря. Волнистые равнины чередуются с холмистыми возвышенностями и слабовогнутыми низменностями.

Низменности занимают около 30 % территории Беларуси. К ним относятся пониженные места с абсолютными отметками высот от 80 до 150 м. Они характеризуются преимущественно плоским рельефом с небольшими относительными превышениями, которые составляют I—2 м. Речные долины в пределах низменностей преимущественно широкие и плоские, часто заболоченные.

Около половины территории Беларуси занимают равнины с абсолютными высотами от 150 до 200 м. Для них наиболее характерен пологоволнистый рельеф с относительными превышениями 5—10 м.

Приподнятые участки территории Беларуси с абсолютными высотами от 200 до 345 м занимают возвышенности. Они характеризуются более сложным рельефом. Относительные превышения в их пределах от 10 до 40 м, а на самых высоких возвышенностях изредка могут достигать даже 100 м. На возвышенности приходится немногим более 20 % территории республики. Возвышенности пересекаются узкими и глубокими речными долинами, а местами оврагами и балками.

Наибольшее влияние на формирование современного рельефа оказали древние оледенения. Текущие либо стоячие ледниковые воды изменяли рельеф территории. Таким образом, с деятельностью древних оледенений почти на 80 % связано образование современной поверхности Беларуси.

*Основные типы рельефа.* Перечисленные выше факторы приводят к формированию на территории Беларуси разных типов рельефа.

Конечные морены обычно образуют холмистый моренный рельеф. Этот тип рельефа распространен на возвышенностях. Наиболее характерные для него формы — моренные холмы, разные по своим контурам и высоте. На их склонах обычно образуются ложбины, в понижениях — долины рек и ручьев.

#### *Грядово-холмистый рельеф*

В зависимости от времени формирования выделяют возвышенный моренный рельеф поозерского, сожского и днепровского возраста. Самые древние краевые моренные возвышенности днепровского возраста на территории республики почти не сохранились. Они встречаются только на Полесье. Грядово-холмистый рельеф сожского возраста распространен в

центральных районах республики, где размещается Белорусская гряда. Формы рельефа сожского и днепровского возраста сглажены эрозионными процессами. На севере Беларуси встречаются возвышенности поозерского возраста. Они характеризуются лучшей сохранностью первичных форм рельефа, крутыми склонами, наличием озерных котловин среди холмов.

В районах с меньшей мощностью моренных отложений образовались моренные равнины. Они распространены на севере и в центральных районах республики. Характеризуются пологоволнистой поверхностью.

Преимущественно к югу от возвышенностей Белорусской гряды сформировались водно-ледниковые равнины.

На севере Беларуси на месте приледниковых озер после отступления поозерского ледника сформировались озерно-ледниковые низменности. Они характеризуются плоским рельефом, который изредка нарушается речными долинами и ложбинами стока.

На Полесье широко распространены озерно-аллювиальные и аллювиальные низменности, которые образовали древние и современные водные потоки. Рельеф в их пределах характеризуется плоской поверхностью, которая изредка усложняется наличием стариц и дюн. Образование последних связано с деятельностью ветра и водных потоков на песчаных отложениях.

*Особенности рельефа равнин.* Почти сплошной полосой вокруг возвышенностей Белорусской гряды расположены плоские или слабоволнистые равнины. Они обычно занимают высоты от 150 до 200 м над уровнем моря. Речными долинами и возвышенностями разбиваются на отдельные части, которые отличаются не столько по характеру рельефа, сколько по своему происхождению. Крупнейшими равнинами на территории Беларуси являются Лидская, Прибугская, Центральноберезинская и Оршанско-Могилевская. Кроме того, в центральной части Беларуси выделяются более мелкие равнины — Столбцовская, Барановичская, Чечерская и др. Отдельные небольшие равнины (Малоритская, Комарннская и др.) встречаются и на Полесье, где преобладают низменности. По характеру поверхности они мало отличаются от последних, хотя и занимают более высокую ступень рельефа. На севере Беларуси также встречаются равнины:

Чашникская, Шумилинская и др. Отличительной чертой этих равнин является наличие озер.

В центре Беларуси расположена крупнейшая равнина — Центральноберезинская. Ее площадь более 28 тыс. м<sup>2</sup>, простирается с севера на юг на 165 км, а с востока на запад на 170 км. Равнина имеет наклон с севера на юг. Наибольшее влияние на ее формирование оказал сожский ледник. Поверхность волнистая с относительными превышениями до 10 м. Усложняется рельеф наличием плоских ложбин стока и заторфованных котловин.

*Характеристика низменностей.* По долинам крупнейших рек на территории Беларуси сформировались низменности. Они занимают самый низкий ярус рельефа и наиболее широко представлены на юге Беларуси, где расположены Полесская и Приднепровская низменности. В северных и центральных районах республики низменности встречаются реже. Тут они чередуются с равнинами и возвышенностями. Крупнейшими являются Полоцкая, Неманская и Нарочано-Вилейская низменности.

Полесская низменность расположена на юге Беларуси вдоль реки Припять и занимает площадь более 43,5 тыс. км. С запада на восток она тянется на 350—420 км, с севера на юг на 200 км. Преобладают абсолютные высоты от 130 до 150 м. Низменность имеет блюдцеобразную форму с пониженной центральной частью и общим понижением на восток. В ее пределах чередуются водноледниковые, озерно-ледниковые и аллювиальные низменности. Все они характеризуются плоским рельефом с относительными превышениями около 1—2 м. Местами рельеф усложняется сильно размытыми моренными грядами, но и тут относительные превышения очень редко превышают 5 м. Среди песчаных отложений часто встречаются дюны, по долинам рек много заторфованных котловин и озер-стариц.

*Влияние на формирование рельефа деятельности человека.* Наибольшие антропогенные изменения рельефа характерны для окрестностей Солигорска. Тут возвышаются терриконы — отвалы из отходов калийного производства, которые в высоту достигают более 100 м. Образуются насыпи и выемки при прокладке современных автомобильных и железных дорог.

Геологическая структура и новейшие тектонические движения проявляются в характере взаимного расположения,

густоте и глубине вреза речных долин, в ориентировке и конфигурации водораздельных возвышенностей и в других чертах рельефа. Чем сильнее и глубже расчленена земная поверхность, тем полнее и отчетливее отражается в рельефе геологическое строение местности. Современная динамика рельефа также отражается в его характерных формах. Так как в одно и то же время в пространстве наблюдаются различные стадии развития однотипных форм рельефа, то, прослеживая эти стадии, мы можем судить о направленности геоморфологического процесса и степени его усиления или затухания на данной территории.

Рельеф определяет условия увлажнения и дренажа, пути переноса и условия накопления минеральных и органических веществ, влияет на уровень грунтовых вод, интенсивность склоновых процессов и соответственно на процессы почвообразования. Крутизна и экспозиция склонов определяет развитие соответствующей растительности, связанной с количеством солнечной энергии, мощностью снежного покрова, механическим составом почв и др. Например, на разной крутизне склонов и на разных элементах микрорельефа и полигональной тундры произрастают разные растительные сообщества.

Индикаторные свойства растительного покрова основаны на тесных связях его с условиями местообитания. Так, например, в бассейне Северной Двины в одинаковых условиях климата и равнинного рельефа на моренных суглинках растут еловые леса, под которыми развиваются средне- и слабоподзолистые почвы, а на флювиогляциальных песках распространены сосновые леса, под которыми формируются сильноподзолистые почвы.

Зональная растительность в типичном виде представлена на плакорных местообитаниях – равнинных хорошо дренированных междуречьях, сложенных с поверхности породами среднего механического состава. В других же условиях рельефа и соответственно в иных гидрологических и почвенных условиях среды – на склонах различной крутизны и экспозиции, в речных долинах, озерных котловинах, в понижениях, на возвышенностях, выходах коренных пород и др. – развиты различные варианты нетипично зональной растительности.

Основными индикаторными признаками растительных сообществ, отображающихся на аэроснимках, являются: 1) их

общий физиономический облик, обусловленный преобладанием тех или иных жизненных форм (деревьев, кустарников, трав и др.), размерами, особенностями строения; 2) видовой состав и структура – ярусность и характер распределения отдельных видов экземпляров растений внутри сообщества. Роль растительности как индикатора можно показать на примере влияния на нее почвообразующих пород. Густота лиственный леса меняется в зависимости от чередования глинистых и известковых почвообразующих пород, что также хорошо подчеркивает горизонтальный характер залегания пород.

Растительный покров имеет сравнительно широкую экологическую амплитуду, что ограничивает его индикаторное значение. В связи с вышесказанным растительные индикаторы могут быть надежно использованы при дешифрировании только при условии глубокого изучения на типичных участках экологии растений и тщательного анализа изображения растительности на аэроснимках.

Среди элементов гидрографии особенно важное значение в качестве индикатора имеет речная сеть. Реки, будучи приурочены к наиболее низким абсолютным отметкам местности, в силу их деятельности, режима и законов движения обуславливают протекание на прилегающих к ним участках своеобразных физико-географических процессов, в результате которых здесь формируются особые типы природных комплексов, характеризующиеся своеобразными формами рельефа, чертами геологического строения верхних слоев, уровнем грунтовых вод, условиями микроклимата и соответствующими почвенными разностями и растительными группировками. Так, например, по мере удаления от русла реки, сменяются следующие фации: 1) речная пойма с ивовым кустарником на супесчаных дерново-подзолистых почвах, 2) первая надпойменная терраса с низкорослым ельником на суглинистых подзолистых почвах, 3) дугообразноизогнутые вытянутые заболоченные старичные понижения на первой надпойменной террасе, 4) вторая надпойменная терраса с разреженным сосновым бором на песчаных сильно подзолистых почвах.

Густота речной сети отражает различные условия залегания слоев горных пород, тектонические нарушения и историю развития

местности. Речная сеть характеризуется различными типами рисунков: радиальным, древовидным, параллельным, перистым, решетчатым и др. Радиальный тип отражает антиклинальное или синклинальное залегание слоев; древовидный – слабо наклонное или горизонтальное залегание; параллельный – параллельное направление геологической структуры; решетчатый свойствен складчатым областям с длинными складками. Аномальные изгибы рек в районах распространения однородных отложений обычно связаны с новейшими тектоническими движениями.

### ***Корреляционные связи между объектами местности***

Корреляционная связь между внешними элементами однотипных природных комплексов, с одной стороны, и изучаемыми внутренними элементами этих комплексов, с другой стороны, может выражаться степенью вероятности этой связи в процентах. Степень вероятности определяет устойчивость географических связей. Для определения количественных показателей объектов местности внутренних элементов ландшафта составляют и решают корреляционные уравнения, связывающие известные показатели с определяемыми. Покажем возможности использования корреляционных связей для косвенного дешифрирования на отдельных примерах.

*Дешифрирование растительно-грунтовых контуров по вероятностной связи их с рельефом.* В качестве примера однородных контуров возьмем такыры, солончаки и болота в пустынных ландшафтах. Они имеют общие прямые дешифровочные признаки. Их легко обнаружить на аэроснимках по тональному контрасту, но трудно отличить один от другого, так как изображаются на аэроснимках разным и изменчивым, в зависимости от сезона года, тоном от белого до темно-серого. Для отделения такыров, болот и солончаков при дешифрировании была изучена связь их с рельефом по крупномасштабным топографическим картам. Результаты изучения оказались следующие.

Такыры всегда расположены в бессточных областях при полном отсутствии линейного стока; болота – в долинах рек или в озерных котловинах. Солончаки встречаются всюду. В долинах и озерных котловинах солончаки встречаются значительно чаще; они

переплетаются с контурами болот и часто переходят друг в друга. Таким образом, по положению относительно понижений рельефа, связанных с гидрографией, легко отделить такыры от болот и нельзя отделить солончаки от болот. В областях лишенных гидрографии, нельзя отделить такыры от солончаков. В этом случае представляет интерес вероятность связи такыров и солончаков с котловинами. Оказалось, что у такыров связь с котловинами очень слабая. Процент встречи такыров в котловинах для каменистых, глинистых и щебеночных равнин оказался равным 6,0, а для песчаных – 1,6. У солончаков, наоборот, эта связь очень тесная. Процент встречи проходимых солончаков в котловинах для каменистых, глинистых и щебеночных равнин равен 85,3, а для песчаных – 71,1. Для непроходимых солончаков во всех случаях процент связи равен 100. Таким образом, вероятность приуроченности такыров и солончаков к котловинам может служить достаточно надежным косвенным дешифровочным признаком.

Приведем еще пример корреляционной связи между крутизной склона и растительностью и между микрорельефом и растительностью. Вероятность этих связей по ориентировочной оценке составляет более 80 – 90 % .

С увеличением крутизны склонов улучшаются условия дренажа и ухудшаются условия задержания мелкозема и снега, а все это отражается на характере растительного покрова. Зависимость растительного покрова от крутизны склонов, выявленная по данным географических описаний и по топографической карте масштаба 1:100000 приведена в таблице.

Очень часто формы микрорельефа отображаются на аэроснимках настолько четко, что их можно дешифровать почти безошибочно. В тоже время между микрорельефом и растительностью существует хорошо выраженная взаимосвязь.

### ***Дешифровочные эталоны.***

Дешифровочным или аэрофотографическим эталоном служит типичное фотоизображение того или иного объекта, которое с заданной степенью вероятности характеризует всю совокупность изображений объектов данной категории на аэроснимках при определенных условиях аэросъемки. Путем сопоставления с

эталоном с определенной величиной ошибки может производиться дешифрирование однотипных объектов на аналогичных территориях. Сравнение эталона с дешифрируемым объектом производится методом аналогии, а не тождества. Аэрофотографическое эталонирование заключается в выборе и полевой аннотации аэрофотографических эталонов различных объектов ландшафта.

Эталоны можно классифицировать по содержанию и принципу выделения. По содержанию различают отраслевые и комплексные эталоны. Отраслевые эталоны содержат характеристику какого-либо одного элемента ландшафта (например, только рельефа и геологического строения). Комплексные эталоны сопровождаются многоотраслевой аннотацией природных условий всего комплекса. По принципу выделения различают систематические и территориальные эталоны. Систематические эталоны характеризуют отдельные объекты, расположенные по системе принятой при их классификации в данной отрасли науки. Например, эталоны растительности подбираются в последовательности классификации растительных сообществ, т.е. формации, ассоциации и др. Территориальные эталоны характеризуют комбинации объектов по ландшафтам, урочищам, фациям.

Камеральное дешифрирование по эталонам производится способом географической *интерполяции* и *экстраполяции*. Интерполяция возможна в тех случаях, когда существует постепенный, плавный переход свойств объектов или характера местности от одного эталонного участка к другому. Экстраполяция заключается в распространении установленных в одном месте свойств объектов на другие участки с аналогичным изображением на снимках. Экстраполяция может производиться в пределах урочища, местности, ландшафта и географической зоны, если сохраняется сходность в изображении однотипных территорий.

Способ графического оформления эталона зависит от конкретных условий его назначения. Объекты (контуры) местности могут быть вычерчены соответствующими условными знаками или обозначены индексами, характеристика которых дается текстом. Но во всех случаях оформление эталона не должно скрывать фотографического изображения. Если условный знак скрывает

фототон, то должен прилагаться чистый аэроснимок – дубликат эталона.

Форма текстовой аннотации эталона может быть различна, но она должна отражать географическую характеристику изображенного объекта, динамику его развития, дешифровочные признаки, рекомендации по применению условных знаков (если эталон используется для картографирования). В легенде эталона дается его привязка, указываются параметры аэрофотосъемки и другие необходимые данные.

К эталону в некоторых случаях прикладывают наземные фотографии типичных объектов, зарисовки профилей элементов рельефа, геоботанические или ландшафтные профили и другие материалы.

В практике применения аэрометодов для различных видов съемки неоднократно делались попытки создать дешифровочные определители, пользуясь которыми можно было бы производить по аэроснимкам камеральное дешифрирование объектов. Эти попытки пока не увенчались достаточным успехом. Создание общего дешифровочного определителя без учета географических особенностей местности и технических условий аэрофотосъемки - задача невыполнимая. Для конкретных географических и технических условий дешифровочные определители могут быть представлены в виде систематизированных аэроснимков – эталонов и в виде таблиц дешифровочных признаков.

Систематизированные эталоны и сводные таблицы дешифровочных признаков применяются организациями, пользующимися материалами аэрофотосъемки. Аннотации эталонов характеризуют внешние элементы ландшафта и их связи с почвенным покровом, геологическими образованиями и другими внутренними элементами ландшафта.

## ЛЕКЦИЯ № 4. Аэрофотографические основы дешифрирования

### *Понятие о дистанционных методах изучения окружающей среды*

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

Летательными аппаратами могут быть самолеты, вертолеты, ракеты, управляемые аэростаты, искусственные спутники Земли, пилотируемые космические корабли, автоматические космические станции.

Дистанционные методы состоят из трех этапов: 1) получение исходных материалов съемки, 2) обработка материалов съемки, 3) создание карт и некартографируемых материалов по обработанным материалам съемки. Обработка материалов съемки включает геодезическую (географическую) привязку их, ликвидацию или учет геометрических искажений снимков, преобразование и дешифрирование их.

Дистанционные методы подразделяются на аэрометоды, если съемка производится из атмосферы, и космические методы, если съемка производится из космоса.

В зависимости от применяемой аппаратуры дистанционные методы могут быть визуальными, фотографическими, электронными и геофизическими.

*Визуальная* съемка производится путем наблюдения за местностью сверху во время полета и фиксации результатов наблюдения на снимке, карте, магнитной ленте и в виде текста. Визуальные наблюдения нужны для получения общего представления о территории при планировании более детальных съемочных работ, при редактировании карт, при картографировании труднодоступных территорий и при получении сведений, которые могут быть зафиксированы и переработаны только зрительным анализатором человека.

Фотосъемка состоит в регистрации видимой и ближней инфракрасной области спектра электромагнитных излучений местности в диапазоне длин волн 0,4 – 1,1 мкм на светочувствительных слоях. Фотосъемка является основным методом дистанционной съемки из-за большого объема информации, получаемой по фотоизображению, и геометрической определенности его.

Электронная съемка состоит в регистрации большого диапазона длин волн электромагнитных излучений от нанометров до метров в виде нефотографических изображений или других видов информации.

Наибольшее значение для практики картографирования имеют нефотографические изображения, получаемые при телевизионной съемке из космоса (регистрирующей видимую область спектра электромагнитных излучений), при тепловой съемке (регистрирующей тепловую область спектра длиной волн от 1 до 15 мкм) и при радарной съемке (регистрирующей радиоволны длиной от сантиметров до метров). Информационные и геометрические свойства нефотографических изображений уступают фотографиям, но за пределами видимого света они дают дополнительную информацию, отсутствующую на фотографиях. Этим определяется значение электронной съемки для цели картографирования.

Геофизическая съемка состоит в регистрации параметров электромагнитного и гравитационного полей и гамма-излучений, отражающих различные физические свойства местности в цифровой или графической форме и последующем картографировании физического явления в виде системы изолиний (изогон, изогал и др.).

### ***Особенности фотографического воспроизведения объектов местности.***

Оптическая неоднородность земной поверхности выражается на аэроснимках переходом от одного тона (цвета) к другому. Величина пограничного тонового или цветового контраста изображений смежных объектов в основном определяет возможность их распознавания при условии, что этот контраст будет выше порога контрастной чувствительности глаза.

Границы между аэрофотоизображениями разных контуров представляют собой не резкие линии, а размытые переходные полосы, образование которых связано с отсутствием четких границ в природе, с явлением светорассеяния в атмосфере и системе АФА (аэропленка, смаз в процессе воздушной съемки и характер фотографической обработки аэроснимков). Чем больше размытость границ контуров на аэроснимках, тем меньше резкость аэрофотоизображения. Между резкостью и разрешающей способностью нет прямого соответствия. Разные по резкости аэрофотоизображения могут быть получены при одинаковой разрешающей способности и наоборот. Резкость снижается с ростом светочувствительности материалов, что требует компромиссных вариантов в зависимости от конкретных условий дешифрирования аэроснимков.

Одна из основных проблем дешифрирования состоит в определении тех оптимальных условий, при которых контрасты объектов местности будут переданы аэроснимками в наиболее явном виде. Решающим фактором здесь является правильный выбор светочувствительного материала в зависимости от характера фотографируемого ландшафта.

Светочувствительные слои характеризуются зернистостью и связанной с ней разрешающей способностью, цветопередачей и др.

#### *Зернистость*

Фотографическое изображение, кажущееся невооруженному глазу непрерывным, на самом деле состоит из массы отдельных точек – светочувствительных зерен, число которых на  $1 \text{ мм}^2$  поверхности колеблется от 0,5 до 5 млн. и более, а размер – от 0,1 до 8 мкм, иногда достигает 35 мкм. По этой причине с увеличением фотоизображения снижается его резкость.

*Разрешающая способность* фотографической эмульсии определяется максимальным числом линий, раздельно изображаемых на протяжении одного миллиметра плоскости изображения. Она выражается числом линий на миллиметр или расстоянием между этими линиями в мкм, и зависит от размера светочувствительных зерен. Считают, что разрешающая способность фотоэмульсии  $R$  связана с размером зерен зависимостью  $R_s = 0,25\delta - 0,33\delta$

где  $\delta$  – размер зерен (для современных аэроплёнок составляет около 400 линий на 1 мм).

*Контрастность* – способность фотографической эмульсии передавать различие яркостей объекта или отдельных его участков через различие получаемых яркостей изображения.

Чем больше коэффициент контрастности, тем более подчеркнута передаются различия в яркостях объектов и их элементов; чем меньше этот коэффициент, тем менее заметно изменение их яркостей. Оптимальными для аэросъёмки являются высококонтрастные эмульсии передающие даже незначительные изменения яркостей объектов местности.

*Цветопередача* (цветовая чувствительность) фотоэмульсии обусловлена избирательным поглощением цветовых излучений. Известно, что галоидные соли серебра обладают естественной светочувствительностью к лучам фиолетовой части спектра. По мере перехода к другим лучам их чувствительность снижается и полностью исчезает в зеленой части спектра. В тоже время глаз человека обладает повышенной чувствительностью к желто-зеленой части спектра.

По этой причине фотографическое изображение многоцветного объекта на обыкновенной фотоэмульсии по сравнению со зрительным впечатлением дает совершенно иное представление об относительных яркостях, часть которых не изображается вообще.

Так, объекты красного, желтого и зеленого цветов одинаковой интенсивности и окраски на обыкновенной эмульсии изображаются одинаково темными или черными, хотя для глаза они представляются совершенно различными по яркости и достаточно светлыми. Наоборот, темно-синий цвет, воспринимаемый глазом близко к черному, на фотографии изображается светло-серым.

Для исключения этого несоответствия выполняют оптическую сенсбилизацию фотоэмульсии путем введения в нее тех или иных добавок (красителей), меняющих ее спектральную чувствительность за счет поглощения лучистой энергии в соответствующих частях спектра и передачи ее микрокристаллам галоидного серебра. В зависимости от наличия добавок и характера их действия различают фотоэмульсии: несенсибилизированные (с естественной светочувствительностью), ортохроматическую и

изоортохроматическую (с расширенной цветочувствительностью до желтой и зеленой частей спектра); изохроматическую и изопанхроматическую (с цветочувствительностью ко всем лучам спектра); инфрахроматическую (с естественной цветочувствительностью в сине-фиолетовой, дополнительной в инфракрасной частях спектра и полным отсутствием цветочувствительности в диапазоне от оранжево-красной до зеленой частей спектра).

При этом часто целесообразно, чтобы различие между изображениями для глаза наблюдателя было большим, чем различия между самими объектами. Такой подход к решению проблемы требует создания типов аэроплёнок, каждая из которых была бы в наибольшей степени применима для фотографирования определенного ландшафта при определенных условиях.

Опытным путем установлено, что для получения возможно более высокого качества фотографического изображения режим проявления должен быть таким, чтобы коэффициент контрастности находился в пределах  $0,8 < v < 1,6$  для черно-белых аэроплёнок и  $1 < v < 2,8$  для цветных. Значение  $v$  зависит от характера оптики фотографируемого ландшафта и должно устанавливаться экспериментально применительно к конкретному району аэросъемки. Минимальный контраст должен быть 0,10, т.е. несколько больше порогового (0,06).

Светочувствительный слой не может дать непрерывного изображения, так как его светочувствительные элементы – зерна эмульсии – имеют заметные размеры. Зерна становятся видными при рассматривании аэроснимков с увеличением порядка  $10^x$ . Рассеяние света в эмульсионном слое приводит к тому, что фотохимическим эффектом оказываются затронутыми не только зерна эмульсии, на которые падает оптическое изображение, но и соседние с ними. Поэтому на аэроснимках, например, линейные объекты изображаются более широкими полосами, чем в оптическом изображении.

Существенной причиной, определяющей размытость изображения, является его фотографический смаз, вызываемый поступательными движениями, колебаниями и вибрациями самолета. Ширина смаза из-за поступательного движения самолета определяется по формуле:

$$\varepsilon = vtf/H \sin\Theta \quad (16)$$

где  $v$  - скорость самолета в м/сек,  $t$  - выдержка в сек,  $f$  - фокусное расстояние камеры АФА в мм,  $H$  - высота фотографирования в м,  $\Theta$  - угол между границей объекта и направлением полета самолета.

Ширина смаза из-за колебаний самолета определяется по формуле:

$$\varepsilon = \omega t (r^2 + f^2)/f \quad (17)$$

где  $\omega$  - угловая скорость колебаний в рад/сек,  $r$  - расстояние от данной точки до центра аэроснимка в см.

Смаз из-за колебаний самолета в большинстве случаев меньше, чем из-за его поступательного движения.

Смазы изображения снижают разрешающую способность на 30 – 50%. Для уменьшения влияния смазов применяют специальные устройства.

Фотолaborаторная обработка должна обеспечить получение изображения с оптимальными для визуального восприятия контрастами и в первую очередь для наименьших деталей изображения.

Воспроизведение на негативе контрастов оптического изображения зависит от степени проявления аэропленики и используемого для построения изображения участка характеристической кривой. При использовании прямолинейного участка характеристической кривой контраст получаемого изображения определяется величиной коэффициента контрастности, плотности вуали и светочувствительности. Все эти три показателя зависят от времени проявления, состава проявителя и его температуры. Чтобы выявить все детали скрытого изображения, нужно, казалось бы, проявлять негатив (позитив) до достижения максимальной светочувствительности, однако при этом растёт вуаль, поглощающая эти детали. Коэффициент же контрастности в этом случае уже не увеличивается или увеличивается крайне медленно. На практике установлено, что плотность вуали не должна быть больше 0,3. Этой плотности соответствует наибольшая светочувствительность. Величина

коэффициента контрастности зависит от характера ландшафта и высоты фотографирования.

Для получения аэронегатива хорошего качества величина максимальной плотности его не должна быть очень высокой, так как с плотно проявленных аэронегативов трудно получить отпечаток хорошего качества. Большая величина максимальной плотности указывает или на большую выдержку при аэрофотографировании, или на перепроявление.

Величина максимальной плотности должна быть не менее чем на 0,1 выше плотности вуали, так как в противном случае происходит снижение контрастности изображения на аэроснимке.

По цветопередаче оптических неоднородностей земной поверхности на цветных натуральных и спектрзональных аэрофото материалах нет обобщающих исследований.

***Фотографические и геометрические параметры аэрофотосъемки, влияющие на результаты дешифрирования.***

При осуществлении аэрофотосъемки должны выполняться определенные требования, соблюдение которых обеспечивает последующую фотограмметрическую обработку и надежное дешифрирование аэрофотоснимков. Контроль за соблюдением этих требований производится как в процессе аэрофотосъемки, так и по ее завершению, при оценке качества полученных материалов.

*Высота фотографирования* – это расстояние, измеряемое по отвесной линии от узловой точки объектива установленного на самолете аэрофотоаппарата до поверхности снимаемой местности. В зависимости от выбора этой поверхности различают: абсолютную высоту фотографирования  $H_0$  над уровнем моря (плоскость А), относительную высоту фотографирования  $H_a$  над аэродромом (плоскость В), высоту фотографирования  $H$  над средней плоскостью съемочного участка (плоскость С), истинную высоту фотографирования  $H_i$  над какой-либо точкой местности (плоскость D) (рис. 17).

Высота фотографирования над средней плоскостью съемочного участка определяется в период предполетной подготовки в зависимости от параметров аэрофотосъемки ( $f$ ,  $m$ ) и масштаба плана ( $M$ ):

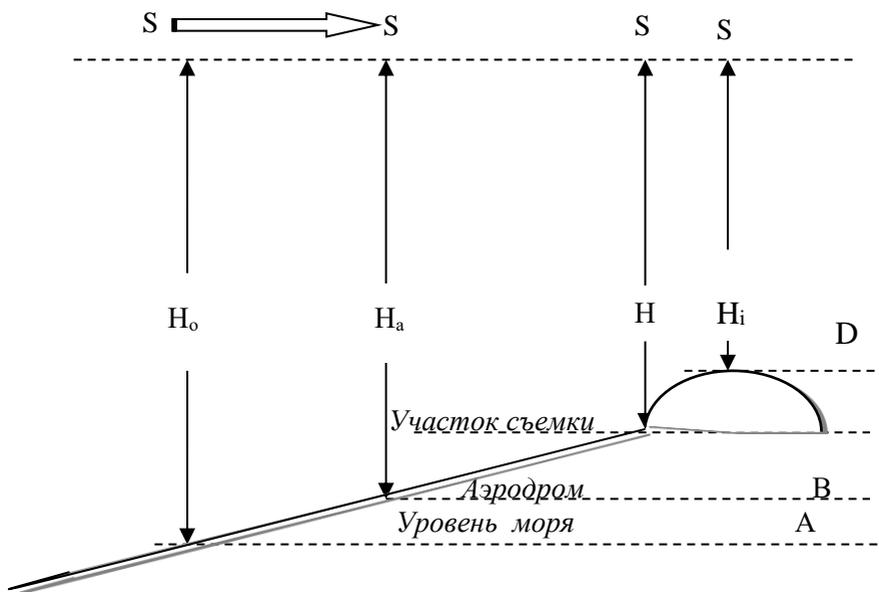


Рис. 17. Высота фотографирования

$$H = mf = K_t Mf \quad (18)$$

где  $K_t$  - коэффициент увеличения снимка ( $K_t = m \setminus M$ )

При аэрофотосъемке равнинных районов реальная высота фотографирования может отличаться от расчетной не более чем на 3%.

*Перекрытие аэроснимков* выражается в процентах от размера аэронегатива, обеспечивает возможность фотограмметрической обработки аэроснимков, и требование их соответствия расчетным является одним из основных.

Продольное перекрытие  $P_x$  должно быть в среднем 60% при минимальном 56%, что обеспечивает наличие 12-процентной зоны тройного продольного перекрытия. В некоторых случаях (например, при съемке населенных пунктов с многоэтажной застройкой) продольное перекрытие может устанавливаться равным 80 – 90 %. Это позволяет обрабатывать маршруты, в

которых снимки взяты через один (при  $P_x = 80\%$ ) или через два (при  $P_x = 90\%$ ).

Зона продольного перекрытия определяет границы стереопары, в пределах которой выполняется дешифрирование и фотограмметрическая обработка изображений. Зону тройного продольного перекрытия используют для связи смежных стереопар по общим точкам и передачи от одной из них к другой системе координат и масштаба фотограмметрических построений.

Поперечное перекрытие  $P_y$  должно быть не менее 20% при среднем 30 – 35% и используется для размещения в нем опорных точек и точек связи смежных маршрутов. Иногда оно устанавливается равным 60%Ю что позволяет формировать и обрабатывать маршруты через один с целью повышения точности измерений и сокращения объема полевых работ.

Наличие продольного и поперечного перекрытий обуславливает целесообразность практического использования не всей площади аэроснимка, а только его центральной части. К тому же величины искажения положения точек под влиянием факторов физического и геометрического характера в центральной части снимка заметно меньше, чем по краям. Эта часть аэроснимка, ограниченная средними линиями продольного и поперечного перекрытий, называется рабочей площадью. В границах рабочей площади выполняется дешифрирование снимка и любые измерительные действия; из таких площадей создаются фотопланы, ортофотопланы и другие фотодокументы.

Прямолинейность маршрутов характеризуется отношением стрелки прогиба (максимального удаления центра какого-либо снимка маршрута от линии, соединяющей первый и последний снимки) к длине маршрута. Прямолинейность подсчитывается в процентах, а ее величина не должна превышать 2 – 3%.

Непараллельность стороны аэроснимка (базиса фотографирования) направлению полета затрудняет фотограмметрическую обработку снимков и не должна превышать 5 – 10°.

Угол наклона аэроснимков оказывает влияние на фотограмметрические работы только при использовании приборов аналогового типа. Тем не менее, действующие нормативные документы, регламентирующие аэрофотосъемочные работы,

устанавливают критерии ее оценки и по величине угла наклона, которая не должна превышать при аэро съемке с использованием средств стабилизации аэрофотоаппарата и  $3^\circ$  без них. Причем число снимков с максимальным углом наклона не должна превышать 10% от их общего числа.

Ряд требований регламентируют метеорологические условия съемки, определяющие фотографическое качество снимков.

В частности, аэро съемка должна выполняться при безоблачном небе, поскольку на снимках недопустимо изображение облаков и их теней. Отрицательное влияние на фотографическое качество оказывает также туман, дымка, избыточная влажность воздуха и пр. Все эти факторы изменяют отражательную способность ландшафта и размывают границы между объектами местности.

Для выбора фотографических параметров аэрофотосъемки необходимо установить критерии оценки качества аэрофотоизображения. Наиболее полную характеристику влияния отдельных факторов на качество аэрофотоизображения и оценку раздельного воспроизведения деталей фотографируемого объекта дает контрастно-частотная функция. Весьма просто и достаточно наглядно раздельное воспроизведение мелких деталей на пороге разрешения можно получить по разрешающей способности фотографического изображения.

В настоящее время для аэрофотографирования рекомендуются изопанхроматические аэропленки типов 13, 15, 17 и 18. В условиях слабой освещенности применяют аэропленки типов 13 и 15, обладающие высокой светочувствительностью. Если условия освещения позволяют применять менее светочувствительные эмульсии, то используют пленку типа 17. При съемке мало контрастного ландшафта и при сильной дымке, если позволяют условия освещения, рекомендуется пленка типа 18.

В топографическом производстве наибольшее применение получила аэропленка панхром типа 15 со светочувствительностью 800 ед., с коэффициентом контрастности 1,7 – 2,3 и разрешающей способностью 85 лин/мм. Аэроснимки на ней обладают сравнительно хорошей дешифрируемостью для подавляющего большинства топографических объектов.

Из параметров объектива АФА, сказывающихся на дешифрируемости аэроснимков, имеют значение угол зрения, фокусное расстояние, светосила и просветление, разрешающая способность и тип светофильтра.

Современные аэрофотоаппараты имеют формат кадра 18 x 18, 23 x 23, или 30 x 30 см и оснащены специальными устройствами, обеспечивающими: аэросъемку с заданным перекрытием; впечатывание в кадр сенситометрического клина и навигационных данных; автоматическое регулирование экспозиции; измерение контрастности изображения компенсацию его сдвига; смену светофильтров; индикацию снимаемого ландшафта на мониторе и др.

Основные технические характеристики современных аэрофотоаппаратов применяемых для аэросъемки представлены в таблице 2.

Табл.2

Тип АФА	Фокусное расстояние	Разрешающая способность линий/мм
АФА ТЭС – 10М (РФ)	100	33
АФА ТЭ – 50 (РФ)	500	35
АТ – 204 (РБ)	150, 300	50 – 100
RC Wild/Leica	153	120
RC Wild/Leica	305	107

В настоящее время все более широкое применение получают цифровые съемочные системы основанные на использовании приборов с постоянной зарядовой связью в виде матриц или линеек, помещаемых в плоскости прикладной рамки.

К основным *геометрическим параметрам* аэрофотосъемки относится масштаб аэрофотографирования. Масштаб аэрофотографирования для цели дешифрирования можно рассчитать по формуле:

$$1/m \geq 1/AR_c \quad (19)$$

где  $m$  - знаменатель масштаба,

$A$  - минимальный размер снимаемых объектов,

$R_c$  - суммарная разрешающая способность объектива и аэропленки.

Трудность выбора масштаба аэрофотографирования состоит в том, что значение  $A$  достаточно неопределенно. На практике в зависимости от задач дешифрирования, масштаба съемки, географических особенностей местности, технических возможностей аэрофотосъемки и других причин масштабы аэрофотографирования колеблются в пределах – от 1 : 2 000 до 1 : 200 000.

С масштабом аэрофотографирования тесно связана проблема увеличения аэроснимков. Очевидно, выгоднее снимать в возможно более мелком масштабе, а затем, по мере надобности произвести фотографическое или оптическое увеличение аэроснимков. При этом следует учитывать, что: 1) всякое увеличение не прибавляет информационную емкость аэроснимка, а только выявляет уже зафиксированную на снимке информацию, так как разрешающая способность глаза ниже разрешающей способности фотографии; 2) для реализации результатов дешифрирования масштаб аэроснимка должен быть равен масштабу создаваемой карты, так как в противном случае рисунок условных знаков будет крупнее фотоизображения соответствующего объекта; 3) предел увеличения зависит от размеров зерен эмульсии светочувствительного слоя, что не мешает увеличивать сверх этого предела, но тогда изображение получится не четкое и дешифрирование будет производиться по характеру кривой размытости фотоизображения; 4) с технологической и фотограмметрической точек зрения коэффициент увеличения при крупномасштабной топографической съемке выбирается с таким расчетом, чтобы один аэроснимок покрывал по возможности один планшет съемки соответствующего масштаба.

Высота аэросъемки, ее базис и фокусное расстояние объектива АФА обуславливают масштаб аэроснимков в плане и вертикальный масштаб стереомодели местности, а следовательно, и точность измерительного дешифрирования. При прочих равных условиях уменьшение высоты фотографирования ведет к увеличению вертикального масштаба стереомодели по сравнению с

горизонтальным, т.е. к усилению стереоэффекта и, следовательно, способности глаза к восприятию мелких деталей изображения. Именно для этих целей применяют короткофокусные АФА, но они в то же время дают худшее качество фотоизображения, чем длиннофокусные АФА. Для снижения съёмочной высоты имеется предел, обусловленный смазом аэрофотоизображения и смещением его, если местность имеет пересеченный рельеф. Изменение высоты аэрофотосъёмки требует и изменения условий экспонирования и обработки фильмов.

Для измерительного дешифрирования на нетрансформированных аэроснимках необходимо, чтобы искажения за углы наклона оптической оси АФА и за рельеф местности при аэрофотосъёмке были бы как можно меньше. Это достигается с помощью амортизационных и гиростабилизирующих установок и увеличением высоты фотографирования или увеличением фокусного расстояния АФА.

### ***Выбор оптимальных параметров и сроков аэрофотосъёмки***

Одна из важных и в то же время трудных задач аэрофотографирования состоит в обеспечении стационарности фотографического поля изображения и в выборе такого момента аэрофотографирования, когда состояние снимаемой местности дает возможность извлечь максимум информации при дешифрировании аэрофотоснимков. В этом случае приходится иметь дело с управляемыми и неуправляемыми условиями и причинами.

Стационарность фотографического поля изображения можно обеспечить постоянством освещенности снимаемой местности и стандартизацией технологии фотографического процесса. Это управляемые причины. Их можно учитывать следующим образом:

*стандартизация освещенности местности* Это достигается автоматическим регулированием экспозиции, фильтрацией избыточного освещения, применением лазерной съёмки и выполнением съёмки в облачную погоду;

*автоматизация* фотолабораторного процесса с целью избавления от случайных факторов экспонирования, проявления и фиксации аэрофотоизображения;

К неуправляемым причинам и условиям относятся изменчивость яркости ландшафта в связи с его многолетними, сезонными, погодными и суточными изменениями и ритмикой. В этом случае приходится выбирать время аэрофотосъемки, приуроченное к определенному стандарту спектральной яркости ландшафта, который устанавливается в зависимости от цели дешифрирования.

К примеру многолетние изменения местности могут быть ритмичными и необратимыми. К ритмичным относятся главным образом изменения влажности климата. В относительно сухие годы контуры местности, обусловленные физиономическим различием растительности, могут быть менее контрастны, чем в относительно влажные.

К необратимым относятся многолетние изменения ландшафта в силу их естественного развития или вмешательства хозяйственной деятельности человека. Примерами могут служить изменения русел рек, рост оврагов, появление новых населенных пунктов, распашка целины и т.д..

*Сезонные изменения аспекта ландшафта* Эти изменения сводятся к смене фаз растительности, к изменению режима водных объектов, к изменению влажности и засоления почвогрунтов, к сельскохозяйственной обработке культурной растительности и т.д.. Сезонные изменения приходится учитывать при проектировании аэрофотосъемки, используя для этой цели климатические и другие справочники.

Приведем вкратце особенности сезонной ритмики ландшафтов в природных зонах Беларуси, влияющих на аэрофотоизображение.

В лесной зоне выбор времени аэрофотосъемки зависит от многих причин. Густые смешанные леса применительно к дешифрированию лучше снимать при небольших различиях в облике крон деревьев, а исходя из стереофотографических требований – когда листва у деревьев отсутствует. Съемка на черно-белой пленке для дешифрирования рекомендуется весной, когда неполное развитие крон лиственных деревьев и лиственницы позволяют отличать их от вечнозеленых хвойных по структуре аэрофотоизображения, и в конце лета – начале осени, когда лиственные деревья передаются более светлым фототонном чем

остальные хвойные породы. При съемке смешанных лесов в их осенней раскраске очевидны преимущества аэропленки для натурального воспроизведения цветов. Лучший эффект дает съемка на цветную спектрозональную аэропленку за период с поздней весны до начала осени.

Время аэрофотосъемки распаханых земель для топографического дешифрирования определяется требованиями привязки аэроснимков и стереоизмерений. Наиболее подходящим будет период, когда посевы еще не взошли или имеют небольшую высоту, т.е. весной или в начале лета, а также после уборки урожая. Для сельскохозяйственного дешифрирования лучшее время аэрофотосъемки в период наибольшей дифференциации изображения полевых культур, т.е. в первой половине лета. В этом случае цветная аэропленка имеет перед черно-белой.

Сезонные изменения гидрологического режима водных объектов требуют конкретизации сроков аэросъемки применительно к региональным географическим особенностям.

*Погодные изменения аспекта ландшафта* Дни с осадками исключаются из числа аэросъемочных дней. Дни с облачностью в большинстве случаев также нежелательны. Из остальных погодных явлений, отражающихся на яркости ландшафта, наибольшее значение имеет изменение влажности поверхности и запыленность атмосферы. Повышение влажности после дождя приводит к смыву пыли, восстановлению жизнедеятельности организмов и повышению дифференциации увлажненности почво-грунтов. Все это приводит к повышению контрастности между соседними объектами. Запыленность воздуха в засушливых ландшафтах, особенно при скорости ветра более 10 м/сек, вуалирует контрасты и, в частности структурный рисунок аэрофотоизображения. Все это следует учитывать при выборе сроков и материалов аэрофотосъемки.

*Суточные изменения освещенности.* Суточная динамика яркости элементов ландшафта связана с изменениями в течение дня интенсивности и спектрального состава солнечной радиации, с изменением физических свойств почвенного покрова, состояния растительности и изменением площади микротеней. Степень затененности элемента ландшафта при определенной высоте солнца

зависит от проективного покрытия почвы растительностью и отношения высоты растений к их диаметру.

Повышение дешифровочных свойств аэрофотоизображения может быть достигнуто подбором оптимального времени суток для аэрофотосъемки, характеризующегося максимальными контрастами между растительными группировками.

В лесных районах аэрофотосъемка должна производиться при высоком стоянии Солнца ( $40 - 60^\circ$ ), так как при низком его положении не только полностью затеняется и не изображается на аэроснимках напочвенный покров, но тенью покрывается и большая часть деревьев второго яруса.

## **ЛЕКЦИЯ № 5 Задачи решаемые при топографическом дешифрировании**

Дешифрирование аэрофотоснимков выполняется с различными целями. В связи с этим перед ним возникает целый ряд задач.

Все задачи дешифрирования аэрофотоснимков можно условно разделить на две группы:

задачи по получению обобщенной информации о поверхности земли;

задачи по определению характеристик отдельных совокупностей объектов, располагающихся на земной поверхности и в атмосфере.

Первая группа задач включает региональное или типологическое районирование земной поверхности; вскрытие системы гидрографии, дорожной сети, населенных пунктов, растительности и других элементов местности, установление их взаимосвязей; составление и обновление топографических карт и т.п.

В зависимости от назначения и задач, решаемых в ходе дешифрирования аэрофотоснимков, различают два вида дешифрирования: общегеографическое и отраслевое.

Общегеографическое дешифрирование аэрофотоснимков решает первую группу задач – получение обобщенной информации о поверхности земли. Оно включает две разновидности дешифрирования: топографическое ландшафтное.

Топографическое дешифрирование аэроснимков - один из методов изучения и картографирования местности по её изображению, полученному путем аэросъемки. Дешифрирование имеет как общую научно-техническую основу, присущую методу в целом, так и частные методические различия, связанные со спецификой тех отраслей практики, в которых оно применяется.

При топографическом дешифрировании выявляют и показывают условными знаками элементы местности, необходимые для составления топографической карты в заданном масштабе, а именно: населенные пункты, дороги, гидрографическую сеть (естественную и искусственную), леса, основные сельскохозяйственные угодья, линии связи, водоснабжения и энергоснабжения, промышленные сооружения и разработки, административные границы и рельеф местности. Эти объекты дешифрируют со всеми связанными с ними сооружениями и основными элементами, характеризующими их с точки зрения общественного использования.

Общие принципы дешифрирования следующие:

- данный метод базируется на закономерных зависимостях между свойствами наземных объектов и характером их воспроизведения на аэроснимках, между самими объектами в натуре и между элементами аэрофотоизображения заснятой территории;

- получение аэроснимков с возможно более высокой для избранных целей дешифрируемостью (т.е. потенциальной информативностью) предопределяется рациональным выбором условий аэросъемки;

- эффективность дешифрирования аэроснимков (т.е. раскрытия содержащейся в них информации) обусловлена особенностями выделяемых объектов местности, наличием соответствующих дешифровочных признаков, совершенством общей методики работ и специализированных её вариантов, обеспеченностью приборами и материалами картографического

значения, а также подготовленностью исполнителей (квалификация, надлежащее зрение, знание района).

Топографическое дешифрирование заключается в поиске, обнаружении и распознавании на аэроснимках тех объектов местности, которые должны быть показаны на карте или плане данного масштаба, в установлении по аэрофотоизображению их качественных и количественных характеристик и нанесении на принятую основу (комплекты отпечатков, фотосхемы, фотопланы, графические планы) штриховых и фоновых условных знаков, а также текстовых и цифровых надписей, предусмотренных для обозначения дешифрируемых объектов.

В процессе дешифрирования топографические объекты, вообще и зафиксированные на аэроснимках, и некоторые невоспроизведенные при аэросъемке характеристики объектов, имеющих определенное аэрофотоизображение, наносят на основу инструментальным путем по кондиционным материалам картографического значения и непосредственно в натуре приемами наземной топографической съемки. В состав работ по дешифрированию входит также сбор и установление географических названий.

Характерной чертой топографического дешифрирования, в отличие от отраслевых видов, является его универсальность по содержанию, размерности и оптическому контрасту объектов и неразрывная связь с другими, а именно стереофотограмметрическими и топографо-геодезическими работами по созданию карт и планов. В силу этого при топографическом дешифрировании требуется весьма дифференцированная методика, базирующаяся на обязательном сочетании камеральных и полевых работ.

На современном этапе на дешифрирование приходится от трети до половины стоимости и трудовых затрат по комплексу топографических съемок и обновления планов.

Совершенствование топографического дешифрирования может осуществляться по ряду направлений, из которых в перспективном плане наиболее значительны следующие:

- применение при обработке аэроснимков электронных и других способов фильтрации аэрофотоизображения с последовательным утрированным выделением различных групп

объектов (в первую очередь - малых и слабоконтрастных), сопоставление таким же путем аэроснимков нового и предшествовавшего залетов с получением результативного аэрофотоизображения одних только изменений в топографической ситуации местности;

- использование материалов многозональной, тепловой, радиолокационной и других специальных видов аэросъемки в качестве дополнительных источников информации в особо сложных случаях для обогащения содержания специализированных топографических планов и уменьшения объема полевого дешифрирования, прежде всего в залесенных и пересеченных районах;

- привлечение для работ по дешифрированию средств автоматизации в целях сопоставления закодированных в цифровом выражении дешифровочных признаков данного и эталонного изображения тех топографических объектов, для которых это будет возможным и рациональным.

В целом, совершенствование топографического дешифрирования аэроснимков пойдет по пути развития комбинированной системы «человек - машина».

### **Методы топографического дешифрирования**

1. Топографическое дешифрирование производится путём сочетания камеральных и полевых работ. В зависимости от технологии топографических работ, характера и изученности района применяются :

1. сплошное полевое дешифрирование
2. Избирательное полевое дешифрирование с последующим камеральным.( Маршрутное).
3. Камеральное сплошное.
4. Камеральное с последующим избирательным полевым.

1. Сплошное полевое дешифрирование применяется в районах с большим количеством населённых пунктов и различных сооружений. Исполнитель обследует подряд все топографические объекты, сопоставляя их с а/с, определяет количественные и качественные характеристики и обозначает их упрощёнными условными знаками. Хорошо видимые объекты на а/с вычерчивать не надо. Отсутствующий объект перечёркивается. Если объекты не

изображены на снимках из-за малости размера, низкого контраста, замаскированности или старого а/с, их наносят промерами, накалывают и подписывают с обратной стороны. Абрис промеров иногда составляют в специальных журналах. Все опознанные объекты должны фиксироваться в этот же день согласно принятым условным знакам. По окончании дешифрирования – полевой контроль.

2. Маршрутное дешифрирование – применяется в районах, сложных для дешифрирования и одновременно географически недостаточно изученных, а также на местности, бедной контурами. Методика дешифрирования включает:

- 1). Проектирование маршрутов перед выходом в поле;
- 2). Сплошное дешифрирование намеченной полосы маршрута;
- 3). Камеральное дешифрирование межмаршрутных пространств. Маршруты прокладывают по такой местности, чтобы полностью распознать сложные объекты, определить их характеристики, а остальные легко определить в камеральных условиях. Маршруты обязательно должны проходить по дорогам, тропам, вдоль ЛЭП, долинам рек. Маршруты проектируются по репродукциям накладки монтажа красным карандашом (оси), а затем переносятся на снимки. Обычно от оси маршрута откладываются в обе стороны 150-250 м (в закрытой территории) и по 500 м в открытой местности. Кроме полосы намеченного маршрута необходимо отдешифрировать определённые участки снимков с характерным сочетанием для данной местности фототонов. Такие участки называются станциями наблюдения. Станции охватывают площадь от 4 до 10 см<sup>2</sup>, выбираются в местах, типичных для данного масштаба. Описание станций даётся в журнале, где отмечается, какому тону и текстуре соответствует какой тип растительности. Выделенный участок станции не заполняют условными знаками, а нумеруют. По мере необходимости на станциях делают зарисовки и фотографии объектов растительного покрова.

Камеральное дешифрирование начинают с переноса на единую основу всех данных полевого дешифрирования по маршрутам, станциям. Причём сейчас камеральное дешифрирование проводится прямо в процессе составления

графического оригинала карты. Камеральное дешифрирование может быть сплошным и с полевой доработкой.

На современном этапе топографических работ определяющим принципом дешифрирования аэроснимков при стереотопографической и комбинированной съемках, а также при обновлении планов, является применение методики сочетания камерального и полевого дешифрирования. Для создания планов масштабов 1:2000 и 1:5000 предусматриваются два метода топографического дешифрирования, а именно: камеральное дешифрирование с полевой доработкой и полевое дешифрирование с камеральной доработкой.

Выполнение сплошного камерального и сплошного полевого дешифрирования при изготовлении топографических планов не целесообразно. В первом случае, требующийся дифференцированный показ малых объектов и детализированных характеристик ряда других, все равно обуславливает необходимость полевой доработки материалов дешифрирования, а во втором - крупный масштаб аэроснимков позволяет на самых насыщенных по ситуации участках осуществлять известный объем дешифрирования камеральным путем.

В качестве основного метода дешифрирования по технико-экономическим соображениям принят метод, при котором вначале выполняют камеральное дешифрирование (преимущественно на универсальных стереофотограмметрических приборах).

Проведение в первую очередь полевого дешифрирования может потребоваться в районах новых для исполнителей работ и недостаточно изученных в топографическом отношении, районах со значительной концентрацией малых и слабоконтрастных объектов, камерально не полностью или вообще не распознающихся на аэроснимках, а также районах, в пределах которых непосредственно перед началом работ по дешифрированию произошли существенные изменения в топографии местности.

Для застроенных территорий целесообразна такая последовательность работ по дешифрированию:

- на участках с многоэтажными зданиями и участках с рассредоточенной малоэтажной застройкой - камеральное дешифрирование с полевой доработкой;

- на участках интенсивного строительства и участках с плотной малоэтажной застройкой несовременного типа (с деталями строений, маскирующими линии их оснований) - полевое дешифрирование с камеральной доработкой.

Полевое дешифрирование как после камерального, так и до него осуществляют, главным образом, наземным путем с применением моторизованных средств передвижения.

При создании планов масштаба 1:5000 на малонаселенные и труднопроходимые районы (например, заболоченные, в пределах которых запроектированы мелиоративные мероприятия, добыча нефти и газа и т.д.) может быть целесообразной постановка аэровизуального полевого дешифрирования в сочетании с минимальным наземным обследованием отдельных объектов, трасс или участков.

Дешифрирование следует начинать с подготовительных работ, заключающихся в установлении требований конкретно к создаваемым планам, изучении и подготовке к использованию материалов новейшей аэросъемки и различных материалов картографического значения, проработке редакционных указаний на данный титул.

Руководителям подразделения, которому поручено выполнение дешифрирования, кроме того, надлежит уже на этой стадии предварительно ознакомиться с местностью в натуре.

В зависимости от общей технологии картографирования данной территории дешифрирование может осуществляться на различных аэрофотосъемочных материалах. В частности, на фотопланах (в том числе ортофотопланах), площадных и маршрутных фотосхемах, комплектах контактных и проекционных отпечатков аэроснимков с оформлением его на графических планах.

Наилучшей основой для дешифрирования являются фотопланы.

Для обеспечения требующейся полноты, детальности и, вместе с тем, степени обобщения нагрузки топографических планов все те аэрофотосъемочные материалы, которые предназначены для закрепления результатов дешифрирования, обязательно должны быть в масштабе создаваемого топографического плана.

Если камеральное или полевое дешифрирование предстоит выполнять на аэроснимках, то предварительно производится

отбивка рабочих площадей (как правило - синим цветом) по каждому маршруту, через кадр. Вершины углов этих площадей дешифрирования должны быть общими для смежных аэроснимков, совпадать с четкими поворотами контуров или отчетливо распознающимися точечными объектами и приурочиваться примерно к середине поперечного и продольного перекрытия аэроснимков; границы рабочих площадей по возможности следует проводить по линейным объектам, причем вне участков со сложной ситуацией или сложным рельефом.

В целях оценки надежности (т.е. современности и точности) ведомственных картографических материалов и выбора способов их использования в процессе дешифрирования необходима обстоятельная проверка данных материалов путем камерального сопоставления с новейшими аэроснимками и между собой, а в части случаев и инструментально в натуре.

В результате должно быть установлено:

во-первых, какие из материалов явятся основными, а какие дополнительными для: переноса на дешифрируемый оригинал объектов, невоспроизводящихся на аэроснимках; учета в процессе распознавания зафиксированных при аэросъемке объектов; определения их качественных и количественных характеристик; уточнения географических названий (в том числе по элементам ситуации внутри населенных пунктов);

во-вторых, в каком объеме, и каким путем (камерально или в поле и с привлечением каких технических средств) следует использовать при дешифрировании те или иные ведомственные картографические материалы.

Особым вопросом камерального и полевого дешифрирования при создании топографических планов является обеспечение правильной передачи изображений высоких объектов (зданий, сооружений, мачт, высокоствольных древостоев, скало-останцов и т.п.). При требующихся относительно крупных масштабах аэросъемки и в силу особенностей центрального проектирования возникает необходимость учета того, что верха и основания этих изображений разномасштабны, цоколи их в центре аэроснимка не видны, а на остальной площади проекции верхних частей объектов смещены относительно нижних.

При оконтуривании на плане данных объектов по линии их оснований на земной поверхности введение поправок необходимо в случаях, когда разномасштабность и величина смещения изображений превышает графическую точность плана. Значения поправок для изображения зданий могут быть предрасчитаны для их определенных размеров при заданных параметрах аэросъемки.

При дешифрировании штриховых элементов плана в масштабе 1:2000 или 1:5000 применяются следующие основные цвета: для передачи гидрографической сети - зеленый, форм рельефа, показываемых условными знаками - коричневый, всей контурной части и отдельных предметов - черный.

Когда дешифрируемый оригинал имеет значительную нагрузку, целесообразна также закраска площади контуров, а именно: лесов и садов - светло-фиолетовым цветом, молодых посадок, поросли и кустарников - светло-зеленым, водных пространств - голубым, огнестойких строений и шоссейных дорог - розовым.

Характер закрепления на оригинале плана или на промежуточных аэрофотосъёмочных материалах отдешифрированного изображения топографических объектов должен определяться принятым порядком работ.

Если первым выполняется камеральное дешифрирование, то все уверенно распознающиеся объекты вычерчиваются или гравировются в условных знаках (сразу или после составительских работ), а остальные объекты, по которым требуется полевая доработка, передаются только упрощенными обозначениями и надписями.

Если же вначале ставится полевое дешифрирование, то - наоборот - объекты, которые можно отдешифрировать или нанести инструментально только в натуре (люки подземных коммуникаций, реперы, указатели дорог и т.п.), должны быть вычерчены на полевых материалах в соответствии с требованиями действующих таблиц условных знаков, а закрепление всех остальных объектов (т.е. тех, которые могут быть затем уверенно распознаны камерально) на данном этапе работ следует выполнять упрощенно.

Контроль дешифрирования должен состоять из самокорректур исполнителей, проверки руководством подразделения и инспектирующими лицами и приемки работ.

Самокорректра исполнителей необходима по каждому элементу нагрузки в отдельности и по передаче ситуации в целом, причем для всех последовательных subprocesses работы.

Контрольные проверки проводятся систематически по ходу дешифрирования. Особое внимание следует уделять хозяйственно важным и сложным участкам, а также новым и тем, на которых работают наименее опытные исполнители.

Независимо от очередности и объема камерального и полевого дешифрирования неоднократный его контроль непосредственно в натуре является обязательным (в среднем дважды в месяц). При этом контролируются достоверность и полнота содержания, правильность применения условных знаков и определения характеристик, а также качество оформления при передаче топографических объектов на материалах дешифрирования. Контрольные ходы в основном не должны дублировать маршруты исполнителей.

В среднем, при камеральном дешифрировании, контрольные операции (стереоскопический просмотр, сличение с полевыми данными и др.) должны охватывать не менее 50 % трапеции; при полевом - с контролем на местности - по участкам сплошного дешифрирования - не менее 20 % площади, для объектов, нанесенных инструментально, - не менее 20 % от их числа, по участкам маршрутного (наземного и аэровизуального) дешифрирования - не менее 10 % погонных км.

Проверка дешифрирования путем общего обзора полноты и правильности изображения объектов осуществляется на 100 % площади каждой данной трапеции.

Приемка материалов дешифрирования производится как после завершения каждого из его этапов (камерального и полевого), так и после полного окончания работ.

К поэтапной приемке предъявляются промежуточные дешифрировавшиеся аэрофотосъемочные материалы и вся документация к ним.

К окончательной приемке предъявляются составительские или полевые оригиналы в виде отдешифрированных фотопланов или графических планов, причем результаты дешифрирования рассматриваются и оцениваются уже не только сами по себе, но и в

отношении увязки контурной и высотной частей плана, а также его содержания и оформления в целом.

Камеральное и полевое дешифрирование на каждом данном участке следует, как правило, поручать одному подразделению и, по возможности, одним и тем же исполнителям, что обеспечивает повышение их квалификации и ответственности, а следовательно и качества работы. По каждому блоку топографических планов на обоих этапах дешифрирования оно должно проводиться под руководством одного и того же редактора.

### ***Полевое аэровизуальное дешифрирование***

Аэровизуальное дешифрирование с вертолета рассчитано на применение в порядке полевой доработки камерального дешифрирования при стереотопографической съемке или обновлении планов обширных территорий с небольшим количеством населенных пунктов и редкой дорожной сетью, картографируемых в масштабе 1:5000.

Данный вид дешифрирования может быть в некоторых случаях рациональным и до камерального например, когда его включают в процесс скоростной рекогносцировки (по одиночным маршрутам) незнакомой местности в целях оптимального проектирования полевых топографо-геодезических работ. В силу предварительного характера такого дешифрирования не исключается необходимость возвращения на местность, но уже в конце работ и только для наземной проверки камерального дешифрирования отдельных сложных объектов.

Основное преимущество аэровизуального дешифрирования, производимого как часть дополнения, а частью взамен наземного дешифрирования, заключается в том, что оно позволяет убыстрять и облегчать полевые работы, увеличивать их возможности за счет обследования труднодоступных с земли мест, расширять доработку материалов камерального дешифрирования непосредственно в натуре.

При аэровизуальных наблюдениях изучать объекты можно не только в их плановом изображении с одним заданным уменьшением, как на аэроснимках, но и практически в любом ракурсе и наиболее выгодном масштабе. В процессе наблюдений с

воздуха в оптимальных условиях различимы все объекты, размеры которых превышают 1:500 от высоты полета.

Аэровизуальное дешифрирование выполняют по маршрутам в сочетании с детальным осмотром объектов путем снижения и зависания, а также посадок в избранных точках.

Дешифрирование в режиме зависания, исходя из нормативных условий, допускается при общем обзоре - с высот 200 м и более, при детальном распознавании аэрофотоизображения с высот 10 м и менее над поверхностью, пригодной (в случае необходимости) для безаварийного приземления. При этой же высоте разрешается высадка с зависающего вертолета для определений характеристик объектов.

Маршруты аэровизуального дешифрирования, как правило, планируются над полосами местности с наибольшей концентрацией топографических объектов. Однако, при особой срочности обновления планов, над затруднительными для камерального и наземного дешифрирования участками целесообразна прокладка целой сети маршрутов. Расстояния между ними следует рассчитывать так, чтобы один и тот же объект на краю зоны наблюдений распознавался дважды при полете туда и обратно, например, при высоте полета 300 м данное расстояние будет 1250 м.

Для аэровизуального дешифрирования нужны такие же атмосферно-оптические условия в отношении высоты солнца, характера облачности и теней объектов, как и для аэросъемки. Полеты должны быть по времени и направлению спроектированы так, чтобы солнце не мешало наблюдателю-исполнителю дешифрирования.

В качестве дешифрируемой основы при аэровизуальных работах могут использоваться фотопланы, площадные или маршрутные фотосхемы и комплекты увеличенных аэроснимков, подобранных по намеченным трассам полета. На любом из этих материалов должны быть отражены в том или ином виде результаты камерального дешифрирования, с тем, чтобы было очевидно, какие объекты и в чем именно подлежат полевой доработке при аэровизуальном дешифрировании.

В состав работ по аэровизуальному дешифрированию входят подготовительные мероприятия, наблюдения в полете и обработка материалов.

На подготовительной стадии надлежит:

- изучить отдешифрованные камерально аэрофотосъемочные материалы;

- наметить по этим материалам, во-первых, маршруты рабочих полетов и, при необходимости, отдельные пункты и участки для детального аэровизуального дешифрирования, во-вторых, входные, выходные, опорные и контрольные ориентиры, в-третьих, места избранные для дешифрирования при зависании вертолета и при его посадках (с указанием в задании того, что нужно здесь выполнить);

- разделить на аэрофотосъемочных материалах прямолинейные части намеченных маршрутов на равные отрезки, соответствующие линейному перемещению вертолета за определенный промежуток времени (например, 1 или 3 мин.), что важно для нанесения не изобразившихся на аэроснимках объектов (границ контуров) по участкам без ориентиров;

- провести воздушно-наземную тренировку наблюдателей-исполнителей дешифрирования, с тем, чтобы они заранее представляли себе, как выглядят с разных высот и при различных скоростях полета топографические объекты данного района;

- проверить работу применяемых при аэровизуальном дешифрировании приборов.

Наблюдения в полете при аэровизуальном дешифрировании в общем предназначены, как и при наземном дешифрировании, для проверки и дополнения данных камерального распознавания объектов, определения существа и характеристик предметов и контуров, дешифрирующихся только в поле и выявления (а по возможности - и нанесения) объектов, отсутствующих на аэроснимках.

Соответствующие маршруты прокладываются вдоль железных и автомобильных дорог (сбоку от их полотна - чтобы прослеживался продольный профиль), по рекам, каналам и магистральным трубопроводам (при недостаточной распознаваемости - и по линиям проволочных передач), над населенными пунктами, причем сначала по их периметру, затем -

вдоль улиц (всех или через одну - для второстепенных, с небольшим количеством топографических объектов), а также поперек главных водоразделов района в целях проследить смену ландшафтов и проконтролировать камеральное дешифрирование гидрографической сети, растительности, грунтов, сельскохозяйственных угодий.

Для лучшего обозрения тех или иных существенных объектов могут допускаться небольшие отклонения в стороны от запланированных маршрутов.

В случаях, когда аэровизуальное дешифрирование носит рекогносцировочный характер и проводится до камерального, в его задачу может входить обеспечение разработки эталонов дешифрирования путем выбора соответствующих ключевых участков для наземного обследования, или путем непосредственного создания этих эталонов на основе прокладки сети коротких маршрутов на небольших высотах.

В полете аэровизуальное дешифрирование осуществляется в последовательности: местность - аэроснимок с обнаружением объекта на подходе (вперед - навстречу), распознаванием его и определением характеристик в створе и фиксацией - сразу после пролета.

Рекомендуется, чтобы работу на вертолете вели одновременно два исполнителя дешифрирования, причем каждый на своем комплекте аэрофотоъемочных материалов; отдельно подобранном для наблюдений по правому и левому бортам.

Результаты аэровизуального дешифрирования непосредственно на борту фиксируются различными сочетаниями следующих способов:

- наколом, пометкой или упрощенным обозначением на фотоплане (фотосхеме) или аэроснимке, во-первых, объектов распознанных, во-вторых, объектов выявленных и нанесенных (частью в предварительном порядке) по смежным контурам, времени пролета от ориентиров или с помощью визирной палетки;

- перечеркиванием аэрофотоизображения исчезнувшего или ранее неверно отдешифрированного объекта;

- записью под порядковыми номерами (в журнале или с применением магнитофона) данных об объектах дешифрирования;

- зарисовками и бортовым фотографированием объектов.

При наблюдениях в полете бортовое крупномасштабное фотографирование избранных мест малоформатной аэрофотокамерой или обычным фотоаппаратом проводится для фиксации в плане и перспективе тех застроенных участков и отдельных существенных объектов (геодезических пунктов, местных предметов-ориентиров и др.), которые недостаточно распознаются на аэроснимках основного залета, для установления экстремальных положений береговых линий, в части случаев - для отработки эталонов дешифрирования и получения дополнительных данных по передаче на плане облика сложных мелких контуров, микроформ рельефа и т.п.

Детализированные наблюдения с воздуха, осуществляемые путем снижения высоты полета и зависания вертолета, проводятся там, где ситуация особо затруднительна для дешифрирования и, кроме того, характеризуется объектами важными в хозяйственном и ориентирном отношении.

Посадки вертолета при аэровизуальном дешифрировании в основном производятся тогда, когда из-за недостаточности собранных сведений и материалов картографического значения требуется дополнить или уточнить характеристики дорог и сооружений на них, гидрографических объектов, строений и коммуникаций в населенных пунктах, проверить правильность нанесения с воздуха тех или иных объектов и т.д. Кроме того, при постановке аэровизуального дешифрирования до камерального, посадки могут применяться для обследования в натуре ключевых участков эталонного назначения.

Посадки следует выполнять возможно ближе к опорным или другим хорошим ориентирам, например, рядом с мостом на дороге, башней или вышкой на окраине поселка, геодезическим пунктом в центре ключевого участка.

В комплексе аэровизуальных работ наземное дешифрирование на избранных площадках выполняется в обычном порядке и сопровождается при необходимости инструментальной досьемкой неизобразившихся на аэроснимках объектов.

Обработка материалов аэровизуального дешифрирования должна проводиться сразу после окончания летных работ и будет заключаться сначала в анализе всех выполненных с воздуха и при посадках пометок на фотопланах (фотосхемах) или аэроснимках,

записей, рисунков и фотографий, а затем закреплении установленных данных в действующих условных знаках на дешифрируемой основе плана или накладываемом на неё пластике. Одновременно выявляется есть ли необходимость в досборе ведомственной топографической информации или постановке на отдельных участках наземной доработки дешифрирования.

Для обеспечения эффективности работ по аэровизуальному дешифрированию нужна такая организация дела, при которой вертолет поочередно используется исполнителями на смежных блоках трапедий.

### ***Дешифрирование на универсальных приборах***

Дешифрирование на универсальных приборах при создании топографических планов получило в последние годы наибольшее распространение по сравнению с другими методами благодаря тому, что оно выполняется:

- во-первых, при хороших условиях для стереоскопических наблюдений и измерений, а также при значительных увеличениях, что повышает детальность и точность распознавания изображений объектов и определения их характеристик;

- во-вторых, в сочетании со стереоскопической рисовкой рельефа, что позволяет вести комплексную увязку и редакционную обработку контурной и высотной частей плана;

- в-третьих, с фиксацией результатов работы прямо на оригинале плана, что дает возможность сократить некоторые промежуточные процессы.

Важная для дешифрирования обзорность аэрофотосъемочного материала обеспечивается, если в качестве основы создаваемого оригинала используется копия фотоплана на картографической бумаге или пластике (фотоабрис для гравирования).

Работы по дешифрированию на универсальных приборах должны начинаться с анализа систематизированных по номенклатурам аэрофотосъемочных и картографических материалов и сведений, а также данных полевого или предварительного камерального дешифрирования, если оно производилось. Далее устанавливается очередность в дешифрировании стереопар аэроснимков, причем в качестве первых

избираются наиболее обеспеченные материалом и наиболее простые по ситуации.

Переходя к дешифрированию по диапозитивам аэроснимков, следует все время иметь в виду необходимость при обведении объектов измерительной маркой прибора учитывать требования редакционных указаний в отношении генерализации содержания, поскольку масштаб видимой стереомодели, как правило, в два - три раза крупнее масштаба создаваемого плана.

В процессе дешифрирования на каждой стереопаре аэроснимков целесообразно вначале отработать гидрографическую сеть, затем компактные (включая строения) и линейные объекты, а также границы контуров, и в последнюю очередь дать обозначения различным угольям, причем, не завершив этого, не нужно переходить к другой стереопаре.

Если дешифрирование сочетается с рисовкой рельефа, то для застроенных территорий рекомендуемый порядок работ сохраняется, а горизонтالي наносятся после окончания дешифрирования, так как по строениям они проводиться не должны. При картографировании малонаселенной местности, наоборот, рациональнее, чтобы дешифрирование следовало за рисовкой.

В наибольшей мере это относится к горным ландшафтам, поскольку именно характер рельефа определяет здесь все другие, подлежащие передаче на плане особенности территории.

По остальным районам, при сочетании на универсальных приборах дешифрирования и рисовки рельефа, последняя может осуществляться на любой стадии, но после отработки гидрографии и до заполнения контуров условными знаками.

При дешифрировании на данных приборах рек, каналов, дорог, просек и других линейных объектов распознавание и закрепление их лучше производить по всей стереопаре аэроснимков сразу, а объектов, малых по размерам и со сложной конфигурацией, - по отдельным частям стереопары.

Дешифрирование строений сводится на данной стадии к нанесению только их углов с расчетом, что стороны оснований будут в последствии прочерчены по линейке на самом оригинале плана.

В процессе дешифрирования при составлении на универсальных приборах планов масштаба 1:2000 на населенные пункты, в случае необходимости, учет величины карнизов и свесов крыш может быть осуществлен путем глазомерного смещения измерительной марки относительно края строения (монокулярно - по его тени или перспективному изображению, или стереоскопически).

Для повышения точности фиксирования на графическом плане дешифрируемых населенных пунктов и промплощадок целесообразна врезка в соответствующий участок его основы отдельных трансформированных аэроснимков.

При дешифрировании форм рельефа не выражающихся горизонталями, грунтов, растительности и сельскохозяйственных угодий следует начинать с объектов более крупных и однородных, а затем постепенно переходить ко всё более мелким и комплексным.

Дешифрируя на универсальных приборах такие ориентиры, как местные предметы и четкие углы различных контуров, за истинное их положение на фотоплане надлежит принимать не само аэрофотоизображение данного объекта (которое может быть смещено в силу особенностей центральной проекции), а накол соответствующей точки, произведенный с помощью координатографа.

В процессе камерального дешифрирования до полевых работ рационально выделять на оригинале контуры как полностью, так и не полностью распознающиеся на аэроснимках. При этом первые закрепляются в условных знаках сразу или после снятия оригинала с прибора, а вторые передаются синей тушью или в карандаше с расчетом их доработки и надлежащего обозначения уже на основе обследования в натуре.

В случаях, когда из-за необходимости учета особенностей территории или по технологическим соображениям аэросъемка для создания топографических планов выполнялась дважды, а именно одновременно или одновременно различными (по углу поля зрения и фокусному расстоянию) аэрофотоаппаратами и, следовательно, в разных масштабах, то в процессе дешифрирования на универсальных приборах должны использоваться материалы того и другого залетов.

При двухкратной разновременной, но одномасштабной аэро съемке основные работы по дешифрированию в комплексе с рисовкой рельефа проводятся по тем аэроснимкам, на которых распознаваемость малых объектов лучше и, в частности, в меньшей степени сказалось отрицательное воздействие теней, растительности и т.п. Аэроснимки другого залета, существенного для воспроизведения такой топографической информации, которая может быть получена только в определенный сезон, день или час (например, в целях фиксации меженного уровня на реках, нормального подпорного горизонта на водохранилищах, линий наибольших прилива и отлива на морских берегах), привлекаются в качестве необходимого дополнительного материала.

При двухкратной разномасштабной аэро съемке упомянутый полный комплекс работ на универсальном приборе проводят по аэроснимкам более мелкого масштаба, а крупномасштабные используются для детального камерального дешифрирования особо сложных участков (например, в городах). Эти аэроснимки для последующего перенесения данных на диапозитивы основного залета приводятся к их масштабу фотографическим, оптическим или визуально-механическим путем (например, при помощи стереоскопа СП-180 с подъёмным столиком и набором линз).

Перенесение с помощью универсального прибора данных полевого дешифрирования на составительский оригинал плана включает в себя переопознавание объектов, изобразившихся при аэро съемке, но дешифрирующихся только при обследовании местности, перенос объектов, нанесенных на аэроснимки, фотосхемы или фотопланы в поле инструментальным путем и собственно дешифрирование уверенно распознающихся объектов (в том числе и тех, характеристики которых определялись в натуре). Одновременно проверяются и при необходимости уточняются границы некоторых, выделенных при полевом обследовании контуров, а их содержание, обычно обозначаемое при работах на местности в упрощенном порядке, получает на этой стадии требующееся отображение в условных знаках (в процессе перенесения данных или после составительских работ).

По завершению дешифрирования (и рисовки рельефа) на универсальном приборе изготовленный оригинал плана или полностью оформлен и нуждается только в редакционной

доработке, или графическое изображение местности на нем одной синей тушью (или карандашом) еще должно быть заменено гравированием или вычерчиванием нагрузки в установленных цветах.

### ***Приборы и программные продукты, применяемые при дешифрировании.***

Приборы, применяемые для дешифрирования, разделяются на увеличительные, измерительные, стереоскопические и комбинированные. Кроме того, при полевом дешифрировании используются приборы для натуральных измерений.

Из увеличительных приборов используют главным образом монокулярные лупы с увеличением от 2 до 10 раз.

К чисто измерительным приборам относятся синусные линейки, параллактические пластины и параллаксометры, применяемые для элементарных измерений по отпечаткам аэроснимков.

Из стереоскопических приборов, являющихся по существу комбинированными, используют стереоскопы для камерального и полевого дешифрирования, иногда соединенные с измерительным устройством, интерпретоскопы, стереометры и универсальные стереофотограмметрические приборы.

Для натуральных измерений используется высотомер, дальномер и гидрометрическая вертушка.

### ***Цифровая технология***

Цифровая фотограмметрия, в отличие от использования физических изображений на стекле, пленке или бумаге, обрабатывает изображение в цифровой форме в компьютере. При этом фотографическое изображение преобразовывается в цифровую форму путем дигитализации или сканирования. Изображения также могут быть получены в цифровой форме непосредственно со специальной камеры, установленной на различных носителях.

Путем сканирования, изображение делится на определенное количество крошечных равных площадей, называемых пикселями. Каждая такая площадь содержит достаточную информацию (подобно клетке) в отношении цвета и плотности цвета. В цифровой фотограмметрии точность получения результатов возрастает с

повышением разрешения сканирования. Чем меньше размер пикселя, тем точнее результат.

Цифровая фотограмметрия будет расширять пределы применения фотограмметрического продукта вследствие легкости обработки и использования готовых компьютеров. Наиболее перспективными областями цифровой фотограмметрии являются: — построение фототриангуляции, использующей соответствие изображения для стереоскопического измерения; — получение упрощенных генераций цифровых моделей местности; — ортофотопланы; — создание различных тематических карт, карт линий визирования; — моделирование через перспективный взгляд.

Экраны с высоким разрешением обеспечивают достаточное поле обзора для пикселя размером 25 мкм и меньше. Для сканирования изображения в настоящее время разработано множество сканеров. Специальные фотограмметрические сканеры высокопроизводительны и высокоэффективны. Они способны сканировать как целые пленки (фильмы), так и отдельные снимки. Конструкции некоторых сканеров основаны на принципе высокоточной платформы с пластиной, движущейся вдоль стационарной камеры. Области, фиксируемые прямоугольным массивом, повторного считывания не требуют. Лучшие модели сканеров имеют производительность более 1 мегапикселя/сек. Сканирование с разрешением 15 мкм одного черно-белого аэроснимка может быть выполнено за 4 мин. Размеры пикселей от 4 до 20 микрон, формат изображения 260 x 260 мм.

### ***Аппаратно-программные средства цифровой фотограмметрии***

К числу современных программных продуктов для цифровой фотограмметрии относятся: аппаратно- программный комплекс "Дельта" (1998 г.). Он реализует все функции стереофотограмметрической обработки изображений и обеспечивает получение и стереоскопическое представление информации в виде: цифровой полутоновой стереоскопической геометрической модели в базисной и топоцентрической системах координат; трехмерного структурного описания точек рельефа местности и объектов; двумерного линейного описания рельефа

посредством горизонталей или профилей; матричного описания высот точек местности.

Работает «Цифровой стереоплоттер» в следующих основных режимах: «проект», «изображение», «ориентирование», «стереоизмерение», «стереоредактор». «Цифровой стереоплоттер» работает в среде Windows 95. Выше перечисленные модули решают конкретные задачи в том числе: измерение точек отдельных цифровых изображений в монокулярном режиме; измерение координат опорных точек стереопары, вычисление параметров внутреннего, взаимного и внешнего ориентирования цифровых изображений стереопар и моделей; трансформирование исходных цифровых фотографических изображений в базисную плоскость нормального случая съемки; стереоскопические визуальные и автоматические измерения координат точек местности.

Цифровая стереофотограмметрическая станция ЦСС-2 (1996 г.) производит высокоточную стереофотограмметрическую обработку цифровых аэро- и космических снимков с целью создания и обновления топографических карт и планов, получения топографической основы ГИС, решения других задач. Станция базируется на управляющем компьютере. Система стереонаблюдения представляет собой оптическую стереонасадку для мониторов с диагональю 14-17 дюймов. Формат обрабатываемых снимков до 30 x 30 см, при размере элемента геометрического разрешения от 7 мкм и более, фотометрическое разрешение 256 градаций серого цвета.

Программное обеспечение станции имеет широкие возможности: — интерактивное внутреннее, взаимное и внешнее ориентирование снимков; — изменение контраста и масштаба изображения; — создание изображений; — автоматическое стереонаведение; — стереосовмещение векторной и растровой информации; — графический редактор; — классификатор топографических объектов.

### ***Система многофункциональной фотограмметрической обработки стереопарных изображений PHOTOMOD***

Система PHOTOMOD осуществляет полный фотограмметрический цикл обработки стереопарных изображений на персональном компьютере РС в оперативной среде Windows.

Основные особенности системы: — автоматизация фотограмметрического цикла; — высокая точность автоматических измерений; — сочетание автоматизации с возможностью ручной работы в стереорежиме визуализации; — широкий круг решаемых задач.

Система PHOTOMOD с дополнительным модулем Scan Correct осуществляет: — высокоточные трехмерные измерения; — создание цифровых моделей рельефа; — автоматический расчет и визуализация горизонталей; — создание векторных объектов и карт в том числе в стереоскопическом режиме визуализации; — метрическую калибровку настольных сканеров для их использования в фотограмметрии.

Система может быть использована для решения основных фотограмметрических задач в геодезии, картографии, кадастре, горном деле и др.

Для обеспечения всех цифровых процессов фотограмметрии фирмой «Leica» разработан мощный пакет программного обеспечения Socet Set. Наибольшую отдачу в работе с ПО дает операционная система Windows NT, которая раскрывает все возможности пакета программ.

Socet Set — мировой лидер в области ПО для цифровой фотограмметрии был запущен в 1990 г. с Windows 3 и затем с Windows 95. Высокоэффективные процессоры с высокоэффективными платами графики обеспечивают такую же эффективность, как если бы работали одновременно несколько станций. Этот пакет может использоваться для обработки воздушной фотосъемки, изображений, полученных с близкого расстояния, спутниковых данных. В результате обработки материалов съемок возможно получить следующие данные: — корректирующие данные; — цифровые модели местности и векторные данные карты; — автоматизированной фототриангуляции; — ортофотопланы; — перспективные изображения и др.

Socet Set — имеет дополнительные модули: — стереоскопический просмотр; — автоматизированное возникновение цифровой модели местности; — мозаика из многочисленных изображений; — составление и вывод смешанных растровых и векторных изображений.

Научно-производственная лаборатория «Геосистема» производственного объединения «Аэрогеоприбор» разработала и создала цифровую фотограмметрическую станцию «Дельта», которая предназначена для обработки аэро- и космических снимков с целью получения картографических материалов, цифровых карт и планов и ортофотопланов. Аппаратными средствами этой станции являются: компьютер высокой мощности, жесткий диск не менее 1 Гб, ОЗУ не менее 8 Мб, видеоадаптер с разрешением не хуже 1024 x 768 точек, 256 цветов, стереоскопическая насадка для мониторов, вставная плата контроллера фотоприемной установки, печатающее устройство и манипулятор типа «мышь». Программные средства включают: операционную систему, программные средства русификации и драйвер-манипулятора «мышь».

Для перевода аналоговой информации в цифровую в комплект станции входит фотограмметрический сканер с рабочим полем 300 мм. Минимальный сканирующий элемент имеет размеры 14 микрон. Время сканирования фотоснимка форматом 230 x 230 мм составляет 30 мин. В процессе сканирования изображение выводится на экран. При этом можно контролировать качество изображения и ошибки сканирования для каждого фрагмента который выводится на экран.

Стереорисовка блока осуществляется при выполнении ряда программ. Подготовительные работы включают подготовку исходных данных, подготовку файла опорных точек для стереопары. К исходным данным относятся: фокусные расстояния АФА, базис фотографирования в масштабе снимка, эталонные расстояния между координатными метками, элементы внутреннего ориентирования АФА. Затем выполняются программы: — внутреннее ориентирование; — взаимное ориентирование; — внешнее ориентирование; — задание параметров плана; — стереоскопический сбор цифровой информации.

Внутреннее ориентирование выполняется по 4 координатным меткам или центральным крестам. Взаимное ориентирование заключается в последовательном устранении поперечных и продольных параллаксов на 6 точках стандартных зон. Внешнее ориентирование модели выполняется по 6 опорным точкам. В задачу параметров плана входит масштаб создаваемого плана и координаты левого нижнего угла листа планшета.

Программа стереоскопического сбора позволяет создавать и регистрировать цифровую модель местности по растровым изображениям в виде последовательных точек с 3 геодезическими координатами. Точки регистрируются с шагом размером 1 мм в масштабе плана. Цифровые данные собираются и регистрируются по следующим классам: населенные пункты, промышленные объекты, гидрография, коммуникации, элементы рельефа, растительный покров, границы землевладений, прочие элементы, пикеты и текстовые подписи. После измерения производится оценка точности стереопары. Программа редактирования цифровой информации предназначена для формирования планшетного листа карты с подписями и условными знаками, а также оперативного получения информации о любом объекте. Цифровая фотограмметрическая станция имеет программное обеспечение по инвентаризации земель и созданию ортофотопланов.

Фирма INTERGRAPH — поставляет интегрированный комплекс программных и аппаратных продуктов для решения уникальных аналитических задач в области фотограмметрии. Этот комплекс формирует основу законченных цифровых технологических процессов, использующихся при: картографировании; создании земельных и городских кадастров; создании ортофотопланов; обработке спутниковых данных; создании цифровых моделей местности; планировании транспортных путей и т.д.

Работа начинается с ввода информации из различных источников: аэроснимки, спутниковые данные, цифровые фотоснимки, полученные с цифровых камер и пр. При настройке проектов оператор определяет такие переменные как параметры камеры, опорные точки, единицы измерения. Для управления проектом имеется программное обеспечение. Для автоматизации построения ЦММ имеется высоко эргономичные программно-аппаратные средства стереосмотра цифровых, цветных, и черно-белых изображений на 27 дюймовом мониторе в реальном режиме времени.

Используя ЦММ и Images/Image Station, Images/Image Rectifier оператор производит ортофототрансформирование изображений для удаления всех необходимых геометрических

искажений, присутствующих на большинстве аэро- и космических снимков, включая искажения за рельеф

### ***Определение количественных характеристик объектов***

В процессе топографического дешифрирования по аэроснимкам могут быть определены следующие количественные характеристики объектов:

- ширина рек, канав, оврагов, промоин, дорог, протек, мостов и др.;
- длина мостов, бродов и др.;
- высота курганов, насыпей, обрывов, валов, заводских труб, опор линий электропередач и др.;
- глубина рек, выемок, ям, оврагов, промоин и др.;
- толщина деревьев;
- скорость течения реки.

Часть этих характеристик определяют в натуре или получают из картографических материалов, но большинство их определяют непосредственными измерениями по аэроснимкам.

При измерении длины и ширины объектов необходимо вводить поправку за полосу размытости. При работе с аэроснимками, имеющими углы наклона не более 3°, действительные размеры объектов вычисляются по формуле:

$$L = (1 + \delta l) H / f \quad (20)$$

где  $L$  - длина или ширина объектов в натуре,

$l$  - соответствующий размер их на аэроснимке,

$\delta l$  - поправка за размытость изображения,

$H$  - высота фотографирования,

$f$  - фокусное расстояние АФА.

Поправки за размытость, определяются экспериментально и находятся в пределах десятых долей мм.

При измерениях на нетрансформированных аэроснимках приходится учитывать ошибки за углы наклона и за изменение высоты фотографирования. Эти ошибки определяются из формулы:

$$\Delta L = H\alpha / 60fl(2r + 1) \quad (21)$$

где  $\Delta L$  - ошибка в длине (ширине) объекта,

$\alpha$  - угол наклона аэроснимка,

$r$  - расстояние от главной точки аэроснимка до изображения объекта.

Для измерения величины топографических объектов с точностью  $\pm 1$  м ошибка определения высоты фотографирования не должна превышать  $H : 2L$ . Если же превышения на данном участке значительны, то из высоты фотографирования вычитают отметку объекта, которая берется с карты.

Высоты (глубины) объектов определяются путем измерения параллактических смещений равных разности отсчетов по параллактическому винту прибора при наведении марки на верх объекта и на уровень земли у его основания, и вычисляются по известной формуле фотограмметрии:

$$h = H/b\Delta\rho \quad (22)$$

где  $b$  - базис фотографирования в масштабе аэроснимка в измеряемой точке.

Для камерального определения глубин рек разработаны три способа – стереофотограмметрический, фотометрический и косвенных расчетов, но они применяются пока ограниченно только при гидрологическом дешифрировании.

Разработан способ определения скорости течения, основанный на забрасывании поплавков в реку с самолета, и фиксации их положения на двух снимках, полученных через определенные интервалы времени. Рекомендуется использовать номограммы, связывающие скорости течения рек с известными величинами их глубин и падения уровня воды на километр длины.

Точность измерения превышений зависит от ошибок измерения величин входящих в формулу вычисления высоты (глубины) объектов и от ошибок вызванных искажениями планового аэрофотоснимка. Представления о величине ошибки определения превышений можно получить из таблицы 3.

Таблица 3

$\Delta X$ мм	f, мм		
	70	100	200
5	1:350	1:450	1:600
10	1:150	1:200	1:300
20	1:70	1:90	1:150

### ***Дешифрирование различных топографических объектов.***

Дешифрирование изображений среднего и мелкого масштаба рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- населённые пункты;
- линии связи электропередач;
- дорожная сеть;
- гидрография;
- растительность;
- другие объекты.

#### ***Населённые пункты***

Выполнение камерального дешифрирования различного рода населённых пунктов по снимкам в процессе создания карт масштаба 1 : 10 000 и 1 : 25 000 часто вызывает затруднения. Важнейшими требованиями при дешифрировании населенных пунктов являются:

- правильное и наглядное отображение планировки, плотности застройки и внешних очертаний;
- чёткое выделение главных улиц, а также переулков, проездов, тупиков;
- точный показ зданий и сооружений, являющихся ориентирами, а также строений и дворов, расположенных по внешнему контуру селения.

Хотя отдельные здания при рассмотрении изображения чётко обособляются среди других объектов более или менее правильным расположением и своей характерной формой: резкостью очертаний, вертикальностью стен, тенью – определить достоверно огнестойкость строений, их специализацию можно только при натурном обследовании.

Начинать дешифрирование рекомендуется с показа проезжих частей улиц, если проездов очень много, необходимо выделять наиболее важные. При изображении границ кварталов часто допускаются ошибки: например, огороды оконтуриваются сплошной линией, даже если ограждения нет, а есть только межа. Границей квартала могут служить дороги, проезды, каналы, живые изгороди. При дешифрировании строений делаются обобщения: сараи, не выражающиеся в масштабе и примыкающие к жилым постройкам, опускаются; два-три близко расположенных дома объединяются в одном прямоугольнике с зачернением соответствующего числа углов; группа тесно расположенных домов объединяется в общем многоугольнике с показом внутри него крайних или наиболее выдающихся строений. Постройки могут изображаться на линии улицы, могут отстоять от неё. Линия улицы может быть обобщена в виде прямой, ломаной или кривой, если отклонение от действительного её положения не превышает при этом 0,5 мм. В масштабе 1 : 10 000 все здания подразделяют на жилые и нежилые с характеристикой огнестойкости строений. При графической оформлении это подразделение выделяется красным и синим цветом, причём жилые огнестойкие здания обычно закрашиваются чёрный цвет, а жилые неогнестойкие просто оконтуриваются. В масштабе 1 : 25 000 кварталы, в которых более 50 % составляют огнестойкие строения, покрывают крестообразной штриховкой, а с преобладанием неогнестойких – одинарной штриховкой. Обозначения административных зданий сопровождаются сокращёнными пояснительными подписями. В населённых пунктах дешифрируют все промышленные объекты: заводы, фабрики, сооружения башенного типа, трансформаторы. У фабрик и заводов дают пояснительные подписи, указывающие род производства, например, «кирп.», «мук.» и др.; обозначения административных и общественных зданий также сопровождается сокращёнными пояснительными подписями. Дешифрируют в населённых пунктах и вне их памятники, церкви, сооружения религиозного культа.

При дешифрировании территорий скотных дворов нужно показывать их границы, постройки с подразделением на жилые, нежилые, огнеупорные и неогнеупорные. Дешифрируются загоны

для скота, силосные ямы, башни, колодцы, водонапорные башни с соответствующей подписью: «вод.», «сил.».

Дороги на территории сельскохозяйственных объектов не показываются.

Территории промышленных предприятий, школ, больниц оконтуриваются соответственно своим границам с изображением внутри них проездов и строений так же, как это делается в населённых пунктах, и сопровождаются пояснительной надписью.

Растительность перед домами и на улицах показывается в соответствии с условными знаками кроме одиночных кружков, которые легко спутать с другими объектами. Разбросанные или одиночные деревья допускается показывать на их месте кружками с подсечкой, как кружки редкого леса.

Примыкающие к домам участки садов и огородов отделяются от остальных приусадебных земель условным знаком изгороди или точечным пунктиром, несмотря на то, что все приусадебные земли, как правило, показываются условным знаком огорода.

#### *Линии связи и электропередачи*

К населённым пунктам обычно подходят наземные линии связи и электропередачи, подземные газопроводы и водопроводы. Наземные линии связи и линии электропередачи (ЛЭП) опознают по тёмным овальным пятнам опашек столбов или по изображению самих столбов в виде тёмных игл-чёрточек. Каждый столб опознавать не требуется, но обязательно нужно опознать поворотные столбы. Знаки линий электропередачи, связи не вычерчиваются на улицах, в застроенных частях кварталов, а также в полосах отчуждения железных и автомобильных дорог. Если линия связи и ЛЭП подходит к дороге со стороны и затем следует вдоль неё, то параллельно знаку дороги вычерчивается только небольшой участок для обозначения направления данной электротехнической коммуникации.

#### *Дорожная сеть*

На картах среднего масштаба должны быть показаны все дороги: автострады (ширина покрытия не менее 14 м); усовершенствованное шоссе (не менее 6 м), шоссе (ширина покрытия менее 6 м), улучшенные дороги, грунтовые (просёлочные) дороги, полевые дороги.

Автострады – автомобильные магистрали, имеющие прочное покрытие из асфальтобетона или цементобетона на твёрдом основании. Прямыми признаками при дешифрировании автострад служат: наличие разделительной полосы, съезды, эстакады, насыпи и выемки, путепроводы, мосты. Автострады выделяются относительно спрямлёнными контурами, тёмной проезжей частью и более светлыми полосами кювет. Ширина проезжей части автострад не менее 14 м.

Усовершенствованное шоссе и шоссе значительно уже, чем автострады: ширина проезжей части не менее 6 м и менее 6 м соответственно. При изображении автострад и шоссеиных дорог приводятся их технические характеристики: ширина покрытой части дороги, ширина дороги с обочинами, материал покрытия.

Улучшенные грунтовые дороги выделяются светлыми полосами проезжей части, как правило, располагаются на насыпях, либо вдоль дороги есть канавы. Ширина дороги на протяжении одинаковая, можно различить следы колес.

Данные дороги грейдеруются, поэтому структура всех участков примерно одинаковая. На условных знаках подписывается ширина проезжей части.

Граница смены покрытия обозначается в виде поперечной черты, по обе стороны которой даётся подпись материала покрытия.

Грунтовые (просёлочные) дороги – это непрофилированные дороги без покрытия, накатанные транспортом. Грунтовые дороги выделяются в виде извилистых тонких белых линий различной толщины.

Полевые (лесные) дороги отличаются сильной извилистостью, неровностями и наличием объездов, ширина дорог – в одну колею. При дешифрировании таких дорог отдают предпочтение более коротким, если несколько таких дорог имеют одно и то же направление. Не показываются дороги, идущие параллельно дорогам более высокого класса. Не следует дешифрировать объезды у незначительных препятствий и временные дороги, проложенные к единичным объектам (например, к сенокосу).

#### *Гидрография*

Распознавание на изображениях водоёмов и водотоков, как правило, не вызывает затруднений, так как береговые линии в

большинстве случаев имеют достаточно чёткие очертания, а изображение водной поверхности обычно хорошо отличается от окружающих участков суши на изображениях любых масштабов.

На тон изображения гидрографии влияют оптические условия съёмки, глубина, цвет дна, чистота и прозрачность воды, её окраска, волнение, наличие водной растительности. Обычно с увеличением глубины, а также при илистом, глинистом или торфянистом грунте дна тон изображения более тёмный. Мелкие реки и озёра с песчаным или каменистым дном имеют преимущественно светлый тон изображения. Мутная и вспененная вода также придаёт светлый тон изображению. В результате очень неглубокие и бурные горные реки, текущие по каменистым ложам, на изображении почти порой неотличимы от окружающих их берегов.

Сложнее дешифровать реки и ручьи, берущие начало из почти незаметных, в сухие периоды пересыхающих ключей и родников, а также реки, русло которых проходит по болотным массивам. В первом случае правильнее такие водоёмы показывать условным знаком пересыхающего водотока, во втором – линией постоянного водотока показывается лишь то русло, где в природе прослеживается заметное течение воды и оно читается на изображении (в виде струйчатой текстуры).

Все реки, как постоянные, так и пересыхающие, в зависимости от ширины их русла в натуре, должны изображаться одной либо двумя линиями берегов.

Одной линией, постоянно утолщаемой от истока к устью, на оригиналах карт масштаба 1 : 10 000 показываются водотоки меньше трёх метров, а на оригиналах масштаба 1 : 25 000 – водотоки меньше 5 м. Реки, шириной в натуре от 3 до 5 м (1 : 10 000) и от 5 до 10 м (1 : 25 000) показываются двумя тонкими параллельными линиями с просветом между ними в 0,3 м. Более широкие реки или отдельные их участки изображаются с сохранением ширины реки (в масштабекарты) и очертаний береговых линий. Мели, отмели наносятся на реках шире 15 м. При дешифрировании рек обязательно указывать направление течения.

При дешифрировании озёр, прудов и искусственных водохранилищ показываются все объекты, имеющие площадь 1 мм<sup>2</sup> и более в масштабе создаваемой карты. Многие озёра,

находящиеся в стадиях зрелости и старости, зарастают водолюбивой растительностью. По берегам и прямо в воде появляются густые заросли камыша, тростника и рогоза. На изображении такие заросли опознаются достаточно чётко. Расставлять знаки камыша по площади озера нужно не оконтуривая и с таким расчётом, чтобы крайние из них подчеркнули границу заросшей тростником части озера, а сам заросший участок хорошо читался и резко отличался от плёса чистой воды.

Естественные источники (ключи, родники) – это выходы подземных вод на дневную поверхность. Даже на открытых участках они почти не распознаются на изображениях. Обычно их дешифрируют по косвенным признакам, особенно когда известно примерное местонахождение ключа, кроме того, выход источника демаскирует начинающийся в такой точке водоток, просматривающийся на фотоизображении. Если у источника образуется небольшой водоём, участок влаголюбивой растительности или даже маленькое болотце, то их тёмный тон выделяется на снимках. Ключи на сравнительно крутых склонах в оврагах, балках, местах выходов подземных вод часто опознаются по миниатюрным чашеобразным углублениям. Когда источники оборудуются срубами, желобами для отвода воды и искусственными бассейнами, то по тропам, небольшим дорогам и подходам, а также по теням и форме изображения данные источники могут быть опознаны.

#### *Растительность*

Основная задача дешифрирования растительного покрова при топографическом дешифрировании заключается в точном и объективном отражении разнообразных границ и переходных зон между растительными группами. Эта задача усложняется при крупномасштабном дешифрировании и наоборот упрощается на мелкомасштабных изображениях, так как благодаря оптической генерализации многие размытые границы превращаются в резкие контуры. Крупномасштабные изображения (материалы аэрофотосъёмки) содержат богатую информацию о дифференциации растительного покрова, условиях произрастания растений, их состоянии.

На топографических картах по эколого-физическим признакам выделяются основные жизненные формы

растительности: древесная, кустарниковая, полукустарниковая, кустарничковая, травянистая, степная, моховая и лишайниковая.

### *Леса*

При изображении лесов на карты наносятся обозначения преобладающей породы, средняя высота и толщина стволов, расстояние между ними. Условным знаком лесов изображают совокупности древесных растений, имеющих среднюю высоту стволов свыше 4 м. Древесная растительность изображается на снимках чётко и границы её необходимо определять точно. Леса различного состава имеют зернистый рисунок изображения, величина и форма которого зависит от размеров и строения крон деревьев. Дополнительным к рисунку признаком изображения древесной растительности является его тональность или натуральный цвет. В основном хвойные леса характеризуются более тёмным тоном (цветом), чем лиственные. Наиболее сложным является дешифрирование состава насаждений, который определяется по форме и размеру крон, тону (цвету) изображения и тени, отбрасываемой деревом с учётом географических условий обитания. Формы крон отдельных деревьев хорошо просматриваются на краях и передаются падающей тенью. Формы и размеры крон различных пород представлены на рис. 18.

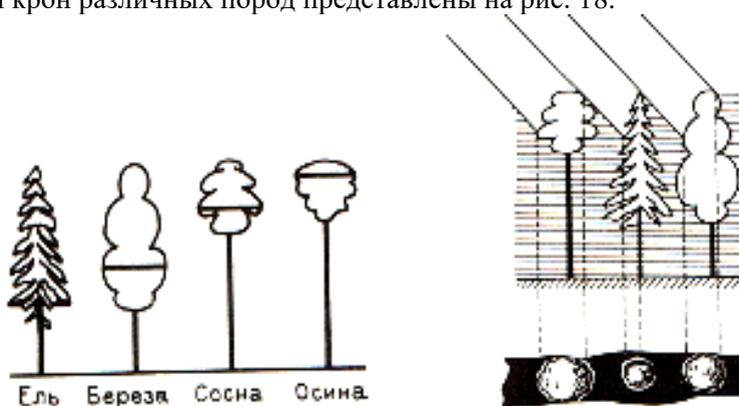


Рис. 18. Формы крон различных пород деревьев одинакового диаметра. Схема изображения крон древесных пород

Форма изображения крон и их размеры изменяются согласно свойствам аэрофотоснимка как центральной проекции. Наибольший диаметр изображения кроны дерева на аэрофотоснимке может быть лишь у деревьев, расположенных вблизи главной точки снимка. Для ели и пихты характерна остроконечная, конусовидная форма крон, для лиственницы – звездообразная, кроны сосны имеют вид полушара, кажутся выпуклыми и как бы висящими над землёй. По мере удаления от центра к краям аэрофотоснимка кроны деревьев изображаются во всё более и более наклонном виде, при этом размеры их постепенно увеличиваются. На краях аэрофотоснимка изображение крон напоминает их действительную форму в естественных условиях (рис. 19).



Рис. 19 Изображение крон деревьев в центре и на краю аэроснимка

Изображение крон деревьев в лесу зависит от его густоты и условий освещения солнцем верхнего полога леса в момент аэрофотосъёмки.

В неблагоприятных условиях произрастания леса имеют более светлые тона и нечёткую зернистость, прозрачные тени от стволов в виде чёрных штрихов, обусловленные меньшей высотой, разреженностью, неразвитостью крон, присутствием сухостойных деревьев. Молодые леса (поросль) выделяются меньшей зернистостью изображения чем зрелые, меньшей высотой ровным пологом. Поросль леса – это молодняки древесных пород высотой до 4 м. Обычно имеют ровный полог и более светлый тон изображения, выделяются меньшей зернистостью изображения, чем зрелые леса. Чаще поросль наблюдаются в непосредственной близости от взрослых деревьев.

Посадки леса размещаются правильными рядами с четкими геометрической формы границами.

Редколесья не образуют сомкнутого полога, разделены хорошо просматриваемым просветом.

К кустарникам относится сравнительно низкорослая (от 0,5 до 5 м) многолетняя древесная растительность, ветвящаяся от самого основания в отличие от древесной растительности. При дешифрировании кустарниковой растительности основное значение имеют косвенные признаки, а именно – знание и учет условий, особенностей произрастания, размещения, расселения в сообществах на конкретной территории.

Травянистую растительность на топографических картах изображают с разделением по высоте и качественным особенностям, зависящим от условий местообитания, в частности от условий водного режима. Специальными условными знаками должны быть показаны: луговая растительность, высокотравная растительность (выше 1 м), камышовые и тростниковые заросли, мокрые лужки (мочажинки), степная травянистая растительность.

Луговой считают влаголюбивую растительность, образующую сомкнутый травяной покров и сплошную дернину. Часто луговая растительность служит сенокосом. На фотоизображениях луга характеризуются обычно однородной структурой рисунка и плавными переходами от серого до тёмно-серого тона. В состав лугов входит огромное количество видов

травянистых растений (более 600 видов: злаковые, бобовые, разнотравье). Луговая растительность приурочена к суходольным и заливным лугам лесной зоны, днищам лощин, западин и поймам рек, к ним относятся лесные травы на полянах и прогалинах внутри контуров леса.

К высокотравной растительности относится травянистая растительность, имеющая высоту более 1 м; это влаголюбивые злаки (камыш, тростник), а также рослые травы приречных пойм, заболоченных территорий, а также засухоустойчивые травы некоторых полупустынных и пустынных областей.

К низкотравной растительности относится растительность травянистых болот (осока, пушица, хвощ), причём моховая и лишайниковая растительность должна обязательно от неё отграничиваться, хотя иногда размеры данных образований мало отличаются друг от друга. Решающее значение при дешифрировании растительных травянистых группировок отводится совокупности тона (цвета) изображения и структурных свойств. Причём тон (цвет) изображения зависит от спектральных отражательных характеристик, которые могут изменяться довольно быстро, поэтому структура является наиболее правдоподобным параметром при опознавании разных растительных сообществ. Кроме того, необходимо учитывать характер рельефа. Например, мозаичный рисунок распространения растительности (кольцевидные концентрические полосы) соответствует приуроченности к западинам, а тон указывает на степень увлажнения: тёмные оттенки тона (цвета) изображения соответствуют большему увлажнению и возможности произрастания на данном участке более высокотравной растительности. Большинство видов травянистой растительности из-за размеров особей не создаёт специфического фоторисунка. Например, степная и луговая травянистая растительность может иметь одинаковый светло-серый тон, но произрастание около древесных сообществ предполагает большее увлажнение, поэтому в данном случае правильным будет показ именно луговой растительности. Часто к травянистой растительности приурочены полукустарники и кустарнички, которые образуют бородавчато-мозаичный рисунок более тёмного тона. Например, комплекс из белой и чёрной полыни в сочетании со злаками на аэрофотоснимках

даёт крапчатый рисунок из мелких серых и тёмно-серых пятен на более светлом тоне. При дешифрировании мхов и лишайников необходимо учитывать, что мхи выделяются тёмно-серым тоном (если это моховые болота) и почти белым тоном, если растут на глинистых грунтах (ягель), а лишайники произрастают обычно на повышениях микрорельефа в районе песчаных грунтов и на изображении выделяются светлым тоном.

#### *Культурная растительность.*

Задачей топографического дешифрирования является опознавание на изображениях местоположения и определение характеристики контуров и объектов, подлежащих государственному земельному учёту. К контурам и объектам сельскохозяйственного дешифрирования относятся: границы землепользования; пашни; залежи; сенокосы; пастбища; сады, виноградники и ягодники; земли, непригодные или малопригодные для использования в сельскохозяйственном отношении (пески, солонцы). Основным методом дешифрирования изображений для нужд сельского хозяйства является пока что полевое дешифрирование, тем не менее при определенном опыте и зная признаки дешифрирования с достаточной точностью, можно выполнять и камеральное дешифрирование. Основными дешифровочными признаками являются тон, цвет и структура изображений. В большинстве случаев дешифрирование выполняется на фотопланах масштабов 1 : 25 000, 1 : 10 000 и крупнее.

Культурная и культивируемая человеком растительность на изображении характеризуется обычно резко выраженным геометрическим видом контуров, различными полосами, рядами, бороздами, межами, линиями изгородей, валов, ограждений и тенями от них, канавами и т. п. особенностями, указывающими на искусственное происхождение данных площадей. Сады выражены закономерными сравнительно разреженным размещением в их контурах тёмных пятнышек и точек – проекций крон и теней деревьев, которые располагаются рядами, образующими своеобразные «клетки». Косвенным признаком садов является расположение их вблизи селений. Ягодник отличаются более мелкой структурой и сливающимися отбрасываемыми тенями, которые образуют сплошные продольные полосы междий.

*Пашни* – это земли, занятые посевами зерновых, овощных, бахчевых, кормовых культур за исключением участков, периодически распахиваемых с целью улучшения сенокосов и пастбищ (залежи). На изображениях пашни выделяются резко выраженными в большинстве случаев прямолинейными контурами, характерными именно своей «геометрической» формой. Фототон меняется от тёмного (свежевспаханные чернозёмы или влажные участки других почв) до светлого (спелое состояние зерновых культур, чистые пары на подзолистых и песчаных почвах). Если съёмка произведена в период уборки урожая, на изображениях хорошо видны светлые полосы валков и светлые пятна копен соломы. В горных районах пашни часто располагаются на склонах гор или незначительно приподнятых пологих предгорий, по долинам рек и на ровных местах вблизи посёлков. Распознаются они по правильной геометрической форме и светло-серому тону.

*Болота.* К болотам относятся избыточно увлажнённые участки земной поверхности, покрытые слоем торфа глубиной не менее 30 см.

Болота в топографии подразделяются по степени их проходимости (проходимые и непроходимые) и по характеру растительности (травяные, моховые, камышово-тростниковые, лесные, кустарниковые). Проходимость болот при камеральном дешифрировании определить очень трудно, так как эта характеристика относится к возможности свободного перемещения по данному массиву. В основном можно руководствоваться наличием на изображении различных элементов дорожной системы: тропинок, гужевых дорог, фашинных укладок, которые выглядят в виде светлых прямых или извилистых полосок.

Непроходимые болота имеют ровный тон (цвет) изображения и открытые «окна» трясин. Травяными следует считать низинные болота, покрытые осокой, пушицей, хвощами и другими низкорослыми (ниже 1 м) либо высокими (выше 1 м) болотными травами. Низкорослая травянистая растительность болот изображается знаком луговой растительности, а высокая (выше 1 м) – знаком высокотравья. Моховые болота имеют ровный тёмно-серый тон или насыщенный тёмно-зелёный. Очень часто встречаются грядово-мочажинные болота, которые на изображениях выделяются извилисто-полосатым рисунком.

Полосатость может быть концентрической либо параллельной. При этом более тёмные полосы с зернистым рисунком (гряды с древесной или травянистой растительностью) обычно чередуются с более светлыми полосами мочажин между ними. Если же гряды безлесны, то на фотоизображении их извилистые полосы светлее рисунка понижений – мочажин, насыщенных водой.

Необходимо делать различие между болотами и заболоченными землями, к которым относятся избыточно увлажнённые земельные площади с наличием разнообразной растительности, включая древесную, но, как правило, угнетённую.

### *Генерализация при дешифрировании.*

Передача результатов топографического дешифрирования фотоснимков содержит целенаправленный отбор и обобщение распознанных объектов и сведений в соответствии с документами, регламентирующими содержание топографических карт.

Особенности генерализации при переходе от аэроснимка к карте связаны с различиями между фото- и графическим изображением. Масса деталей фотоизображения, обусловленных различиями размеров, формы, цвета, тона объектов, представляющих собой ненужную информацию, исключается. Отходят на задний план объекты и сведения, которые отслужили роль индикаторов и сами по себе объектом исследования не являются. Но и основные элементы содержания, предусмотренные единой системой условных обозначений, в силу большой информационной емкости аэроснимка могут иметь мелкий запутанный рисунок, который при точной передаче на карте не читается. При генерализации аэроснимка, при упрощении и неизбежной схематизации легко утратить самое главное — характер природного рисунка. Он своеобразен для различных ландшафтов и представляет взаимосвязанные процессы (функционирование) геосистем, дает возможность сохранить ориентирные свойства генерализационной карты. Задача сохранения природного рисунка, основная именно для первичных топографических карт, решается в процессе генерализации изображения дешифрируемых топографических объектов. Эта задача тем более ответственна, что генерализация — процесс необратимый. Нельзя из обобщенных

представлений вывести частные случаи; по аэроснимкам можно создать карту, но нельзя по карте восстановить аэроснимок.

Так как при изображении реки от истока до устья важно правильно передать ее извилистость, связанную как с механизмом стока (гидрографическая извилистость—меандрирование), так и с орографической структурой, изменяющей направление стока, сменой горных пород, их трещиноватостью, наклоном пластов, линиями разломов. Только один механически примененный прием — спрямление линии реки меандрами, выражающимися в масштабе, приводит к полному искажению рисунка гидрографической сети. В прямой зависимости от правильности генерализации находится также изображение длины русла, ширины поймы. Степень извилистости сопоставляют иногда и с морфологическим возрастом долин (молодые, зрелые, старые). Форма устьев рек связана со скоростью течения, его водностью, количеством взвешенных наносов, движением вод бассейна, в частности, направлением течения, волноприбойными процессами. Органична связь истоков рек с источниками питания: озерами, болотами, ледниками и др. Эти связи определяют особенности генерализации рек в разных частях — истоках, среднем течении, устье.

Генерализация при дешифрировании имеет несколько особенностей: масштаб аэроснимков не совпадает с масштабом создаваемой картины; изображения в разных частях аэроснимка разномасштабны; изображение вертикальных объектов сдвинуто, перспективно; аэрофотоизображение уже определенным образом обобщено оптически.

Очевидно, для дешифрирования следует выбирать снимки таких масштабов, чтобы обобщенность изображения соответствовала требуемой обобщенности содержания карты. В системе масштабов надо найти оптимальный, т. е. рубеж, на котором происходит перестройка рисунка изображения: исчезают или отходят на второй план одни объекты (и их индикаторы) и появляются другие — основные в образовании рисунка. Соотношение масштабов должно обеспечить и отбор объектов в соответствии с цензами, установленными для создаваемой карты.

При малой разнице в масштабах аэроснимков и создаваемой карты обобщение контуров происходит по закону отсечения

деталей и имеет много общего с картографической генерализацией. При большой разнице на аэрофотоизображении начинает сказываться общее изменение контраста и сочетания тонов; значительное влияние оказывает субъективность подхода исполнителя к генерализации. Фотомеханическое уменьшение (увеличение) не дает того результата, который получается при дешифрировании на снимке оригинального масштаба.

Генерализация основывается на детальном изучении географического ландшафта, его типичных и характерных черт, на выявлении по аэроснимкам региональных особенностей территории, индивидуальных черт рисунка различных объектов.

Генерализация решается путем: отбора отдельных объектов, отбора показателей и характеристик, учета региональных особенностей территории, обобщения очертаний (линейных объектов и границ), утрирования изображения — умышленного преувеличения размеров.

Отбор объектов, показателей и характеристик регламентирован инструкциями и системой условных знаков. Размеры наносимых на карту объектов определены цензами и нормативами в зависимости от предельно допустимой нагрузки карты конкретного масштаба и значимости объектов.

Цензы отбора предусматривают минимальные размеры изображаемых объектов или определяют высшую категорию объектов, показываемых без отбора. Например, на картах должны изображаться озера площадью более 1 мм<sup>2</sup>, обрывы при их высоте 1 мм и протяженности 3 мм; на карты крупнее масштаба 1:100 000 наносят все дороги высшего класса (железные, шоссе), полевые и лесные показывают с отбором; на линиях электропередачи и связи должны быть изображены все поворотные столбы и т. д. Исключающие и избирательные цензы определяют объекты, которые надо устранить со снимка (карты) или обязательно сохранить.

Однако отбор объектов должен производиться не только по цензу, но и с учетом сохранения природного рисунка местности. Значительный отбор приходится выполнять при изображении рукавов и стариц на пойме (ценз для отбора стариц 4 мм, для рукавов 1 см). Короткие отрезки пересекающих рукавов исключаются, но степень обводненности сохраняется, так же как

все протоки, соединяющие озера, указывающие на наличие стока. При отборе эрозионных форм длина промоин отступает на второй план по сравнению с задачей сохранения степени пересеченности склона. Также необходимо показать даже небольшие провальные и просадочные формы по границам закарстованной территории. В дешифрировании системы береговых валов и понижений между ними, грядово-мочажинных болот, песков разных типов количественные придержки отступают перед необходимостью сохранения соотношения площадей, занятых положительными и отрицательными формами.

Нормы отбора устанавливают количество сохраняемых объектов из всех имеющихся. Например, на 1 дм лесной площади нужно определять 3—4 характеристики леса; при изображении рек следует подписывать на карте их характеристики и отметки урезов воды через каждые 10—15 см. Однако при неоднородности лесов и рек на разных участках течения число характеристик может быть увеличено.

Цензы и нормативы отбора объектов могут быть дифференцированы в зависимости от географических особенностей территории. Дифференциация частично предусмотрена системой обозначений: для контуров леса при разной степени залесенности, для дорог в районах со слаборазвитой и густой дорожной сетью, для элементов гидрографии в зависимости от соотношения на дешифрируемом участке площади воды и суши. Дополнительно региональные цензы разрабатывает редактор карты, исходя из особенностей конкретного участка.

Отбор объектов, кроме их размеров, обусловлен: частотой, повторяемостью и чередованием объектов; значением объекта для характеристики географического ландшафта и практического использования; тенденцией развития, возрастом (сохранение или даже утрирование деталей развивающихся, растущих, исключение разрушающихся); выделением объектов, связанных с определяющим процессом развития ландшафта (исключение осложняющих деталей, связанных с перерабатывающими и изменяющимися процессами).

Показатель динамики как критерий отбора особенно важен при генерализации. Так, в изображении рельефа обязательно сохранение независимо от размера опасных развивающихся форм

рельефа (обвалы, оползни и т. д.). При дешифрировании русловых образований важно сохранить даже мелкие пятна отмелей, показывающие направление роста косы или островов.

Одной из основных и наиболее сложных особенностей генерализации при переходе от аэроснимка к карте является переход от показа индивидуальных объектов к их сочетаниям, отображаемым на карте двумя, тремя и более условными знаками. Для полной характеристики ландшафтного комплекса может потребоваться большое количество штриховых условных знаков. Например, для полигонально-валиковой тундры с проходимыми и труднопроходимыми болотами внутри полигонов, с мохово-травянистой, кустарниковой и кустарничковой растительностью требуется восемь условных знаков. На карте же можно оставить три, максимум четыре знака. Они должны определять тип ландшафта. В таких случаях целесообразно рассмотреть комплекс по схеме: 1) относительная значимость объектов комплекса (контура); 2) процентное соотношение объектов в пределах контура; 3) величина площади контура; 4) цвет условного знака. Выбор сочетаний должен основываться на принципе отображения взаимосвязанных по местоположению доминирующих объектов, формирующих типичный облик местности. Этим исключается случайность в применении сочетаний и обеспечивается отображение региональной специфики ландшафтов.

С процессом отбора тесно связано обобщение границ, цель которого заключается в построении изображения, сохраняющего географическое подобие природного рисунка. При дешифрировании фотоснимков сначала проводят границу между соседними объектами. Наносят ее по контрасту фотоизображения, которое может быть четким и неопределенным, расплывчатым. Фотоснимок дает фотографическую картину внешнего облика, позволяет видеть характер переходов, на картах условно показываемых линиями, даже в тех случаях, когда переход постепенный и в натуре не образует линии или полосы.

Основные приемы обобщения заключаются в упрощении (спрямлений) очертаний, объединении мелких контуров или преувеличении их размеров с учетом генетической близости объектов, характера локализации, соотношения площадей смежных контуров. Подобие рисунка достигается сохранением в обобщенном

изображении характера кривизны линий, типичных углов и поворотов выклинивания, сохранением типичных, хотя и преувеличенных деталей.

При обобщении и передаче результатов дешифрирования проводится увязка элементов содержания и соблюдается определенная последовательность генерализации; устанавливаются ведущие (структурные) линии, по которым определяют основное положение контуров (русла рек, их повороты, уступы, обрывы, дороги, четкие границы леса и др.). Резкие природные рубежи, часто служащие рубежами качественно разных районов, наносят на снимок (карту) с наибольшей точностью, выдерживая на этих точках и линиях требуемые допуски. Постепенные переходы признаков отделяют условными контурами. При проведении условного контура учитывают влияние факторов, определяющих смену признаков, выявляют связи с ясно видимыми и четко очерченными на снимке элементами местности, что обеспечивает косвенные данные для положения и характера рисунка условных границ. Только продуманной генерализацией и тщательным размещением знаков в пределах небольших участков разной формы, читающихся на снимках (ровные дренированные междуречья, долинообразные понижения, вытянутые полосы, округлые поверхности), создается наглядная картина действительной смены ландшафтов, их четких и нечетких границ.

Исключение деталей и связанное с этим смещение линий уменьшает точность нанесения границ. Допуски смещения могут быть установлены цензами исключенных деталей (изгибов границ). Четкие границы следует отличать от переходных степенью детализации. Например, при дешифрировании определенной береговой линии она показывается с детальностью, допускаемой аэроснимком и графическими возможностями. Только очень мелкие изгибы могут исключаться для более четкого изображения главных черт побережья, характеризующего его тип.

При дешифрировании на универсальных приборах одновременно с рисовкой рельефа особенности генерализации связаны с обработкой стереомодели при большом увеличении, с небольшим полем зрения прибора и невозможностью видеть одновременно стереомодель и получаемое изображение. Большое увеличение может привести к чрезмерной детальности линий и

выделяемых контуров, превышающей информационную емкость карты, к ухудшению ее читаемости. Небольшое поле зрения вынуждает вести обработку стереопары по частям, затрудняет согласование и увязку элементов содержания на соседних участках. Горизонтали, проводимые только как изогипсы высокой точности, изолированно одна от другой, теряют свое второе значение — значение линий, передающих формы рельефа. При комплексной обработке снимков на универсальных приборах особое значение приобретает разработка цензов отбора объектов, обобщение их границ и форм рельефа с учетом указанных особенностей.

## ЛЕКЦИЯ № 6. Тематическое дешифрирование

### *Особенности тематического дешифрирования.*

Перечень отраслевых видов дешифрирования неисчерпаем. К ним относятся геологическое, сельскохозяйственное, лесное, гидрографическое, археологическое, социально-экономическое и др.

Между отраслевым и топографическим дешифрированием нельзя провести четкой границы. Как известно, основная задача топографического дешифрирования состоит в распознании на аэрофотоснимках самых разнообразных объектов местности, доступных, как правило, непосредственному наблюдению и измерению. При топографических съемках получают разносторонние, но сравнительно простые характеристики объектов местности, в то время как при отраслевом дешифрировании получают ограниченное количество характеристик местности, которые, однако, часто требуют специальных методических приемов исследований. Эти особенности не могут не отразиться на требованиях к аэрофотоматериалам и на организационно-методической стороне отраслевого дешифрирования.

Топографические объекты на основе специальной карты имеют большое значение: 1) являются готовыми контурами (например, контур леса, болота и др.), для которых требуется получить дополнительные характеристики, соответствующие содержанию специальной карты; 2) являются ориентирами (например, реки, перекрестки дорог и др.), к котрым привязываются

объекты специального дешифрирования; 3) являются индикаторами, по которым можно определить объекты специального дешифрирования или их характеристики, неподдающиеся непосредственному дешифрированию (например, по рельефу – геологические структуры, по растительности – состав горных пород и др.).

Задачи, решаемые многими видами отраслевого дешифрирования, часто не отличаются по методу решения от топографических задач. К этим задачам относится получение чисто топографических характеристик местности, которые отсутствуют на топографической карте из-за ограниченности программы ее содержания.

Отраслевые задачи дешифрирования решаются уже особыми приемами, различными для каждой отрасли и опирающимися на изучение объектов дешифрирования и их взаимосвязей с топографией местности.

При отраслевом дешифрировании применяются полевой, камеральный и аэровизуальный методы, т.е. те же традиционные методы, что и в топографии. Однако, при отраслевом дешифрировании больше, чем в топографии, имеют значение индикационный, эталонный и ландшафтный методы.

Наиболее распространенными видами отраслевого дешифрирования, исходя из объема работ, выполняемых по плану государственного картографирования, являются: геологическое, сельскохозяйственное и лесохозяйственное.

### ***Методы тематического дешифрирования.***

***Прямой метод.*** Как показывает название, этот метод основывается преимущественно лишь на прямых дешифровочных признаках объектов. Он заключается в непосредственном отождествлении и сопоставлении некоторого элемента на снимке с определенным геолого-геоморфологическим телом, характеристикой или явлением. Однако для использования этого метода такое свойство должно иметь на снимке демонстративное отображение, что в отношении особенно к геологическим единицам в природе встречается весьма редко. Определение форм рельефа и характера отложений возможно лишь на территории геологически

открытых (обнаженных) районов с выходом коренных пород на поверхность и с почти полным отсутствием растительности. В силу этого ограничения А. В. Любимова дает вполне справедливую оценку: «Геологическое строение, в большинстве случаев, не находит прямого отражения на изображении... Поэтому для геологического дешифрирования метод прямого распознавания образов неприменим»

### ***Метод логической дедукции***

Этот метод построен на непосредственном контакте дешифровщика со снимком. Как правило, работник должен быть специалистом по тематике, в рамках которой проводится дешифрирование. Путем формирования множества сложных логических цепочек выявляется природа объекта. Сложность этого метода состоит в том, что при рассмотрении исследуемой территории необходимо включение в процесс всех или почти всех дешифровочных признаков, отразившихся на снимке. Также этот метод характеризуется многоуровневой структурой. В учебном пособии «Дешифрирование аэрофотоснимков» Л. А. Богомолов дает следующую оценку сложности структуры логической дедукции: «При анализе логической структуры следует исходить из ступеней познания. Исходя из этого можно выделить три ступени дешифрирования: обнаружение, опознавание, классификация. В зависимости от характера ландшафта, от параметров исходных материалов, от квалификации дешифровщика и от других причин ступени познания могут четко разделяться или незаметно переходить одна в другую вплоть до практического слияния их». Здесь также имеет место эталонное дешифрирование, которое в рамках логического метода определяется иначе: сравнение изображения на снимке с образом (эталон), сформировавшимся ранее у дешифровщика при работе с другими снимками.

### ***Ландшафтно-индикационный метод***

При геолого-геоморфологических исследованиях также удобен ландшафтно-индикационный метод. Он опирается на зависимость изображения от геометрических и физических характеристик объектов, на взаимосвязи между этими объектами,

что, в свою очередь, определяет многие закономерности в распространении и положении сопутствующих объектов и явлений на местности. В этом методе главными выступают связи между компонентами природной среды, то есть по хорошо видимому рисунку одних объектов делается заключение о характере скрытых или нечетко выраженных объектов.

## **Основные виды тематического дешифрирования**

### *Геологическое дешифрирование*

Существуют определенные особенности и при решении основных задач, возникающих при дешифрировании геологических объектов на аэро- и космофотоснимках. Так, основной задачей геологического дешифрирования аэрофотоснимков является изучение стратиграфии и литолого-стратиграфического состава пород, тогда как при дешифрировании космофотоснимков несравненно большее значение имеет структурно-тектоническое изучение территории, для чего космические снимки дают уникальную информацию.

Кроме решения общих задач по изучению геологического строения территорий в различных масштабах, дешифрирование аэроснимков может носить тематический, специализированный характер. Различают структурное, гидрогеологическое, инженерно-геологическое и др. дешифрирования. Осуществляется также решение тектонических, стратиграфических, литолого-фациальных и др. специальных вопросов. Все перечисленные выше виды дешифрирования объединяют в одно понятие – геологическое дешифрирование.

При проведении детальных тематических работ часто бывает недостаточно использовать имеющиеся материалы дистанционного зондирования т.н. «общего назначения». Необходимо проводить специализированные аэрофотосъемочные работы с самолета или вертолета: плановую или перспективную съемку с тщательным подбором марки АФА, фотопленки, учитывать высоту стояния Солнца, время года и т.д.

При геологическом дешифрировании прибегают к трем основным приемам:

сопоставление с эталонными снимками;

сопоставление и сравнение объектов в пределах одного снимка;

логическая интерпретация.

По используемым средствам дешифрирование делится на:

визуальное;

визуально-инструментальное, производящееся с помощью стереоскопов, параллаксметров и др. простейших приборов;

инструментальное, выполняемое с помощью специальных приборов и машин.

Геологи чаще всего пользуются двумя первыми видами.

При геологическом дешифрировании используют как прямые признаки (форма, размер, фототон), отображающие на снимке объект непосредственно, так и косвенные, передающие те или иные свойства объектов не прямо, а через посредство других явлений: растительность, почву, обводненность и т.д.

Условность подразделения дешифрировочных признаков на прямые и косвенные побудила некоторых исследователей либо вообще отказаться от дробных классификаций, либо вести классификацию иным способом.

Э.Баррет и А.Куртис считают, что независимо от изображения и передаваемой им информации, для дешифрирования объекта достаточно 9 признаков:

*Форма.* Объекты ландшафта можно достаточно уверенно распознать по их очертаниям или форме. Это справедливо как для природных, так и антропогенных объектов.

*Размер.* Во многих случаях важно учитывать длину, ширину, высоту, площадь или объем изображенных объектов. Часто о примерном масштабе их на снимке судят, сравнивая их со знакомыми элементами местности (например, дороги).

*Фототон* – степень почернения изображения на снимке. Нормальное зрение различает 32-35 оттенков от белого до черного цвета. На фототон влияют отражательная способность объекта, его цвет, освещенность, структура поверхности и др.

*Тень.* По теневому силуэту можно определить форму объекта. Глубокие тени на снимках горных областей мешают

дешифрированию – например, затушевывают слоистость, складчатость и т.д. В то же время повышение плотности фототона говорит в данном случае о расчлененности рельефа.

*Облик.* На снимках часто обнаруживаются объекты сходного облика. Это обстоятельство во многом облегчает дешифрирование, особенно при анализе и картировании сложных геологических образований (метод подобия).

*Текстура* – важная качественная характеристика фотоизображения тесно связана с фототонам и позволяет выделить участки изображения с одинаковым рисунком, обусловленных сочетанием микротоновых различий. К числу распространенных текстур можно отнести гладкие, волнистые, пятнистые, линейные и др. Текстура применяется в совокупности с др. признаками. Например, снимки разных пород могут иметь одинаковый фототон, но разную текстуру.

*Местоположение.* На заключительных этапах дешифрирования интерпретацию и классификацию ряда объектов можно уточнить по их местоположению относительно других, уже расшифрованных объектов. Например, складка неясной природы, расположенная между двумя антиклиналями, является, скорее всего, синклиналью и т.д..

*Разрешение на местности.* Разрешающая способность снимка зависит от особенностей аппаратуры, с помощью которой он получен, от состояния окружающей среды во время наблюдения и от последующей обработки полученной информации. Разрешающая способность лимитирует размер объектов, которые могут быть опознаны.

*Стереозффект.* Стереоскопическая модель изображения дает информацию, которую невозможно получить с отдельного снимка.

Кроме приведенных выше «основополагающих» признаков, в практике дешифровочных работ весьма эффективны и другие, как то рельеф, растительность, степень увлажнения поверхности и т.д.

*Геоморфологические признаки.* Крепость пород и устойчивость их к процессам выветривания играют значительную роль при формировании макро- и микроформ рельефа. Большое значение имеют трещиноватость пород, их тектоническая нарушенность, определяющая характер и густоту речной и

овражно-балочной сети. Четко прослеживаются линейные превышения в рельефе, возникающие над крепкими жилами и дайками и т.д.

*Растительность.* Древесная, кустарниковая и травянистая растительность часто располагается избирательно на почвах разного состава. Например, в условиях Казахстана на сильно известковистых почвах травянистая растительность редкая или отсутствует, но охотно расселяются кустарники. Этот признак легко позволяет выявить слои и линзы карбонатных пород.

*Почвы.* Основными индикаторами почв являются их цветовые оттенки, проявляющиеся на снимках в применении фототона. Окраска почв зависит, главным образом, от литологических особенностей исходных пород, особенно если почвы залегают непосредственно на коренных породах.

*Степень увлажнения.* Особенно сильно влияет на видовой состав и густоту растительности. Этот признак имеет исключительное значение при выявлении разрывных нарушений, а также поверхностей стратиграфических несогласий.

Геологическое дешифрирование дает возможность получить высококачественную геологическую карту в более короткие сроки, чем полевым методом. Это достигается следующим образом:

Геологические объекты изучаются на местности во взаимосвязи с окружающей средой и сопоставляются с изображением их на аэроснимке.

По аэроснимкам нередко можно получить представление о геологическом строении до начала полевых работ и более целесообразно наметить полевые маршруты.

Полевые маршруты, цель которых заключается только в прослеживании геологических границ, можно вовсе не проводить, если эти границы видны на аэроснимке.

Структура фотоизображения на аэроснимке в ряде случаев позволяет выявить такие геологические закономерности, которые не видны при наземном обследовании.

Для составления геологической карты требуется получить данные по структурно-тектоническим элементам, вещественному составу пород и возрасту геологических слоев. Получить с аэроснимков информацию по последней характеристике практически невозможно, так как возраст слоев определяется главным образом по ископаемым остаткам вымерших организмов. Аэроснимки могут иногда дать лишь общие сведения о возрасте, например о том, что нижележащий слой более древний, чем вышележащий.

Из всех видов дислокаций на аэроснимках наиболее легко дешифрируются разрывные нарушения. В простейшем случае представляется возможным установить разрыв пластов по их смещению при амплитуде, изобразившейся в масштабе аэроснимка. Наличие разрыва обнаруживается по нарушению непрерывности дешифрируемых пластов, которые выражаются резкой сменой пород с различным тоном, сменой форм рельефа, по срезанию слоистости, выклиниванием отдельных горизонтов и т.д. Четко выражены на аэроснимках крупные трещины. Многие разрывы выражаются в рисунке гидрографической сети, в смене растительности. Это относится и к тем случаям, когда разрывы располагаются в пределах однородных толщ.

В достаточно хорошо обнаженных районах с незначительным развитием четвертичных отложений на аэроснимках дешифрируются отдельные пласты. В этом случае имеется возможность проследить границы между отложениями различного состава, а по характеру этих границ и условиям залегания пластов установить типы складчатых дислокаций.

Слоистость передается на аэроснимках чередованием тонов различной плотности, зависящей от естественной окраски соответствующих слоев. Горизонтально залегающие слои при расчлененном рельефе дают сложный рисунок выходов слоев, повторяющий формы рельефа. При наклонном залегании и слабо

расчлененном рельефе слои вытягиваются вдоль их общего простирания. Нормальные складки дешифрируются по падению пластов на крыльях, направленных в противоположные стороны от осевой линии складки.

В районах, покрытых растительностью, при дешифрировании геологических границ приходится использовать геоботанические признаки. Растительность как индикатор вещественного состава субстрата чутко реагирует на изменение литологического состава отложений, позволяя оконтуривать различные литологические пачки, которые часто соответствуют определенным стратиграфическим комплексам. Например, в залесенной местности горизонтальное залегание слоев нередко подчеркивается расположением древесной растительности, развитой на выходах отдельных слоев более густо или более редко.

Породы различного вещественного состава в определенных природных условиях могут иметь близкий характер фотоизображения и, наоборот, одни и те же породы в различных условиях нередко выглядят на аэроснимках по-разному. Это создает трудности при дешифрировании горных пород и затрудняет формулирование универсальных дешифровочных признаков. Одним из важнейших свойств породы является ее устойчивость к процессам выветривания, что используется как индикатор при геологическом дешифрировании. Чем сильнее различаются породы по сопротивляемости к выветриванию, тем более резко они будут различаться по рельефу, почвенному и растительному покрову и, следовательно, тем более заметна будет разница между ними на аэроснимках.

Эффузивные породы выделяются на аэроснимках по тону, обычно более темному, а также по формам рельефа. Они более устойчивы к выветриванию, чем осадочные породы, вследствие чего нередко образуют уступы, карнизы и бронирующие покровы. Мощные однородные толщи древних эффузивов дешифрируются

слабо. На аэроснимках они изображаются темными монотонными полями без слоистости, но с четко выраженными крупными трещинами. Особенно хорошо выделяются на аэроснимках лавовые потоки на склонах современных вулканов. Они выделяются темным тоном, густой сетью трещин и следами течения лавы в виде бугров сжатия, морщин, струйчатости и газовых воронок.

Интрузивные породы отличаются на аэроснимках от осадочных отсутствием слоистости и светлой или более темной окраской. Речная сеть приобретает в районах развития этих пород лапчатый или ветвистый характер, речные долины относительно редки, а разделяющие их водоразделы отличаются крупными размерами и сглаженной поверхностью, обычно испещренной сетью пересекающихся трещин. Наличие этих трещин обуславливает угловатость и прямолинейность речной сети.

### ***Сельскохозяйственное дешифрирование***

*Сельскохозяйственное дешифрирование* как один из основных процессов составления по материалам аэрофотосъемки современных планов и карт для обеспечения землеустроительных и кадастровых работ приобретает в условиях рыночной экономики, новых земельных отношений и сложившейся инфраструктуры в регионах, областях, районах, на территориях землепользований особое значение, максимально приближаясь к дешифрированию топографическому, поскольку дешифрированию будут подлежать наряду с традиционными объектами и контурами сельскохозяйственного дешифрирования земли, занятые объектами и подъездными путями к ним, и сами объекты действующих и недействующих месторождений полезных ископаемых, предприятий, учреждений, организаций различного назначения; подземные и надземные линии транспортировки нефти, газа, угля, руды, нерудных материалов, полосы отвода для них и относящиеся к ним сооружения; не принадлежащие землевладельцу и

проходящие через его земли надземные и подземные линии электропередачи и связи и другие коммуникации любой принадлежности, к ним относящиеся сооружения и полосы отвода; пункты государственной геодезической сети (по требованию Заказчика) как объекты, отчуждающие для своего местоположения и наружного оформления участка земли определенной площади. Кроме этого следует заметить, что обязательному дешифрированию подлежат земли, юридически находящиеся в ведении сельских администраций местного самоуправления.

Задачей сельскохозяйственного дешифрирования является опознавание на аэроснимке местоположения и определение характеристики контуров и объектов подлежащих государственному земельному учету. К контурам и объектам сельскохозяйственного дешифрирования относятся: границы землепользования; пашни (чистые, засоренные, излишне увлажненные, поливные, пойменные, осушенные); залежи (чистые, поросшие кустарником, заросшие лесом, заболоченные); сенокосы (заливные, улучшенные, суходольные, заболоченные); пастбища (чистые, улучшенные, заросшие кустарником или лесом, заболоченные, с кочками, засоренные); сады, виноградники и ягодники; земли, непригодные или малопригодные для использования в сельскохозяйственном отношении (пески, солонцы и др.); резкие формы рельефа (овраги, курганы и др.); некоторые объекты топографического дешифрирования (сельские населенные пункты, дороги, гидрография и др.).

Дешифрирование предусматривается выполнять **комбинированным методом**, предполагающим камеральное определение на материалах аэрофотосъемки контуров и объектов местности, достоверность которых по всем показателям не вызывает сомнений, и полевое опознавание контуров и объектов местности, достоверность определения (расшифровки) которых по материалам аэрофотосъемки невозможна. При этом допускается

отдельные контуры и объекты дешифровать в ходе полевого контроля и приемки работ.

### ***Дешифрование при государственном учете земель и земельном кадастре.***

Основными задачами дешифрирования населенных пунктов для целей кадастра и инвентаризации земель является обеспечение необходимой информации для создания базовых планов состояния и использования земель, информационных земельно-кадастровых баз данных и геоинформационных систем. Содержание результатов дешифрирования должно обеспечивать необходимой информацией для регистрации прав собственности, организации постоянного контроля за использованием земель и т. п. При кадастровом дешифрировании для инвентаризации земель на масштабированный фотоснимок должны быть нанесены границы фактического использования земельных участков, их кадастровые номера, выявлены неиспользуемые и нерационально используемые земли в черте данного населенного пункта. В целях присвоения земельным участкам кадастровых номеров осуществляется кадастровое деление территории. Под кадастровым делением понимается административное деление территории для целей нумерации земельных участков и прочно связанных с ними объектов недвижимого имущества.

Кадастровое деление территории Республики Беларусь осуществляется с целью организации ведения государственного земельного кадастра. Единицами кадастрового деления территории Республики Беларусь являются:

- административно-территориальные единицы
- кадастровые округа;
- кадастровые блоки.

Кадастровый округ - территория, на которой ведение государственного земельного кадастра осуществляется

территориальным кадастровым органом либо земельной службой местного исполнительного и распорядительного органа.

Кадастровые блоки образуются в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

Кадастровый округ может образовываться в границах одной или более административно-территориальных единиц постановлением Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь

Об образовании кадастрового округа Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь информирует:

исполнительные и распорядительные органы, расположенные на территории кадастрового округа;

управление юстиции и отдел по земельным ресурсам и землеустройству соответствующего облисполкома;

- нотариальные конторы, расположенные на территории кадастрового округа.

Постановление об образовании кадастрового округа должно содержать:

- наименование кадастрового округа;

- код кадастрового округа;

- перечень административно-территориальных единиц, находящихся на территории кадастрового округа;

- наименование и адрес кадастрового органа;

- дату образования кадастрового округа.

Код кадастрового округа состоит из трех букв латинского алфавита.

Учет кадастровых округов осуществляется Национальным кадастровым агентством.

Преобразование кадастровых округов осуществляется Государственным комитетом по имуществу Республики Беларусь по инициативе Национального кадастрового агентства.

Ведение государственного земельного кадастра в административно-территориальных единицах, где не образованы кадастровые округа, осуществляется землеустроительной службой местных исполнительных и распорядительных органов

## ***Задачи, решаемые при лесохозяйственном дешифрировании.***

Задачей лесохозяйственного дешифрирования является опознавание на аэроснимках местоположения выделов и получение их таксационных характеристик, на основании которых создаются съемочные планшеты и таксационные описания к ним. Таксация леса производится с целью учета, восстановления и улучшения государственного лесного фонда. Применение аэросъемки для таксации леса имеет самую большую историю из всех отраслей народнохозяйственного применения аэросъемки, и поэтому лесохозяйственное дешифрирование накопило богатый научный, организационный и методический опыт.

Выделом называется участок насаждения леса, однородной в хозяйственном отношении.

Таксация выдела заключается в получении сведений по следующим характеристикам насаждений: форма, состав, возраст, бонитет, полнота, запас и др.

Под формой насаждения подразумевается количество высотных пологов леса. Этот показатель в большинстве случаев сравнительно легко определяется при стереоскопическом рассматривании леса.

Состав насаждений определяется формулой, состоящей из начальных букв русских названий древесных пород и из чисел, определяющих составную часть породы. Например, формула 6С2Б1О означает, что насаждение состоит из 6 частей сосны, 2 частей березы и одной части осины.

Под бонитетом подразумевается хозяйственная оценка насаждения. Все насаждения по хозяйственной ценности разделяются на 7 классов бонитета. Класс бонитета определяется по специальным таблицам на основании соотношения между возрастом и высотой насаждения.

Полнота насаждения определяется отношением суммы площадей сечения данного насаждения к площади сечения нормального полного насаждения той же породы при тех же условиях местообитания.

Преобладающие породы или их группы и группы состава насаждений дешифрируют в основном по цвету, микроструктуре и приуроченности к определенным типам лесорастительных условий.

Полноту и группы возраста определяют (по снимкам высокого разрешения) на основе микроструктуры полога насаждений и их статистических характеристик; остальные таксационные показатели - расчетным путем на основе их взаимосвязей.

По космическим снимкам с разрешением на местности 10 м и лучше после определения преобладающей и составляющих пород, типа леса или группы типов леса и класса бонитета, дешифрируют группу или класс возраста преобладающей породы. Для их определения используют главным образом морфологические признаки дешифрирования: контурную структуру и текстуру изображения, просматриваемость полога в глубину и др. При этом класс бонитета устанавливают по установленному типу леса или группе типов леса. Завершающим дешифрируемым показателем является относительная полнота, которую определяют или визуально стереоскопическим способом на основе приобретенного во время дешифровочных тренировок опыта, или инструментально путем измерения сомкнутости непосредственно по сильно увеличенному снимку или его изображению на экране компьютера. При ее определении учитывают, что сомкнутость полога на космических снимках чаще всего совпадает с полнотой. При тренировке и дешифрировании относительной полноты основными признаками ее являются: просматриваемость полога в глубину, величина промежутков между кронами, общая сомкнутость полога. Кроме того, при ее определении учитывают преобладающую и сопутствующие породы, тип леса, группу возраста, рельеф местности.

Остальные таксационные признаки при дешифрировании космических снимков определяют на основании различных взаимосвязей: средняя высота - по классу (группе) возраста, классу бонитета и преобладающей породе, средний диаметр - по средней высоте, с учетом возраста и полноты, запас на 1 га - по средней высоте и относительной полноте.

**Вырубки** дешифрируют по светлому тону (цвету) и четким прямоугольным границам, приуроченности к формам рельефа, лесовозным дорогам (в таежных районах), иногда по недорубам - темным пятнам и зернам на общем светлом фоне изображения или крупномерному подросту. Цветные синтезированные снимки усиливают контраст между вырубками и примыкающими стенами

леса. На них более надежно распознают куртины недорубов и некоторые другие особенности вырубков. По цвету можно выделить их части, различающиеся условиями местопроизрастания или находящиеся в различной стадии (по возрасту и преобладающей породе) лесовозобновления.

### ***Особенности дешифрирования гидрологических объектов.***

Необходимость полного отображения гидрографии на топографических картах определяется огромным значением ее для современного и перспективного использования ресурсов поверхностных вод при рациональной организации водоснабжения, рыбного хозяйства, водного транспорта, энергетики, при расчете гидротехнических сооружений, в дорожном строительстве и т. д.

Поверхностные воды имеют на фотоснимках достаточно четкие очертания, а аэрофотоизображение водной поверхности хорошо отличается от окружающих участков суши. На тон фотоизображения водоемов влияют оптические условия аэрофотосъемки, глубина, цвет дна, прозрачность воды, волнение, водная растительность. Обычно при больших глубинах, темном грунте дна (илистом, торфянистом), при маскировке воды падающими тенями крутых берегов или прибрежной растительностью тон изображения темный. Мелкие реки и озера со светлым дном (песчаным или каменистым) имеют преимущественно светлый тон. Мутная и вспененная вода также придает светлый тон изображению.

Гидрографическая сеть — это каркас, по которому строится картографическое изображение. Точность локализации (нанесения) многих объектов определяется точностью и детальностью гидрографической сети. Поэтому береговая линия дешифрируется особенно тщательно. Плановое положение береговой линии должно соответствовать установленному для отображения на картах уровню воды. Особой тщательности требует отображение береговой линии в зоне отлогих берегов, так как даже незначительное изменение уровня воды может привести к искажению планового положения береговой линии, ее конфигурации и всей окружающей ситуации.

В процессе дешифрирования можно определить величину планового смещения береговой линии по формуле:

$$L=h \operatorname{ctg} a \quad (23)$$

где  $h$  — высота подъема воды над меженным уровнем;  $a$  — угол наклона берега (измеряется по аэроснимку).

При дешифрировании целесообразно использовать аэроснимки, полученные в разные периоды времени и в различных масштабах, а также справочные и картографические материалы по гидрографии и водным ресурсам.

### ***Дешифровочные признаки, используемые при гидрологическом дешифрировании.***

Реки на фотоснимках обнаруживаются по прямым признакам: форме русел, рисунку, образуемому действующим руслом и следами старых русел, тону изображения воды (рис. 8). Косвенными признаками служат положение русла реки в рельефе местности, специфический растительный покров, изменение фоторисунка кроны деревьев вдоль русла. Урез воды устанавливается по контрасту между темной или бликующей поверхностью воды и суши, небольшим уступам в волноприбойной полосе, по деталям микрорельефа дна на мелководье. Река, текущая в легко перемываемых грунтах, имеет множество рукавов, отмелей, пляжей, островов. Острова всегда хорошо видны на аэроснимках. Формы островов зависят от характера грунта, скорости течения реки, стабильности потока. Песчаные и галечниковые косы, пляжи, отмели опознаются по белому и светло-серому тону. Порожистые участки имеют светлый перистый рисунок.

Направление течения определяется по характеру впадения притоков (как правило, под острым углом), форме русловых образований, имеющих вытянутую форму, заостренную вниз по течению, вытянутым вниз по течению белым полосам, образованным водой при обтекании препятствий, по расположению гидротехнических сооружений и т. п.

Затруднения вызывает дешифрирование рек и их верховьев, скрытых пологом леса. Установить признаки начала течения бывает необходимо и в натуре — для районов с одинаковыми условиями их

формирования. Обычно прирусловая полоса деревьев образуется более сочными по окраске и более крупными кронами деревьев, отличающимися от соседствующего полога. Рисунок устья реки определяется характером движения потока и его взаимодействия с водами принимающего его бассейна (море, озеро, река, болото).

Различные формы устьев рек — прямое впадение, эстуарии, лагуны и другие — хорошо прочитываются по снимкам. Особенно ценен снимок для исследования дельт, труднопроходимых, а иногда и непроходимых на местности. Сеть постоянных и временных русел, бессточных впадин и понижений, хорошо читающихся на аэроснимке, позволяет судить о режиме реки и характере береговой линии (постоянной, непостоянной, неопределенной). Из большого числа гидрогеологических показателей, характеризующих реки, важное значение для отображения на топографических картах имеет водный режим, основными фазами которого являются половодья, паводки и летняя межень, характерные для открытого русла в теплый период года.

Значительное изменение ширины рек (или их участков) на период половодья и паводков может графически изображаться в виде полосы разлива. Обычно для нанесения границ и площадей разливов рекомендуется проведение аэросъемки границ в два периода — меженный и высокой воды. Однако при хорошем знании района метод ландшафтной индикации дает возможность устанавливать границы разлива и вероятность затопления территорий камерально по косвенным признакам. Рассмотрим пример. Обычно полосы разливов распространяются на затопляемые участки дна долины (поймы, низкие террасы). Ширина разливов в большинстве случаев определяется границами поймы, которые могут быть установлены при стереоскопическом рассмотрении аэроснимков, измерениями высот по аэроснимкам и путем построения поперечного профиля долины. Для ясно выраженных и хорошо разработанных долин граница поймы может быть установлена как линия, разделяющая площади с однообразным серым тоном (дно долины) изображения и площади, имеющие на аэроснимке вид пестрой мозаики (склоны долины), создаваемой более разнообразной растительностью склонов. Следы стояния высоких уровней прослеживаются также по небольшим уступам рельефа вдоль границ разливов, образующихся в

результате подмыва. Скат уступов нередко бывает обнаженным и прослеживается в виде светлой полосы. Иногда граница разлива отчетливо прослеживается также в виде светлой линии, образованной принесенными водой и отложившимися в волноприбойной полосе остатками растительности, наносами.

О частоте и размерах разливов можно судить по степени пересеченности поймы. Однообразный тон изображения поймы свидетельствует о слабой пересеченности ее поверхности, относительно высоком положении в рельефе и редкой затопляемости. Наличие выраженного чередования светлых и темных полос (соответствующих повышениям и понижениям), имеющих веерообразное расположение, развитая сеть проток, стариц и пойменных озерков дают основание говорить о низком расположении поймы и частых ее затоплениях. Подробное стереоскопическое изучение микрорельефа поймы позволяет судить о режиме ее затопления и освобождения от воды. Определение высот берегов, грив, относительной глубины отдельных ложбин на пойме дает возможность проследить очередность затопления отдельных участков поймы и освобождения их из-под воды при спаде половодья.

При дешифрировании пересыхающих рек необходимо знать, с чем может быть связано пересыхание в конкретной местности (преобладание расхода на испарение, просачивание, орошение и т. п.), представлять типы рек по водному режиму и районы, где пересыхание связано с прекращением поверхностного стока в течение меньшей части года (сезонно-пересыхающие) или большей части года (сезонноводные). Прерываемость и постоянство руслового потока зависят от глубины эрозионного вреза, уровня залегания грунтовых вод. Отсутствие устойчивого грунтового питания также является причиной прерывистости стока. В поймах рек, на участках перехода от равнины к горному рельефу на конусах выноса, предгорных шлейфах водотоки формируются в относительно мелкозернистом аллювии (галечник, гравий, песок) и в связи с большими скоростями течения в период дождей имеют пересыхающие неустойчивые легкоподвижные русла. Об устойчивости русел можно судить по характеру микрорельефа, береговой линии, грунтов, устьевых участков. Так, для свободно меандрирующих пойменных ручьев и проток показателен

микрорельеф поймы: чем сложнее рисунок поймы, создаваемый веерами блуждания, тем меньше устойчивость грунтов и русла. Для неустойчивых русел на конусах выноса и предгорных шлейфах характерны невыработанность продольного профиля, малый врез, расчленение основного потока на отдельные растекающиеся русла (хорошо видимые на аэроснимке) на пологой части склона, когда он теряет свою скорость. Устьевые участки таких потоков выражены слабо, часто теряются в грунтах, не доходя до основной реки. Озера, водохранилища, пруды дешифрируют по положению в рельефе. Полосы разного тона, почти параллельные берегу, террасы, уступы являются признаками разных уровней усыхания. По целому ряду признаков достоверно устанавливается происхождение озер (ледниковое, тектоническое, карстовое). Характерные пространственные узоры дают возможность безошибочно отнести ряд озер к определенному генетическому типу. По характеру рельефа, растительности, грунта выявляется динамика озерных котловин— зарастающих, мелеющих, переувлажняющихся, осушающихся.

Водоохранилища и пруды безошибочно узнают по перегораживающим русла плотинам, подходящим каналам, отчетливо видимым на аэроснимках. Кроме береговой линии поверхностных вод распознаются объекты водного транспорта и гидротехнические.

## ЛЕКЦИЯ № 7. Дешифрирование нефотографических снимков

### *Виды нефотографических снимков их получение*

Оптико-электронными системами называют приборы, в которых информация о наблюдаемом объекте переносится оптическим излучением, а ее первичная обработка сопровождается преобразованием энергии излучения в электронный сигнал.

Структура многих современных оптико-электронных приборов достаточно сложна. Она включает большое число различных по своей природе и принципу действия звеньев – аналоговых и цифровых преобразователей электрических сигналов, микропроцессоров, механических и электромеханических узлов и др.

Действие оптико-электронных приборов основано на способности к приему и преобразованию электромагнитного излучения в различных диапазонах оптической области спектра: от ультрафиолетовой, до видимой и инфракрасной

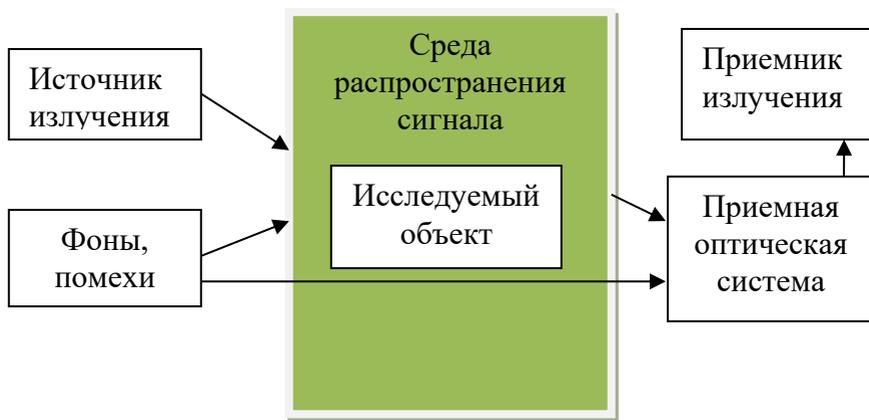


Рис. 20. Обобщенная схема работы ОЭП

Источник излучения создает материальный носитель полезной информации – поток излучения. Этим источником может быть сам исследуемый объект. Приемная оптическая система собирает поток, излучаемый наблюдаемым объектом или отраженный от него, формирует этот поток и направляет его на приемник излучения. Приемник превращает сигнал, переносимый потоком излучения, в электрический. Выходной блок формирует сигнал, по своим параметрам удовлетворяющий требованиям получателя информации.

На летательных аппаратах дистанционного зондирования с оперативной доставкой информации в качестве съемочной системы

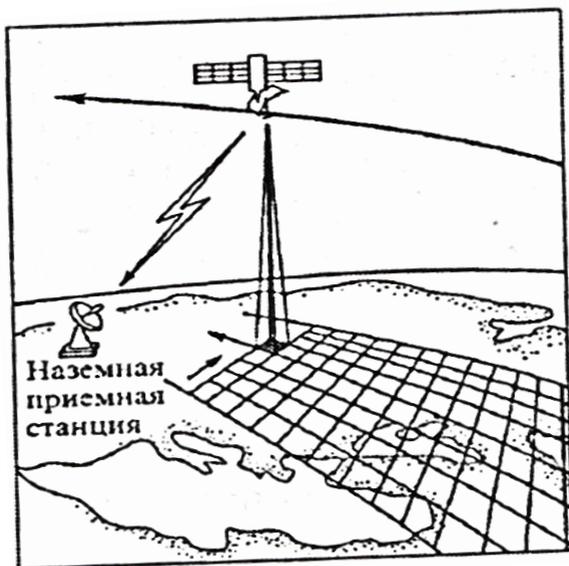


Рис. 21. Сканирующие ОЭП на летательных аппаратах

оптического диапазона применяют сканирующие ОЭП или сканеры. Различают оптико-механические сканеры и сканеры с матричными приемниками излучения для формирования электронного изображения, в которых используют линейные приемники излучения – так называемые приборы с зарядовой связью.

С помощью сканеров формируется изображение, состоящее из множества отдельных, последовательно получаемых элементов изображения – пикселей в пределах полос

Сканирование местности осуществляется в одном направлении за счет движения самолета (спутника) вперед, а в другом (перпендикулярном линии полета) – за счет вращения или колебания призмы (зеркала). Колебательное перемещение призмы (зеркала) в сочетании с движением самолета (спутника) обеспечивает непрерывный охват определенной полосы местности, размер которой зависит от апертуры (действующего отверстия оптической системы объектива) сканера и высоты полета самолета или спутника.

В сканерах, как правило, устанавливают несколько сенсоров, позволяющих получать изображение одновременно в различных спектральных каналах. Информацию, полученную в процессе сканерной съемки, передают в виде цифрового изображения по радиоканалу на приемный пункт или записывают на борту на магнитный носитель. Материалы съемки потребителям передаются в виде записи на магнитном носителе, например на СД-дисках, с последующей визуализацией на местах обработки снимков.

По своим геометрическим свойствам и разрешению на местности сканерные снимки, которые получались съёмочными системами первых поколений, уступали фотоснимкам. Однако высокая чувствительность приемников излучения сканеров позволяет выполнять съемку в узких (несколько десятков нанометров) спектральных интервалах, в пределах которых различия между некоторыми природными объектами более четко выражены. В цифровых данных, полученных с помощью сканеров, отсутствуют «шумы», которые неминуемо появляются при фотосъемке и фотолабораторной обработке съёмочных материалов.

Лучшие в мировой практике сканеры новых поколений позволяют получать информацию с разрешением на местности до единиц см при съемке с авиационных и до долей и десятков м – с космических носителей.

#### *Радиоволновые съемочные системы*

Использование радиоволн в качестве носителей информации об объектах земной поверхности привело к созданию радиофизических съемочных систем. Их разделяют на два класса: использующие метод активной радиолокации и регистрирующие собственное излучение объектов.

Из систем, относящихся к первому классу, наибольшее применение получили радиолокационные станции бокового обзора (РЛС БО). В основе их работы заложены принципы радиолокации. Генератор, установленный на борту летательного аппарата, вырабатывает радиоволны определенной длины, амплитуды, поляризации. С помощью антенны радиоизлучение направляется на земную поверхность.

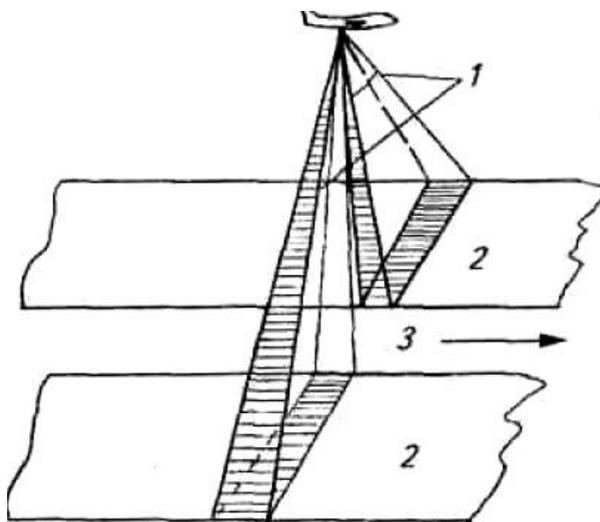


Рис. 22. Схема съемки с помощью РЛС БО

Длины радиоволн, используемые при съемке, находятся в диапазоне от 1 см до 1 м и более. Режим излучения может быть непрерывным или импульсным.

После взаимодействия с объектами поверхности происходит модулирование несущего сигнала, изменяются его исходные характеристики. Отраженный модулированный сигнал воспринимается приемной антенной. Принятые сигналы после усиления поступают на экран, где происходит построчная визуализация результатов радиолокации. Яркость изображения объекта зависит от энергии возвратившегося сигнала. Первичная обработка результатов съемки выполняется на борту летательного аппарата или на Земле.

Продольное разрешение зависит от размера антенны или частоты используемых радиоволн. Усовершенствованные радиолокационные станции позволяют получить разрешение по полю снимка с самолета до 5 м, при съемке из космоса – до 20 м.

О свойствах объектов судят по мощности и структуре отраженного сигнала. Объекты частично поглощают, частично пропускают, частично отражают и рассеивают падающие на них радиоволны, в соотношениях определяемых диэлектрическими свойствами материалов самих объектов. На снимках объекты, имеющие светлые тона, обладают большим коэффициентом эффективного поверхностного рассеивания, чем объекты с темным фототонном.

Преимущество радиолокационных съемок – их независимость от погодных условий и степени освещенности местности. Снимать можно при сплошной облачности, туман и даже дождь, поэтому РЛС-съемку называют «всепогодной». Современные технологии обработки снимков делают возможным использование РЛС-снимков для картографических целей. Для условий России, особенно в северных ее широтах, где большую часть времени года присутствует облачность, этот фактор во многих случаях может быть решающим при выборе вида съемки при равных характеристиках в пользу радиолокационной.

Радиолокационную съемку применяют для изучения водных поверхностей, определения границ береговых линий, овражной

сети, зон подтопления, состояния посевов и т.д.

Основываясь на анализе данных различных исследований, можно полагать, что радиолокационные съемки позволяют получать значительную часть дополнительной информации, необходимой органам лесного хозяйства для ведения мониторинга лесов. К ней можно отнести: данные о рельефе местности; высоте леса; биомассе; увлажненности почв на не покрытых и покрытых лесом и нелесных землях; глубина залегания грунтовых вод; глубина снега; зона вечной мерзоты; более полная характеристика лесоболотных комплексов; оценка степени осушения территории в результате проведения гидролесомелиорации (осушения); зоны подтопления, заболачивания; выявление пораженных или угнетенных участков леса по содержанию воды в листьях и хвое на основе диалектической проницаемости; наличие подроста и подлеска под пологом леса.

Сверхвысокочастотная радиометрия относится к пассивным методам исследования поверхности Земли. Выполняют ее с помощью СВЧ-радиометров, измеряющих собственное излучение объектов в спектральном интервале 0,15...30 см в нескольких каналах. Линейное разрешение СВЧ-радиометров в зависимости от типа прибора может быть от нескольких метров до десятков километров и более.

Достоинство СВЧ-съемки формирование воспринимаемого радиометрами сигнала в глубине снимаемого объекта и возможность передачи информации о глубинных процессах. Микроволновая съемка менее чувствительна к изменению метеорологических условий, смене дня и ночи по сравнению с тепловой съемкой.

Радиолокационное зондирование в СВЧ-диапазоне обладает рядом уникальных возможностей, недоступных для приборов зондирования в видимом и ИК диапазонах. Самым главным достоинством является возможность обследования поверхностных образований. Это свойство обусловлено частичной прозрачностью большинства природных объектов в СВЧ-диапазоне. Глубина проникновения радиолокационного луча определяется потерями, связанными с поглощением и рассеянием электромагнитного излучения. Например, для сухого песка или почвы глубина проникновения может составить несколько метров.

Глубина проникновения радиолокационного импульса в грунт сильно зависит от объемного содержания в нем воды, причем с увеличением ее содержания глубина проникновения экспоненциально падает.

Используя РЛС БО с различными длинами волн возможно получить распределение приповерхностной влажности для исследуемого района. Текстурные неоднородности радиолокационного снимка могут быть тонкосетчатыми, полосчатыми, массивными и т.д.

Особенно хорошо фиксируется на радиолокационных снимках гидросеть. Она дешифрируется лучше, чем на аэроснимках. Высокое разрешение характерно и для районов, покрытых густой растительностью. Разрешающая способность снимков – от 10 до 200 м.

### ***Снимки в тепловом инфракрасном диапазоне***

Инфракрасная или тепловая съемка основана на выявлении тепловых аномалий путем фиксации теплового излучения Земли. Солнечное (внешнее) и эндогенное (внутреннее) тепло нагревает геологические объекты по разному в зависимости от вещественного, т.е. минерального, состава пород, их тепловой инерции, влажности, отражательной способности и др. причин. Инфракрасное излучение, проходя через атмосферу, избирательно поглощается, например, частицами влаги и др., в связи с чем тепловую съемку можно вести только в определенных интервалах длин волн, в зонах расположения так называемых «окон прозрачности», т.е. в интервалах пропускания атмосферой инфракрасных лучей.

Существуют три окна прозрачности. 3-5, 8-14, 30-80 мкм. Первые два используются для съемки. Интенсивность излучения Солнца в этом диапазоне незначительна, но зато на волны длиной 10-12 мкм приходится максимум собственного теплового излучения Земли. Поскольку у различных объектов земной поверхности (суши, воды, по-разному увлажненных почв и т.п.) оно неодинаково, есть возможность судить о характере излучающих объектов

Тепловые инфракрасные радиометры дают сигналы разной силы для объектов с различной температурой. При построении по этим сигналам изображения - теплового инфракрасного снимка - получают температурные различия объектов съемки. Обычно на таких снимках холодные объекты выглядят светлыми, теплые - темными. Пространственное разрешение тепловых снимков в диапазоне от 1 км - с метеоспутников до сотен метров - с ресурсных спутников. Температурное разрешение составляет десятые доли градуса. Съемки можно вести ночью, в условиях полярной ночи. Облачность мешает съемке, так как регистрируется температура не земной поверхности, а облаков.

Тепловая съемка может применяться при поисках подземных вод, выявлении элементов тектоники, прямых поисках залежей нефти, решения экологических задач.

#### *Телевизионные системы*

В основе телевидения лежит фотоэлектрический эффект, используемый в передающих трубках телевизионных камер для преобразования оптического изображения в электрические сигналы. В кадровых телевизионных системах, как и в кадровых фотографических системах, изображение строится по закону центральной проекции. Изображение формируется на фотоэлектрической поверхности – экране (фотомишени), которая является частью приемопередающего устройства – видикона (передающей трубки). Фотомишень выполняет те же функции, что и фотопленка, но она используется многократно. Оптическое изображение с помощью объектива строится на фотомишени.

При проецировании изображения на светочувствительную мишень отдельные ее участки, вследствие внутреннего фотоэффекта, изменяют электрическое сопротивление обратно пропорционально их освещенности. В результате оптическое изображение создает на мишени поле положительных электрических зарядов. Величина заряда на элементарной площадке фотомишени пропорциональна интенсивности падающего светового потока (экспозиции). Изображение сканируется

электронным лучом, исходящим из электронного прожектора, быстро оббегающим всю поверхность мишени.

Образование узкого луча обеспечивает фокусирующая, а движение луча по мишени – отклоняющая система трубки. Разрешение трубки в значительной мере определяется диаметром сканирующего луча. Чем меньше его диаметр, тем больше строк сканирования и тем более мелкие детали различаются в телевизионном изображении. Современные трубки космических телевизионных систем обеспечивают до 1000 и более строк развертки при размерах мишени 0,5 – 5 см. В момент взаимодействия электронного луча с элементарной ячейкой происходит сложение зарядов. Суммарный заряд поступает на усилитель, после чего передается по радиоканалу на наземный пункт приема, где поступившие сигналы преобразуются в изображение.

Объектив телевизионной камеры во время экспозиции строит изображение сразу всего кадра на светочувствительном экране видикона, который его «запоминает» (фиксирует) на некоторое время.

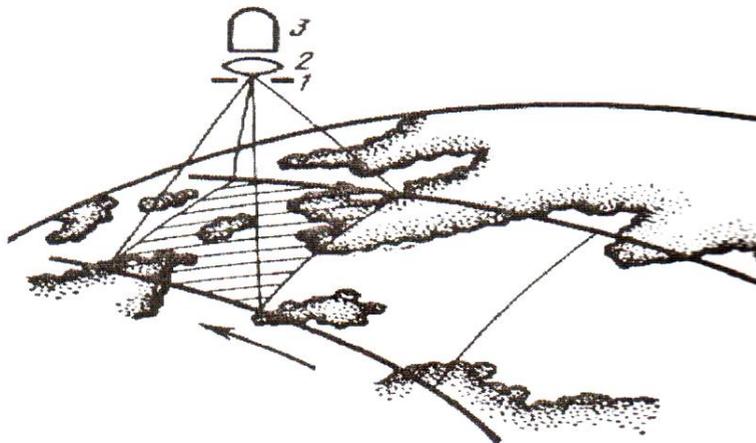


Рис. 23. Схема телевизионной съемки:  
1 – затвор; 2 – объектив; 3 – передающая ТВ камера

В интервале между экспозициями электронный луч трубки, сканируя экран видикона, формирует электрический видеосигнал, который передается по каналам космической связи. В процессе сканирования фотоэлектрическая поверхность очищается и готова к приему нового оптического изображения. В случае, когда прямая радиосвязь невозможна, результаты съемки записываются на магнитный носитель и после входа в зону радиовидимости сбрасываются по радиоканалу на Землю.

Телевизионные изображения менее пригодны для фотограмметрических измерений, чем фотокамеры и сканеры, но они обеспечивают оперативное получение и передачу изображения по каналам связи. Разрешающая способность их может достичь единиц сантиметров при съемке с вертолетов и десятков метров при съемке из космоса.

При выполнении съемок с помощью камер с самолетов (вертолетов) возникает ряд трудностей, связанных с необходимостью проводить тщательное согласование скорости и высоты полета летательного аппарата с работой системы.

Таким образом наиболее эффективно телевизионные системы работают на космических аппаратах.

Преимущества телевизионной космической съемки в ее скорости и оперативности. Недостатки – недостаточно высокое качество фотоизображения и слабое (в несколько раз ниже, чем на фотоснимках) разрешение.

#### *Лазерные съемки*

Применение оптических генераторов излучения – лазеров – привело к разработке активных оптических съемочных систем. С помощью лазера облучают снимаемую поверхность. Отраженный от нее сигнал принимает оптическая система. В результате съемки получают трехмерное цифровое изображение. Особенностью лазерного луча является его способность проникать через лиственный покров древесной растительности. В таблице ниже приводятся характеристики лазерной системы ALMT-1020, которая изначально разрабатывалась для производства воздушных топографических съемок земной поверхности и создания крупномасштабных планов местности.

Импульсный лазер оптически совмещен с главным лепестком диафрагмы направленности антенны, которая сканирует лазерным лучом полосу местности, обычно в направлении полета самолета. Время отражения лазерного луча от земли и лесной растительности измеряется и приводится к скорости света. Положение самолета при каждом измерении фиксируется с помощью GPS. Вычисляют векторные значения от самолета до земли и получают истинные координаты точек отражения на поверхности земли и различных частей деревьев.

Ширина сканируемой полосы местности (за один проход) зависит от угла сканирования лазерного дальномера и высоты полета самолета. Обычно скорость самолета составляет от 200 до 250 километров в час (55-70 метров в секунду), а высота от 300 до 3000 метров, угол сканирования может достигать 20 градусов, частота излучения от 2000 до 25000 импульсов в секунду. Навигационное обеспечение осуществляется за счет использования бортового GPS, синхронно работающего с наземной базовой станцией.

Материалы съемки могут обрабатываться как на борту вертолета (самолета), так и в камеральных условиях с помощью специальных программ, позволяющих получать геометрические параметры отдельно стоящих деревьев и реально читаемые морфоструктурные характеристики полога древостоя по всему маршруту съемки. Изображение представляется в трехмерном виде. Поэтому пользователи могут работать с материалами фото- и видеосъемки, цифровой моделью и базой данных в наиболее удобных режимах.

В силу своих особенностей лазерные системы применяют для построения профилей рельефа на территориях, закрытых лесами. Они эффективны при обследовании линий электропередачи. Линейное разрешение лазерных систем значительно уступает фотографическим системам.

### *Особенности дешифрирования нефотографических снимков.*

Дешифрирование радиолокационных изображений принципиально не отличается от дешифрирования обычных аэрофотоснимков, но при этом учитывается специфика формирования изображения. Радиолокационная съемка имеет большую чувствительность к изменению геометрии отражающих объектов, или, что то же самое, к изменению рельефа. На радиолокационном изображении фиксируются достаточно мелкие детали рельефа, что позволяет проводить геологическое дешифрирование, в частности, выявлять складчатые и разрывные структуры отражающиеся в современном рельефе.

Контрасты радиолокационного изображения зависят от различной способности отражающих поверхностей к диффузному рассеянию волн. Поверхности состоящие из частиц, размер которых меньше половины длины используемых волн, при небольших углах визирования будут для этих волн зеркальными отражателями. Большинство природных объектов имеет поверхности с неровностями, соизмеримыми или большими половины длины используемых волн, вследствие чего они действует как диффузный отражатель. Например, от поверхности, сложенной мелкозернистыми породами типа глин, почти весь сигнал зеркально отразится и на радиолокационном снимке они будут темные. В тоже время поверхности, сложенные грубообломочными материалами, например, крупнолыбовыми осыпями, дают мощный отраженный сигнал, который обуславливает светло-серый тон изображения.

Использование радиолокационных изображений перспективно при изучении растительности. Анализ текстуры изображения и тоновые сравнения, с учетом географических условий изучаемой территории, позволяют создать карты растительности, разграничить зоны растительности в различных стадиях роста, ограничивать участки леса одинаковой высоты.

### *Дешифрирование инфракрасных (тепловых) изображений.*

Инфракрасная аэрофотосъемка регистрирует собственное излучение элементов ландшафта в отличие от аэрофотосъемки, где регистрируется отраженная энергия. Это определяет иной характер контрастов деталей ИК – изображения, а также возможность проведения ИК – аэросъемки в любое время суток.

ИК – аэросъемка позволяет четко фиксировать разнотемпературные потоки, впадающие в морские бассейны, что позволяет картографировать морские и речные течения, регистрировать пути миграции промышленных сбросов и т.п. Хорошо выражены на ИК – изображении отмели, что связано с большим прогревом дна Солнцем на мелких участках.

ИК – съемка может применяться для контроля с воздуха массивов леса с целью обнаружения очагов зарождения огня.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ»**

Широкое и повсеместное внедрение дистанционных методов при исследовании окружающей среды ставит задачи по совершенствованию методики дешифрирования – важнейшей составной части сложного технологического процесса разработки и составления карт. Дешифрирование снимков представляет собой метод определения границ и истинного значения изучаемых предметов, явлений и процессов земной поверхности по их изображению и внешнему отражению путем полевого и камерального изучения зависимости между внешними и внутренними элементами географического (топографического) комплекса

В настоящее время аэрофотосъемка является основным методом получения информации о топографических объектах земной поверхности.

Основной объем работ при создании крупномасштабных топографических карт ложится на обработку аэрофотоснимков местности, при этом процесс дешифрирования занимает более 25% всего объема составительских работ.

Аэрокосмический снимок – это прежде всего информационная модель изучаемого объекта или явления. Аналоговые и цифровые аэрокосмические снимки имеют десятки разновидностей, несут разнообразную информацию о топографических объектах и их взаимосвязях, пространственном распределении, состоянии, изменении во времени.

Очевидно, что успешное решение задач дешифрирования во многом зависит от подготовленности инженерно-технических работников. Поэтому каждый геодезист обязан уметь подбирать аэроснимки в зависимости от решаемых задач и иметь навыки работы с ними.

## Лабораторная работа № 1

### ПРИВЯЗКА К КАРТЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ

Материалы для выполнения работы: аэроснимок и топографическая карта, измеритель, линейка, поперечный масштаб, карандаш.

Задание: выполнить привязку аэроснимка к карте, определить масштаб и высоту фотографирования аэроснимка.

Привязка аэроснимков к карте заключается в отождествлении объектов местности, изображенных на карте и аэроснимках, и в определении (отображении) на карте границ сфотографированного участка.

Для этого на листе топографической карты определяются границы местоположения территории, изображенной на аэроснимке. В качестве пунктов привязки используются, как правило, различные линейные объекты (дороги различного характера, мелиоративные каналы, объекты гидрографии), населенные пункты и другие объекты местности.

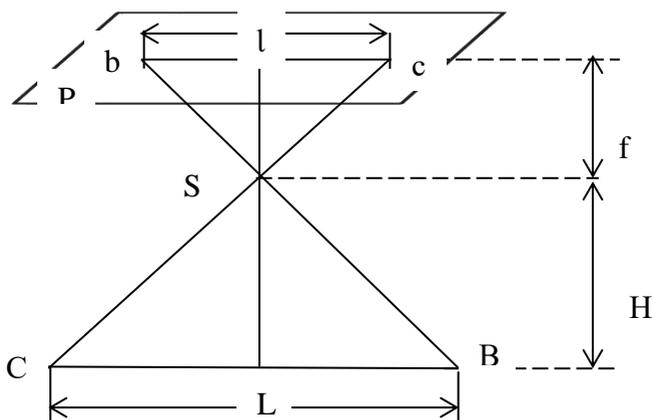


Рис. 1. Определение масштаба планового аэроснимка

Масштаб планового аэроснимка выражается отношением длины линейного отрезка на аэроснимке к длине того же отрезка на местности (рис. 1).

Положим, что  $CB$  – некоторый линейный отрезок на местности,  $S$  – объектив АФА и  $P$  – плоскость аэроснимка. При фотографировании линия  $CB = L$  на местности изобразится отрезком  $cb = l$  на аэроснимке. Из этого следует, что

$$\frac{l}{L} = \frac{f}{H}$$

Отсюда масштаб аэроснимка будет равен

$$\frac{l}{m} = \frac{l}{L} = \frac{f}{H}$$

где  $m$  – знаменатель масштаба.

Из этой формулы вытекают два способа определения масштаба планового аэроснимка:

- а) по карте;
- б) по фокусному расстоянию АФА и высоте фотографирования.

### **Первый способ.**

Выбирают на аэроснимке две резко выраженные контурные точки (угол леса, перекресток дорог и т.п.) изображение которых имеется также на карте. При этом руководствуются следующим: отрезок прямой, соединяющей эти точки, должен проходить возможно ближе к центру аэроснимка, длина его должна быть возможно большей (не менее 5 см), а взаимное превышение выбранных точек – как можно меньше. Затем измеряют на аэроснимке длину этого отрезка и по карте определяют длину соответствующего ему отрезка на местности. Разделив длину линии на местности, измеренную по карте, на длину соответствующего ей отрезка на аэроснимке, получают знаменатель численного масштаба.

Для большей точности и для контроля следует определять масштаб аэроснимка дважды, по двум взаимно пересекающимся линиям. Среднее значение масштаба, полученное из двух

определений, записывают на рабочий лист представляемый для проверки преподавателю.

### **Второй способ.**

Зная величину фокусного расстояния АФА ( $f$ ) и высоту фотографирования  $H$ , по формуле:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H}$$

получают знаменатель масштаба.

Из формулы видно, что масштаб аэроснимка зависит от отношения величины фокусного расстояния аэрофотоаппарата  $f$  к высоте фотографирования  $H$ .

Например, при  $f = 100$  мм,  $H = 1000$  м,  $\frac{1}{m} = \frac{1}{10000}$ ,

$f = 200$  мм,  $H = 2000$  м,  $\frac{1}{m} = \frac{1}{10000}$ ,

$f = 100$  мм,  $H = 2000$  м,  $\frac{1}{m} = \frac{1}{20000}$

Очевидно, что чем больше фокусное расстояние фотоаппарата, тем крупнее масштаб аэроснимка, чем больше высота фотографирования, тем мельче масштаб аэроснимка.

### **Определение высоты фотографирования аэроснимка**

Высота аэрофотосъемки всегда определяется как расстояние по отвесной линии от той или иной поверхности до объектива фотоаппарата на самолете в момент фотографирования (рис. 2). Если это расстояние берется от уровня Балтийского моря, то оно называется абсолютной высотой  $H_0$ ; если от уровня аэродрома, то относительной высотой  $H_a$ ; если от средней высоты участка съемки, то высотой фотографирования  $H_f$ ; если от какой-либо конкретной точки поверхности земли, то – истинной высотой  $H_i$ .

Для расчета масштаба фотографирования берется высота фотографирования ( $H$ ), а для расчета исходных аэронавигационных величин – абсолютная высота ( $H_0$ )

Для того чтобы определить высоту фотографирования аэроснимка необходимо иметь карту на этот участок местности и знать фокусное расстояние камеры аэрофотоаппарата. Выбираются две пары идентичных точек на аэроснимке и карте. По возможности эти точки должны располагаться как можно дальше друг от друга. Прямые соединяющие пары, точек должны проходить как можно ближе к главной точке снимка.

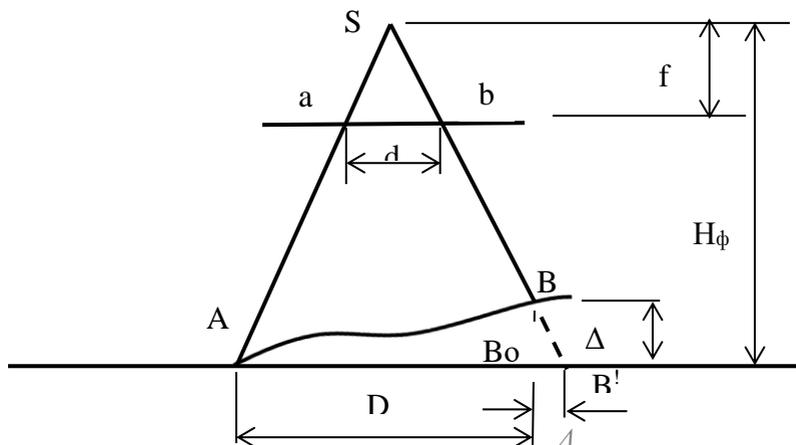


Рис. 2. Определение высоты фотографирования

Определение высоты фотографирования осуществляется по формуле:

$$H_{\phi} = (D + \Delta D) f / d$$

где  $H_{\phi}$  – высота фотографирования;

$D$  – расстояние между парами точек на карте;

$\Delta D$  – поправка за рельеф ( $B_0B'$ ),  $\Delta D = r/f \Delta h$ ;

где  $r$  – расстояние от центральной точки до дальней из пары точек;

$f$  – фокусное расстояние;

$\Delta h$  – превышение ( $BB_0$ ) (определяется по карте);

$d$  – расстояние между парой точек на снимке ( $ab$ ).

Определение абсолютной высоты фотографирования осуществляется по формуле:

$$H_{\text{абс}} = H_A + H_{\text{фо}}$$

где  $H_A$  – высота точки  $A$ ;

$H_{\text{абс}}$  – абсолютная высота фотографирования над точкой  $A$

**Порядок выполнения работы:**

1. Определить масштаб аэроснимка первым и вторым способами.
2. Для определения высоты фотографирования выбрать по две пары соответственных точек на аэроснимке и карте.
3. Определить расстояние между парами точек и их высоты по карте .
4. Используя вышеприведенные формулы определить относительную и абсолютную высоты фотографирования.
5. Полученные результаты свести в таблицу

Пример заполнения таблицы по результатам вычислений

Номера точек	A (6811–5) перекресток полевых дорог B (6910-8) угол леса	C (6710-4) мост D (6811-7) угол сада
$D_1, D_2$	2682	2039
$H_B, H_D$	172,8	117,5
$H_A, H_C$	162,1	156,8
$\Delta h_1, h_2$	10,7	-79,3
$r_1, r_2$	55,4	72,2
$d_1, d$	185,5	141,1
$\Delta D_1, \Delta D_2$	5	28
$D_1 + \Delta D_1$	2687	2011
$H_{\phi 1}, H_{\phi 2}$	2990	2940
$H_{\text{абс}1}, H_{\text{абс}2}$	3152	3136
$H_{\text{сред}}$	3144	

Высоту фотографирования можно определить путем умножения знаменателя численного масштаба аэроснимка на фокусное расстояние аэрофотоаппарата:

$$H = m f$$

**Материалы представляемые для проверки преподавателем:**

1. Ксерокопия аэроснимка с указанными точками.
2. Ксерокопия топографической карты с указанными точками.
3. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений.

### **Лабораторная работа №2** **СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ АЭРОСНИМКОВ,** **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ТИПОВ**

**Материалы для выполнения работы:** стереопара аэроснимков и топографическая карта на одну и ту же местность, линейка, измеритель, карандаш.

**Задание:** изучить стереоскопические свойства аэроснимка, вычислить превышения между точками местности по продольным параллаксам аэроснимка.

Лабораторная работа по стереоскопическому наблюдению аэроснимков выполняется на стереопаре с крупными выразительными формами рельефа. Аэроснимки накладываются один на другой перекрывающимися частями так, чтобы совпадали идентичные точки, а затем снимки раздвигают вдоль базиса на расстояние примерно 65 мм. При этом линия соединяющая центры снимков (линия базиса), должна располагаться параллельно линии глазного базиса. При таком положении у студентов, рассматривающих стереопару аэроснимков возникает стереоскопический эффект.

Стереоскопический эффект – получение объемного изображения сфотографированной местности. Стереоскопический эффект возможен лишь при наличии стереопары, т.е. двух снимков одной и той же местности, полученных с двух точек фотографирования. Продольное перекрытие аэроснимков не менее 50 % обеспечивает стереоскопическое рассматривание любого объекта в пределах сфотографированного маршрута.

Стереоскопическое рассматривание аэроснимков позволяет более детально, чем при обычном рассматривании вскрывать объемные формы рельефа, а также возвышающиеся местные предметы и различные объекты.

Стереоскоп – прибор, позволяющий по двум аэроснимкам, составляющим стереопару, получить объемное изображение снятой местности. Из простых стереоскопов наиболее удобным и распространенным является складной линзово-зеркальный стереоскоп Л-3 (рис.3).

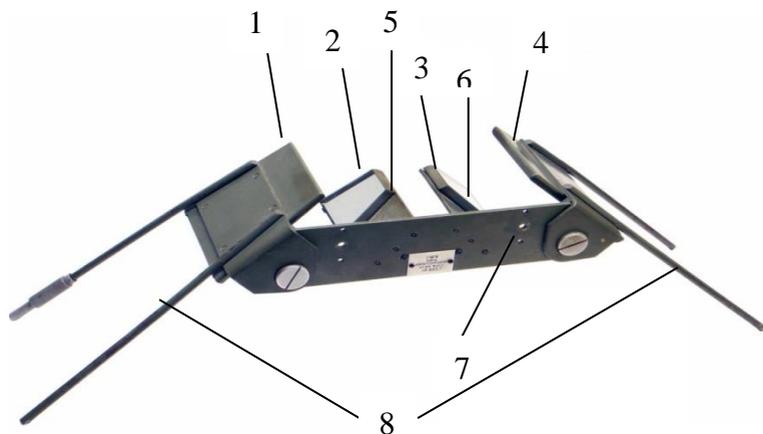


Рис. 3. Стереоскоп ЛЗ

Он состоит из четырех попарно параллельных зеркал 1 и 2, 3 и 4, двух линз 5 и 6. Все эти части прикреплены к общей

металлической пластине 7 перпендикулярно к ее плоскости. Внешние зеркала 1 и 4 вместе со своими ножками 8 могут вращаться на шарнирах сохраняя перпендикулярность к пластине 7. Поле зрения стереоскопа 8x8 см, т.е. примерно равно половине площади стереопары аэроснимков формата 18x18 см. Увеличение стереоскопа, в зависимости от установленных линз, равно 1,4 – 2,0. Если линзы убрать, то увеличение станет приблизительно равным единице, а поле зрения соответственно увеличится. Удаление линз избавляет стереомодель от искажений, вызываемых аберрациями линз.

Для наблюдений стереоскоп Л-3 устанавливают над парой аэроснимков так, чтобы его базис был параллелен прямой, соединяющей их центры. Начальные направления аэроснимков должны совпадать с этой прямой.

Для получения наилучшего стереоэффекта надо укладывать аэроснимки под стереоскопом так, чтобы направление изображений теней примерно совпадало с направлением лучей освещающих аэроснимки.

При рассматривании под стереоскопом аэроснимков, ориентированных соответствующим образом, дешифровщик видит пространственное или объемное изображение местности, которое называется *стереоскопической моделью*.

Первоначальное воссоздание стереоэффекта представляет некоторые трудности. Чтобы студенты могли быстрее освоить чувство стереоэффекта, рекомендуется на обоих аэроснимках примерно в центре перекрытия обвести красными кружками одинакового размера какой-либо объект. Когда в процессе перемещения аэрофотоснимков вдоль линии базиса оба кружка сольются в один, возникает стереоэффект.

В зависимости от размещения снимков, стереоэффект может быть прямым, обратным или нулевым. Прямой эффект – (перекрывающиеся части заштрихованы) возникает при рассматривании левым глазом левого снимка, а правым глазом – правого (рис.4).

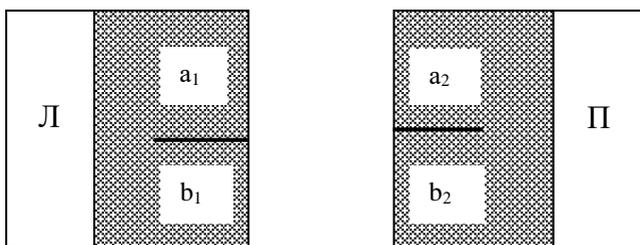


Рис. 4. Прямой стереоскопический эффект

Обратный стереоэффект возникает в случае если снимки поменять местами, рассматривая левым глазом правый снимок, а правым – левый. При таком наблюдении физиологический параллакс меняет знак, возвышенности воспринимаются как понижения, и наоборот (рис. 5).

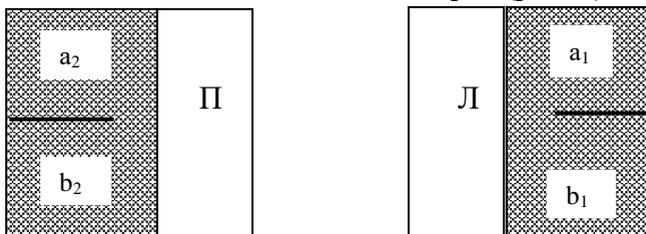


Рис. 5. Обратный стереоскопический эффект

Нулевой стереоэффект возникает в случае, если снимки развернуты в своих плоскостях на  $90^\circ$ , и начальные направления перпендикулярны главному базису. При этом физиологический параллакс обращается в нуль, и наблюдатель видит плоскую картинку (рис. 6).

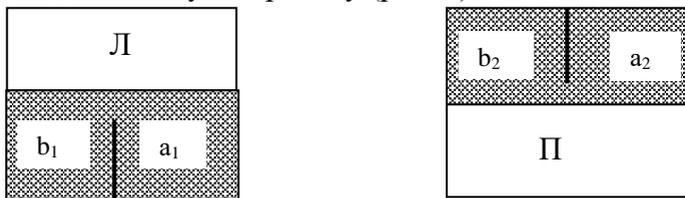


Рис. 6. Нулевой стереоскопический эффект

Стереоскопический эффект получается тем труднее и хуже, чем больше разность масштабов левого и правого изображений. При разности масштабов в 16% и более стереоскопический эффект получить не удастся. Нарушение параллельности базиса фотографирования и глазного базиса тоже ухудшает этот эффект.

Для определения положения точки на паре аэроснимков используется плоская прямоугольная система координат. За начало координат на каждом из снимков стереопары выбирается главная точка снимка. За ось абсцисс принимается начальное направление, а за ось ординат – прямая, перпендикулярная к нему. Таким образом, осью абсцисс на паре аэроснимков является одна и та же прямая, а оси ординат взаимно параллельны. Положительным направлением отсчета оси абсцисс считается направление вправо от начала координат, а для оси ординат – вверх от начала координат. Поскольку каждая точка местности изображается на двух смежных снимках, то ее положение на стереопаре аэроснимков определяется двумя парами координат:  $X_l; Y_l; X_p; Y_p$ .

Определение превышений точек местности осуществляется посредством измерения на паре аэроснимков продольных параллаксов. Продольный параллакс есть разность абсцисс одной и той же точки на левом и правом снимке стереопары. Он вычисляется по формуле:

$$P = X_l - X_p$$

Если точки местности лежат в горизонтальной плоскости, то параллаксы для этих точек будут одинаковы.

В случае если точки расположены на разной высоте абсциссы их будут различны, а значит и параллаксы не одинаковы.

Следует отметить, что чем выше расположена точка на местности, тем больше для нее величина продольного параллакса на аэроснимках.

$$P_a = X_{a1} - X_{a2}$$

$$P_b = X_{b1} - X_{b2}$$

Поэтому разность продольных параллаксов двух точек на паре аэроснимков зависит от превышений между точками на местности

$$\Delta P = P_b - P_a$$

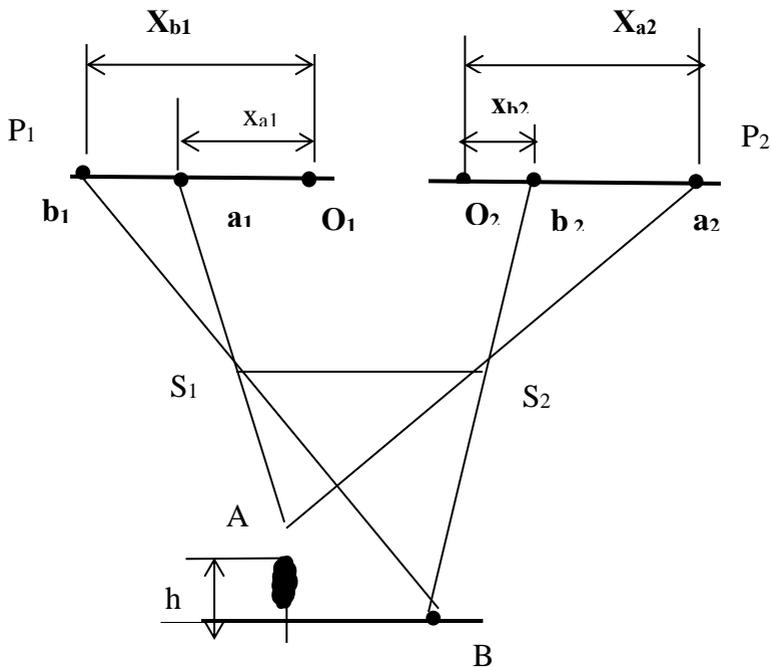


Рис. 7. Зависимость величины параллакса от превышения между точками

Превышение  $h$  точки  $A$  над точкой  $B$  определяют по формуле

$$h = \Delta P \frac{H_B}{P_a}$$

где  $H_B$  – высота фотографирования точки  $B$ ;

$\frac{H_B}{P_a}$  – параллактический коэффициент ( $k$ ).

Параллактический коэффициент является постоянным для данной пары. Поэтому превышение любой точки над точкой  $B$  в пределах стереопары вычисляют по формуле:

$$h = k \Delta P$$

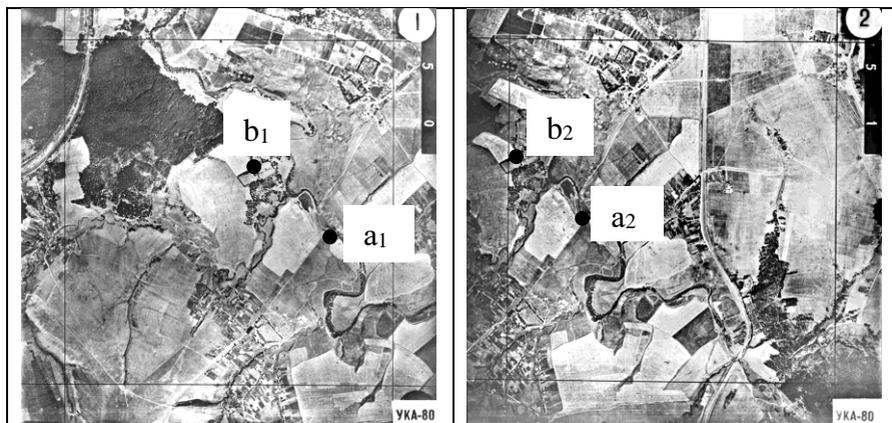


Рис. 8. Стереопара аэроснимков для определения превышения между точками

***Пример вычисления:***

В результате измерений на стереопаре получено:  $X_{Ал} = 14,3$  мм;  $X_{Ап} = -18,7$  мм;  $X_{Вл} = 9,2$  мм;  $X_{Вп} = -24,2$  мм. Высота фотографирования  $H = 1000$  м.

Используя приведенные выше формулы получим:

1. Продольный параллакс точки А:

$$P_a = X_{a1} - X_{a2} = 14,3 - (-18,7) = 33,0 \text{ мм};$$

2. Продольный параллакс точки В:

$$P_b = X_{b1} - X_{b2} = 9,2 - (-24,2) = 33,4 \text{ мм};$$

3. Разность продольных параллаксов:

$$\Delta P = P_b - P_a = 33,4 - 33,0 = 0,4 \text{ мм};$$

4. Превышение точки А над точкой В:

$$h = \Delta P \frac{H_B}{P_a} = 0,4 \frac{1000}{33} = 12,1 \text{ м}$$

***Порядок выполнения работы:***

1. Изучить стереоскопические свойства аэроснимков.
2. Анализируя фотоизображение аэроснимков ориентировать их по направлению маршрута съемки (продольное перекрытие) и направлению на север – юг.
3. С помощью измерителя и масштабной линейки измерить (в мм) абсциссы точек, обозначенных на аэроснимках, сначала на левом, а потом на правом аэроснимке.
4. Вычислить параллаксы точек местности по разности абсцисс одной и той же точки на левом и правом аэроснимках.

5. Вычислить превышения точек местности ( $h$ ), указанных в задании по формуле:

6. Привязать аэроснимки к топографической карте и определить на ней положение точек, для которых вычислены превышения.

7. По подписям высот точек и горизонталей определить абсолютные высоты точек на карте, обозначенных на аэроснимках.

8. Определить превышение по абсолютным высотам точек на карте  $h$  ( $\vartheta$ ) и сравнить его с вычисленным по продольным параллаксам  $h(o)$ .

9. Результаты вычислений представить в виде таблицы

№ п/п	$X_{a1}$	$X_{a2}$	$X_{b1}$	$X_{b2}$	$P_a$	$P_b$	$\Delta P$	$h$ (в)	$H_A$ - высота точки на карте	$H_B$ - высота точки на карте	$h(o)$ опреде ленное по карте
1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11

**Материалы представляемые для проверки преподавателем:**

1. Ксерокопия стереопары аэроснимков с указанными точками.
2. Ксерокопия топографической карты с указанными точками.
3. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений.

## Лабораторная работа № 3

### ИЗУЧЕНИЕ ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ НА АЭРОСНИМКАХ

**Материалы для выполнения работы:** аэроснимки, топографические карты, «Условные знаки для топографических карт масштаба 1 : 10 000», линейка, цветные карандаши, скрепки, калька.

**Задание:** изучить дешифровочные признаки топографических и социально-географических объектов и выполнить дешифрирование объектов по аэроснимку.

Дешифрирование аэроснимков основано на определении объектов по тем их признакам, которые передаются фотоизображением. Эти признаки называются демаскирующими. Признаки же объектов в том виде, в каком они передаются аэроснимками, называются дешифровочными.

При дешифрировании аэроснимков объекты опознаются в первую очередь по тем их свойствам, которые непосредственно передаются на аэроснимках и воспринимаются наблюдателем. Эти свойства называются прямыми дешифровочными признаками. К ним относятся форма, размер, тон (цвет), и тень изображения объектов.

*Форма изображения* является одним из существенных признаков, но одна не решает полностью вопроса дешифрирования. Так извилистой по форме линией может изображаться и речка, и проселочная дорога; ломаной линией с геометрически правильными закруглениями в местах изломов изображается шоссе и канал; круглый контур может представлять собой бассейн, стог сена, силосную башню, цистерну или какое-либо другое сооружение. Следует заметить, что прямолинейные контуры являются, как правило, результатом деятельности человека, тогда как криволинейные – следствием действия сил природы.

Населенные пункты на аэрофотоснимках легко опознаются по изображению строений и улиц. На аэроснимке (рис.9) представлено фотоизображение части **крупного города**.

Отдельные дома имеют в плане вид прямоугольника или более сложной фигуры, составленной из прямоугольников. Здания примыкают друг к другу. Высота их может быть определена по изображению теней.



Рис.9. Фрагмент аэрофотоснимка крупного города.

В небольших городах и поселках городского типа большая часть домов одно- и двухэтажные, около домов – участки с садами и огородами.

В поселках сельского типа жилые дома отличаются от хозяйственных построек своим местоположением относительно улицы. Хозяйственные постройки обычно располагаются позади жилого дома. Приусадебные участки состоят из садов и огородов. Признаком деятельности человека является наличие сильно вытопанных площадок у построек, а также троп, ведущих к колодцам, прудам, рекам и другим объектам.

*Размер изображения* уточняет сведения, даваемые формой объекта. Размеры изображения зависят от масштаба, а поэтому при дешифрировании знание масштаба необходимо. Для общего чтения аэроснимка бывает достаточно знать средний масштаб фотографирования всей аэросъемки, произведенной приблизительно в одинаковых условиях.

Многие объекты имеют одинаковую форму и размеры при разном содержании их (например, шоссе и канал, пашня и луг, речка и проселочная дорога). Поэтому необходимо использование и других, разделяющих эти контуры признаков. Одним из таких признаков является *тон изображения*.

В зависимости от спектральной отражательной способности различных элементов местности, типа примененного светофильтра цветочувствительности аэропленки, изображения контуров отличаются одно от другого степенью почернения. Так сухие дороги изображаются почти белыми линиями, как и глинобитные и каменные заборы. Светлосерым тоном изображается обнаженная, сухая земля, освещенные части крыш строений, мосты и т.п. Водные пространства получают черного цвета и тем чернее, чем больше их глубина и темнее дно. Но мутная вода получается серой и тем светлее, чем меньше ее прозрачность. В этом случае разность глубин фотографически не отображается. При косом освещении вода получается светлой и даже белой (блики). Почва получается тем чернее, чем больше ее влажность.

Для практического обучения дешифрированию элементов гидрографии могут быть использованы аэрофотоснимок № 4 и учебная карта масштаба 1:25 000 (рис. 10). Масштаб аэроснимка 1:24 000. Время аэрофотосъемки – август, полдень.

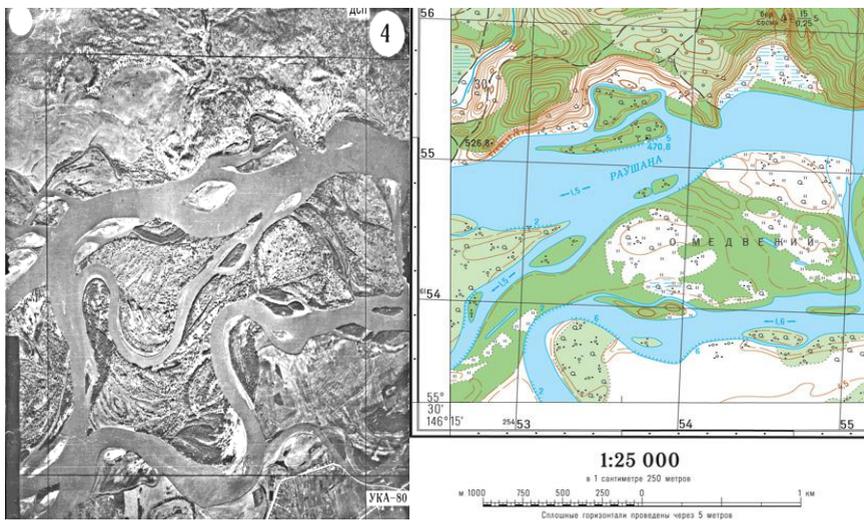


Рис. 10. Сравнение элементов гидрографии на аэрофотоснимке и карте

На аэрофотоснимке изображена широкая река. Тон ее изображения меняется от темно-серого до светло-серого в зависимости от глубины реки. Береговые отмели имеют почти белый тон, выделяющийся на темно-сером тоне воды. Обрывистые берега без пляжа дешифрируются под стереоскопом. Они изображены на аэрофотоснимке в виде темно-серой или темной полосы (тени от обрывов), примыкающей к воде. Освещенные прямыми солнечными лучами обрывистые берега изображены в виде светлых узких полос.

Постоянные и пересыхающие протоки просматриваются стереоскопически. Изображение впадающего в реку ручья хорошо читается на зернистом фоне (лес вдоль русла).

Растительность изображается темносерым тоном и тем чернее, чем она гуще и чем темнее ее окраска в натуре.

Для **кустарников** характерны более мелкая, чем у леса, структура изображения (зернистость) и малые размеры отбрасываемых кустами на опушках теней.

Одним из дешифровочных признаков является *тень*. Различают тени собственные и падающие. Собственные тени являются результатом различной освещенности выпуклых или вогнутых объектов местности. Так различные части кроны дерева, скаты крыши, овраги, насыпи, выемки отражают различное количество солнечных лучей от единицы поверхности, что существенно влияет на плотность их изображения. Вследствие этого по собственной тени объектов выявляют в некоторой степени их пространственные формы.

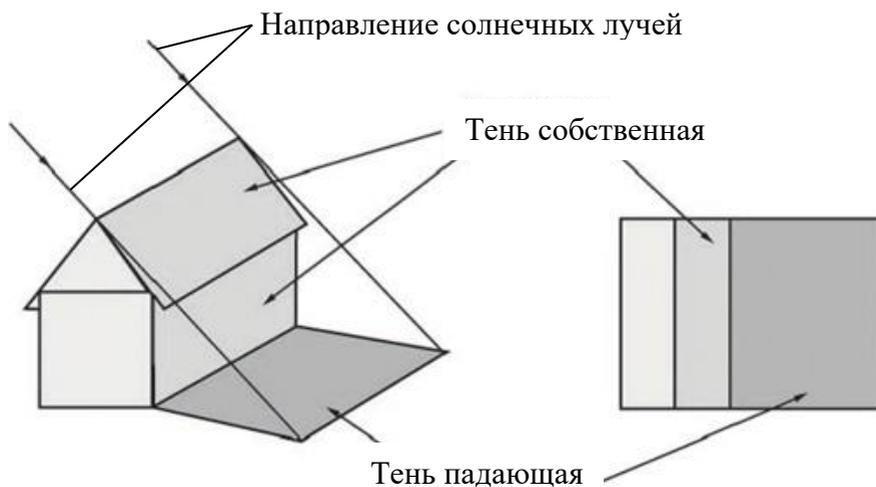


Рис.11. Тени от объекта и их изображение на аэроснимке

На аэронегативе получается изображение не всех частей пространственного объекта (дома, дерева и т.д.), а только тех, которые к нему обращены. Поэтому одни собственные тени не могут дать на аэроснимке полное представление о форме объекта. Этот недостаток в значительной мере восполняется падающей тенью, точнее, ее положением и формой (рис.11).

По положению падающей тени устанавливают, возвышается ли данный объект над поверхностью земли или лежит ниже ее. Так как аэросъемка производится, как правило, при положении солнца в южной части неба (от юго-востока до юго-запада), то

возвышающиеся над поверхностью земли объекты имеют падающую тень, расположенную сверху и слева или справа от объекта (при ориентировании аэроснимка севером от себя). Углубленные же объекты имеют падающую тень снизу и справа или слева от объекта. Приблизительно, с ошибкой до  $\pm 30 - 40^\circ$ , можно считать, что падающие от возвышающихся объектов тени направлены обычно на север.

Форма падающей тени во многих случаях позволяет судить о содержании сфотографированного объекта. Так форма падающей тени отдельно стоящей ели, водонапорной башни или мельницы хорошо отражает сущность объекта.

Объекты местности редко изображаются однородным тоном. Только гладкие или очень однообразные поверхности дают однородный тон (водная, снежная, глинистая поверхности). Большой частью на общем фоне однородного тона встречаются более темные или более светлые разводы и другие нарушения однородности. При дешифрировании следует учитывать важную закономерность изменчивости тона. Объекты, изображающиеся крайними звеньями шкалы тоналностей, менее подвержены изменениям, чем изобразившиеся средним звеном. Здесь уместно чаще обращаться к таблице 1.

Взаимное расположение на аэроснимке изображений различных элементов местности часто позволяет судить об их содержании по признакам взаимной связи. Так изображение дома с небольшим двориком у пересечения проселочной и железной дорог читается как железнодорожная будка при переезде, обрывающаяся у берега реки проселочная дорога, продолжающаяся на другом берегу, свидетельствует о наличии брода; расположение деревьев в правильном шахматном порядке указывает, что это фруктовые деревья (сад); расположение группы домов у многократного разветвления железнодорожных путей указывает, что это станция, а количество этих зданий и путей, наличие специальных сооружений позволяет судить о классе этой станции.

Особым дешифровочным признаком является высота объекта. Она может быть определена либо путем линейного измерения падающей тени, либо путем пространственных стереоскопических измерений.

Простейшим способом определения высоты объекта по длине его тени является способ сравнения. Для этого необходимо знать действительную высоту  $h$  хотя бы одного из высоких объектов, изображенных на данной аэроснимке. Длину падающей тени этого объекта обозначим  $d_1$ , высоту интересующего нас объекта –  $x$ , а измеренную длину его падающей тени  $d_2$ . Так как на одном и том же аэроснимке длины теней двух объектов пропорциональны их высотам, то искомая высота  $x$  получится из равенства

$$x = \frac{d_2}{d_1} h$$

Если известны время дня и дата аэросъемки, то по астрономическим таблицам можно определить угол  $\varphi$  падения лучей солнца и тогда искомую высоту  $h$  (рис. 10) можно найти по формуле:

$$h = d \operatorname{tg} \varphi$$

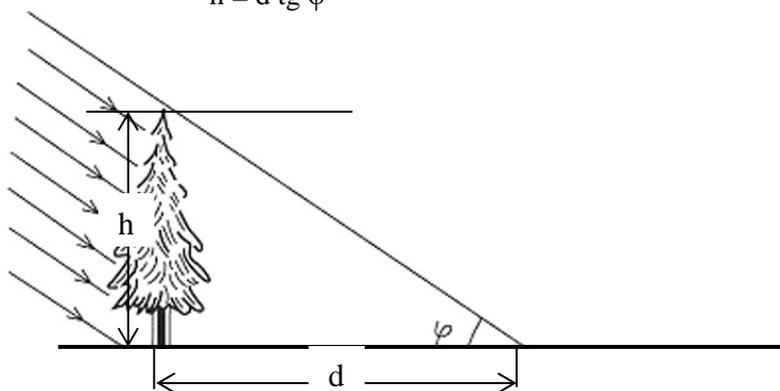


Рис.12 Угол падения солнечных лучей на горизонтальную плоскость

Таблица 1

## Характеристики топографических объектов по тону и цвету изображения

Объекты	Тип аэроснимков			
	Черно-белые панхроматичес- кие	Цветные «натуральные»	Цветные спектрональные	
			На цветной фотобумаге	На спектрональной фотобумаге
1	2	3	4	5
<i>Моховые тундры</i>	Светло-серый		Зеленый	Пурпурный
<i>Лишайниковые тундры</i>	белый	Белый	Светло-зеленый	Светло-пурпурный
<i>Кустарниковые тундры</i>	Серый, темно-серый	Зеленый	Зеленовато-коричневый	Зеленовато-голубой
<i>Полигональные и бугристые поверхности</i>	Серый с разными оттенками	Зеленовато-серый	Темно-зеленый	Вишневый
<i>Офаговые болота</i>	серый	Светлый, желтовато-зеленый	Желто-зеленый	Светло-кофейный
<i>Гипновые болота</i>	Темно-серый	Темно-зеленый	Зеленый	Голубовато-серый
<i>Травяные болота</i>	Светло-серый	Зеленый	Светло-зеленый	Розовато-серый

1	2	3	4	5
<i>Лиственные леса</i>	серый	Зеленый	Красновато-коричневый	Сине-зеленый
<i>Хвойные леса угнетенные</i>	Серый	Зеленый	Зеленый	Серовато-розовый
<i>Сосновые леса</i>	Светло-серый	Темно-зеленый	Зеленый	Темно-пурпурный
<i>Еловые леса</i>	Серый	Зеленый	Темно-зеленый	Коричневато-пурпурный
<i>Лиственные леса</i>	Светло-серый	Светло-зеленый	Светло-зеленый	Зеленовато-пурпурный
<i>Дубовые леса</i>	Серый	Зеленый	Желтовато-бурый	Зеленовато-голубой
<i>Березовые леса</i>	Светло-серый	Зеленый	Зеленовато-желтый	Зеленовато-голубой
<i>Осиновые леса</i>	Светло-серый	Светло-зеленый	Светло-красный	Зеленовато-голубой
<i>Лиственные кустарники</i>	Серый	зеленый	Желтовато-коричневый	Зеленовато-синий
<i>Полукустарники пустынные</i>	Темно-серый	Зеленовато-серый, зеленый	коричневый	Светло-синий
<i>Травяной покров степей и сухих лугов</i>	Светло-серый	Серо-зеленый	Желтовато-зеленый	Кофейный (с оттенками)
<i>Травяной покров мокрых лугов</i>	Серый и темно-серый	Зеленый, темно-зеленый	Темно-оранжевый, желтовато-бурый	Темно-пурпурный, бурый

1	2	3	4	5
<i>Заросли камыша</i>	Темно-серый	Серо-зеленый	Коричнево-красный	Зеленовато-синий
<i>Поля с различными техническими культурами</i>	От почти белого до почти черного	Зеленый (с оттенками)	Зеленый (различной насыщенности) красно-желтый	Голубой, кирпичный, вишневый, пурпурный
<i>Фруктовые сады</i>	Серый	Зеленый	Светло-коричневый	Темно-голубой
<i>Закрепленные пески</i>	Серый	Серовато-желтый, красновато-серый	Светло-зеленый	Светло-пурпурный
<i>Песчаные и галечниковые отмели, пляжи</i>	Серый (с оттенками)	Светло-желтый, светло-серый	Голубой	Светло-кирпичный, светло-пурпурный
<i>Такыры глинистые</i>	От светло-серого до почти черного	Темно-серый, серовато-коричневый	Зеленый (со слабыми оттенками)	Пурпурный (со слабыми оттенками)
<i>Вода в озерах и реках</i>	От белого до черного	Темно-серый, кофейный	Сине-зеленый, черный	Светло-коричневый, пурпурный
<i>Постройки разной окраски</i>	Серый (с различными оттенками)	Светло-красный, зеленый, светло-серый	Зеленый, белый	Светло-коричневый, белый
<i>Дороги с покрытиями</i>	Серый	Светло-серый	Голубовато-зеленый	Пурпурный

# Дешифрирование аэроснимка

ОБРАЗЕЦ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ

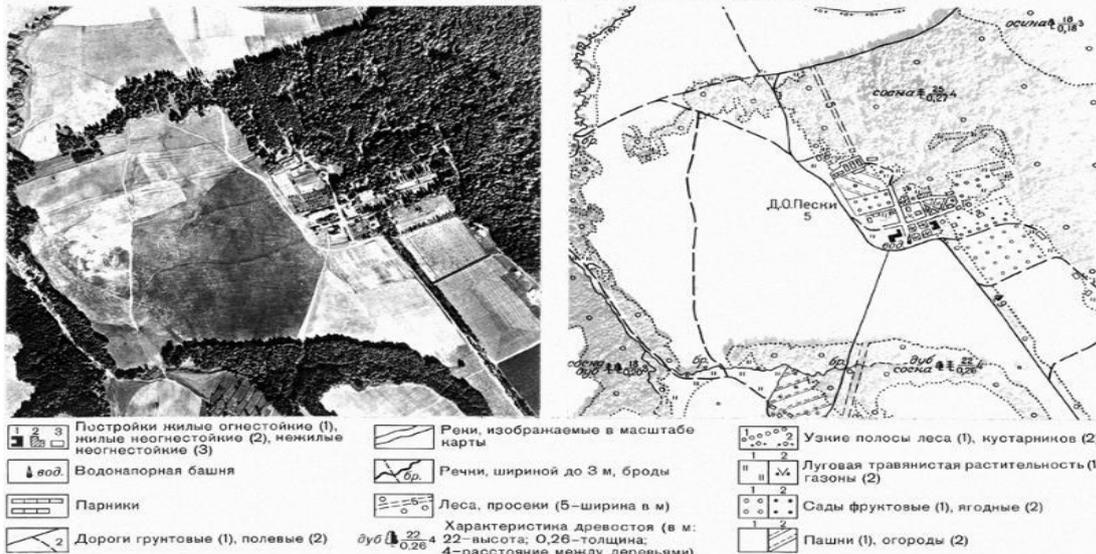


Рис. 13. Образец топографического дешифрирования

Прямых дешифровочных признаков часто недостаточно для дешифрирования. Например, объекты не изобразились на аэроснимках (подземные сооружения) или объекты не имеют устойчивых прямых дешифровочных признаков (прямоугольную форму может иметь жилой дом, сарай, промышленные строения). В этом случае применяют косвенные дешифровочные признаки, которые указывают на наличие или характеристику объекта.

Все косвенные признаки подразделяются на две группы. К первой группе относятся природные взаимосвязи между компонентами ландшафтов, например связь растительности с рельефом, рельефа с гидрографией, почв и грунтов с растительностью. Следовательно, в зависимости от того, какой признак лежит в основе дешифрирования, косвенные признаки первой группы делятся на геоморфологические, геоботанические, гидрологические и др. В целом эти признаки принято называть комплексными ландшафтными признаками дешифрирования.

Роль косвенных признаков второй группы могут играть антропогенные объекты, а также их взаимосвязи с природными объектами и явлениями. Например, с характером грунтов взаимосвязана конфигурация грунтовых дорог; от увлаженности грунтов и характера рельефа зависит распределение пахотных земель и направление пахоты.

Косвенное дешифрирование с использованием индикаторов называют индикационным дешифрированием. Особенно большую роль индикационное дешифрирование играет при работе с космическими снимками, когда прямые признаки теряют свое значение из-за сильной генерализации изображения. Основными индикаторами при косвенном дешифрировании аэроснимков являются рельеф, растительность и гидрография.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Провести ориентирование аэроснимков в направлении север – юг.
2. Закрепить с помощью скрепок кальку на аэроснимке.
3. Дешифрировать аэроснимок в следующей последовательности:
  - дорожная сеть (железные, шоссейные, полевые, лесные, проселочные дороги);

- гидрография;
- населенные пункты;
- земельные угодья.

4. Оформить результаты дешифрирования в соответствии с «Условными знаками для топографических карт масштаба 1 : 10 000».

***Материалы представляемые для проверки преподавателем:***

1. Ксерокопия аэроснимка.
2. Калька с нанесенными объектами дешифрирования.

#### **Лабораторная работа 4**

**ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ ЦЕЛИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗИСА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ, ПРИБЛИЖЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГЛОВ НАКЛОНА АЭРОСНИМКА**

**Материалы для выполнения работы:** стереопары аэроснимков продольного и поперечного перекрытия, измеритель, поперечный масштаб, линейка, карандаш, калькулятор для определения значений углов.

**Задание:** Выбрать параметры аэрофотосъемки для цели дешифрирования. Определить базис фотографирования и приближенные значения углов наклона стереопары при продольном и поперечном перекрытии.

Параметры аэроснимка должны выбираться применительно к географическим и оптическим условиям картографируемого района с тем, чтобы получить наиболее информационные и наиболее выразительные аэроснимки. Зная оптические свойства фотографируемого ландшафта, можно определить спектральную зону фотографирования, оптимальную светочувствительность, коэффициент контрастности и разрешающую способность аэропленки расчетным путем.

Существуют фотографические и геометрические параметры аэрофотосъемки.

#### *Фотографические параметры.*

Для выбора фотографических параметров аэрофотосъемки необходимо установить критерии оценки качества аэрофотоизображения. Наиболее полную характеристику влияния отдельных факторов на качество аэрофотоизображения и оценку раздельного воспроизведения деталей фотографируемого объекта дает контрастно-частотная функция. Весьма просто и достаточно наглядно раздельное воспроизведение мелких деталей на пороге разрешения можно получить по разрешающей способности фотографического изображения.

В настоящее время для аэрофотографирования рекомендуются изопанхроматические аэропленки типов 13, 15, 17 и 18. В условиях слабой освещенности применяют аэропленки типов 13 и 15, обладающие высокой светочувствительностью. Если условия освещения позволяют применять менее светочувствительные эмульсии, то используют пленку типа 17. При съемке малоконтрастного ландшафта и при сильной дымке, если позволяют условия освещения, рекомендуется пленка типа 18.

В топографическом производстве наибольшее применение получила аэропленка панхром типа 15 со светочувствительностью 800 ед., с коэффициентом контрастности 1,7 – 2,3 и разрешающей способностью 85 лин/мм. Аэроснимки на ней обладают сравнительно хорошей дешифрируемостью для подавляющего большинства топографических объектов.

Из параметров объектива АФА, сказывающихся на дешифрируемости аэроснимков, имеют значение угол зрения, фокусное расстояние, светосила и просветление, разрешающая способность и тип светофильтра.

Современные аэрофотоаппараты имеют формат кадра 18 x 18, 23 x 23, или 30 x 30 см и оснащены специальными устройствами, обеспечивающими: аэросъемку с заданным перекрытием; впечатывание в кадр сенситометрического клина и навигационных данных; автоматическое регулирование экспозиции; измерение контрастности изображения компенсацию его сдвига; смену светофильтров; индикацию снимаемого ландшафта на мониторе и др.

Основные технические характеристики современных аэрофотоаппаратов применяемых для аэросъемки представлены в таблице 2.

Таблица 2

Основные технические характеристики современных аэрофотоаппаратов применяемых для аэросъемки

Тип АФА	Фокусное расстояние	Разрешающая способность линий/мм
АФА ТЭС – 10М (РФ)	100	33
АФА ТЭ – 50 (РФ)	500	35
АТ – 204 (РБ)	150, 300	50 – 100
RC Wild/Leica	153	120
RC Wild/Leica	305	107

#### *Геометрические параметры*

К геометрическим параметрам АФС относят величины, характеризующие геометрические взаимоотношения между материалами АФС и параметрами съемки. К ним относят масштаб съемки, перекрытие снимков, а также величины, определяющие параллельность съемочных маршрутов.

Высота аэрофотосъемки, базис фотографирования и фокусное расстояние объектива АФА обуславливают масштаб аэроснимков в плане и вертикальный масштаб стереомодели местности, а следовательно, и точность измерительного дешифрирования.

*Условные обозначения и исходные данные для примерных расчетов:*

$m$  - знаменатель масштаба аэрофотографирования (30 000);

$l$  - размер аэрофотоснимка по стороне (18 см)

$f_k$  - фокусное расстояние АФА (0,15 м)

$H_{\max}$  - абсолютная максимальная высота точек местности, взятая с карты масштаба 1 : 25000 (220 м);

$H_{\min}$  - абсолютная минимальная высота точек местности, взятая с карты (120 м);

- $H_a$  - высота аэродрома над уровнем моря (93 м);  
 $a$  - длина южной стороны рамки в километрах (35,7 км);  
 $c$  - боковая сторона рамки трапеции (37,1 км);  
 $v$  - истинная воздушная скорость самолета (120 м/с);  
 $p$  - заданное продольное перекрытие аэрофотоснимков (60%);  
 $q$  - заданное поперечное перекрытие аэрофотоснимков (30%);  
 $k$  - число трапеций (4).

*Примерный расчет геометрических параметров аэрофотосъемки*

1. Высота аэрофотосъемки над средней плоскостью

$$H = mf_k = 30\,000 \times 150 = 4500 \text{ м}$$

2. Высота средней плоскости аэрофотосъемочного участка

$$H_{\text{ср}} = \frac{H_{\text{min}} + H_{\text{max}}}{2} = \frac{120 + 220}{2} = 170 \text{ м}$$

3. Превышение средней плоскости аэрофотосъемочного участка над уровнем аэродрома

$$h^1 = H_{\text{ср}} - H_a = 170 - 93 = 77 \text{ м}$$

4. Высота аэрофотосъемки относительно высоты аэродрома

$$H_a = H + h^1; H_a = 4500 + 77 = 4577 \text{ м}$$

5. Наибольшее превышение точек местности над средней плоскостью

$$h = H_{\text{max}} - H_{\text{ср}} = 220 - 170 = 50 \text{ м}$$

## 6. Базис аэрофотосъемки

$$B = \frac{m1}{100} (100 - p) = \frac{30000 \times 18}{100} (100 - 60) = 2,2 \text{ км}$$

*Определение приближенных значений продольного угла наклона аэрофотоснимка*

Для определения продольного угла наклона на перекрывающейся части двух смежных аэроснимков выбирают две пары идентичных точек 1 и 2, 3 и 4, 1' и 2', 3' и 4' с таким расчетом чтобы линии соединяющие точки 1 и 2 на левом и точки 3' и 4' на правом аэроснимке, находились не далее 2 – 3 мм от соответствующих главных точек  $O_1$  и  $O_2$  (рис. 14).

Расстояния  $l_1$   $l'_1$   $l_2$   $l'_2$  между точками 1 и 2, 1' и 2', 3 и 4, 3' и 4' измеряют на обоих аэрофотоснимках с точностью до 0,1 мм. Кроме того, измеряют с точностью до 1 мм расстояния  $x_1$  и  $x_2$  между этими линиями.

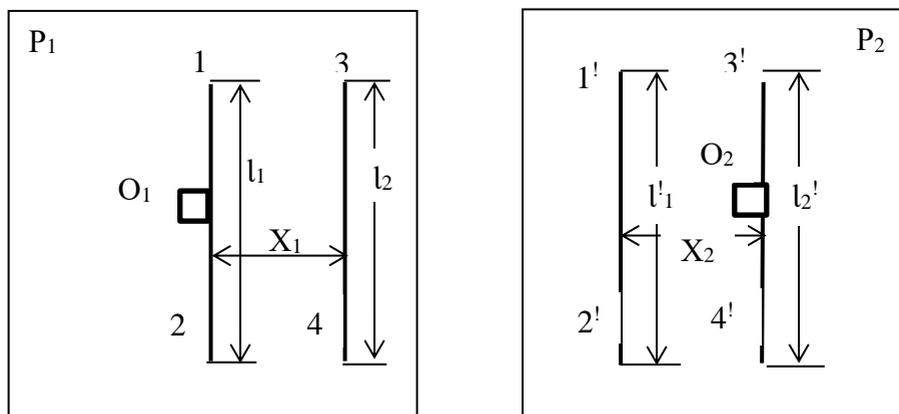


Рис. 14. Определение значений продольного угла наклона аэроснимка

Приближенное значение продольного угла наклона аэрофотоснимка вычисляют по формулам:

$$\alpha_{л} = \frac{l_2' - l_2}{l_2 \times X_1} f_k \rho$$

$$\alpha_{п} = \frac{l_2' - l_2}{l_2 \times X_1} f_k \rho$$

где  $f_k$  – фокусное расстояние фотоаппарата;  
 $\rho = 3438'$

*Определение приближенных значений взаимного поперечного угла наклона аэрофотоснимка*

Для определения взаимного поперечного угла наклона на перекрывающейся части двух смежных аэрофотоснимков соседних маршрутов выбирают по две пары идентичных точек: на одном точки 1 и 2, 3 и 4, на другом – точки 1' и 2', 3' и 4'. При этом линии, соединяющие точки 1 и 2, 3 и 4, равные соответственно  $l_1$  и  $l_2$  должны быть примерно параллельны направлению маршрута и находиться одна от другой на наибольшем расстоянии  $\Delta y$

Отрезки  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_1'$ ,  $l_2'$  измеряют с точностью до 0,1 мм, а расстояния между ними  $\Delta y_1$ ,  $\Delta y_2$  - с точностью до 1 мм.

Приближенное значение взаимного поперечного угла наклона вычисляется по формуле:

$$\Delta \omega = (l_1' - l_1) - (l_2' - l_2) \times f_k \rho / l_{cp} \Delta y_{cp}$$

$$\text{где } l_{cp} = l_1 + l_1' + l_2 + l_2' / 4$$

$$\Delta y_{cp} = \Delta y_1 + \Delta y_2 / 2$$

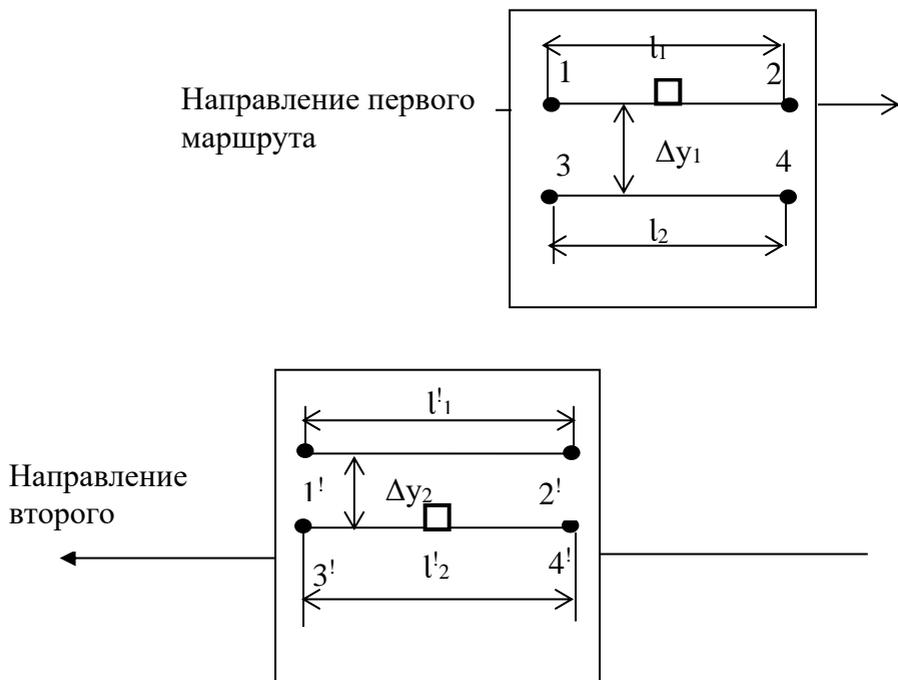


Рис. 15. Определение значений поперечного угла наклона аэроснимка

Контроль полученных приближенных значений углов наклона аэроснимка осуществляется путем сравнения с данными таблицы 3.

Таблица 3

Максимальные углы наклона аэроснимков

Фокусное расстояние (мм)	75	100	200	250
Угол наклона аэроснимка	3°	4°	8°	10°

**Материалы представляемые для проверки преподавателем:**

1. Ксерокопия стереопары аэроснимков с указанными точками.
2. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений.

### **Лабораторная работа № 5**

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ ПО АЭРОСНИМКАМ (РАЗМЕРОВ, ВЫСОТЫ ОБЪЕКТА И РАССТОЯНИЙ)**

**Материалы для выполнения работы:** аэроснимок, измеритель, линейка, измерительная лупа, карандаш, топографическая карта.

**Задание:** Простейшими способами без применения стереофотограмметрических приборов определить характеристики объекта местности (размеры объекта, высоту объекта и расстояния) по аэроснимку.

#### **Определение расстояния на местности по аэроснимку**

Расстояние на местности можно определить по аэроснимку, для чего необходимо знать его масштаб.

#### **Порядок выполнения:**

Для определения расстояния между объектами на местности необходимо вычислить масштаб аэроснимка. После этого на аэроснимке измерить линейкой с миллиметровыми делениями с точностью до 0,1 мм расстояние между интересующими объектами. Расстояние на местности вычисляется по формуле:

$$L = l m_c$$

где  $l$  – расстояние между объектами на аэроснимке;

$m_c$  – масштаб аэроснимка.

Определение размеров объекта по аэроснимку

**Порядок выполнения:**

Размеры мелких объектов, а также ширину просек, дорог, ручьев и т.п. измеряют с помощью измерительных луп. В измерительной лупе шкала с ценой деления 0,1 мм. Лупу необходимо наложить на плановый аэроснимок и оценить размеры объектов с точностью не менее 0,05 мм. Действительные размеры объектов на местности вычисляют по формуле:

$$L = (l + \delta l) H / f$$

где  $l$  – расстояние, или размеры объекта на снимке (мм);

$m_c$  – знаменатель масштаба снимка;

$H$  – высота фотографирования (2000 м);

$f$  – фокусное расстояние объектива (150 мм);

$\delta l$  – поправка за размытость изображения (см. табл. 4).

Пограничная полоса размытости изображения объектов и особенности его зрительного восприятия приводят к тому, что светлые предметы оказываются несколько преувеличенными, а темные уменьшенными.

Кроме того в процессе определения размеров объектов нужно учитывать искажения обусловленные «перспективой» снимка. Ошибку в определении размера объекта из-за перспективы вычисляют по формуле:

$$\Delta L = H \alpha l (2r + l) / 60 f$$

где  $\Delta L$  – ошибка в длине (ширине) объекта из-за перспективы (м);

$\alpha$  – угол наклона аэрофотоснимка в градусах;

$r$  – расстояние от главной точки аэрофотоснимка до изображения объекта (мм);

$H$  – высота фотографирования;

$l$  – размер объекта на снимке;

$f$  – фокусное расстояние АФА.

Границы контуров на аэроснимках представляют собой не контрастные линии, а размытые (в силу светорассеяния, и смаза при аэросъемке) переходные полосы. Общую размытость границ контуров определяют как резкость аэрофотоизображения, размытость деталей - как его четкость. Резкость и четкость изображения снижаются с увеличением светочувствительности фотоматериалов, что особенно следует иметь в виду при крупномасштабной топографической аэросъемке.

Для отдельного восприятия на аэроснимках изображений смежных объектов пограничная переходная полоса между ними не должна превышать трети аэрофотоизображения каждого из объектов. Наличие данной полосы в необходимых случаях (например, при установлении по аэроснимкам ширины дешифрируемых рек, дорог, просек) учитывается путем введения соответствующих поправок за размытость изображения границ контуров (табл.4).

Величины поправок за размытость объектов

Таблица 4

Объект дешифрирования	1:10000	1:25000
Ширина шоссе, хорошо наезженной грунтовой дороги, железной дороги	-0,16	-0,11
Ширина средне наезженной грунтовой дороги	-0,11	-0,07
Хозяйственные постройки, дома и другие строения, ширина мало наезженной грунтовой дороги	-0,07	-0,05
Ширина реки, ручья, оврага, промоины	0,00	0,00
Ширина покрытой части шоссе	+0,12	+0,09

Пример вычисления действительных размеров объекта приведен в таблице 5.

Таблица 5

Объект дешифрования 1:25000	Поправка (мм)	Размер объекта		
		На аэроснимке (мм)		На местности (м)
		измеренный	фактический	
Ширина хорошо наезженной грунтовой дороги	-0,11	0,40	0,29 (0,40 – 0,11)	7,2 (0,29 × 25)

Вычисление размеров объекта свести в таблицу 6.

Таблица 6

Наименование объекта местности	Размеры объекта на аэроснимке (мм)		Поправка $\delta l$	Размеры объекта в натуре (мм)		$\Delta L$ ошибка из-за перспективы
	Длина	Ширина		Длина	Ширина	
1	2	3	4	5	6	7

Определение высоты объекта по аэроснимку

**Порядок выполнения:**

Высоты объектов можно определять путем измерения по аэрофотоснимку длин изображений их теней с простейшими вычислениями, а также путем сравнения длины тени объекта известной высоты с длиной тени объекта неизвестной высоты.

Высота объекта вычисляется по формуле:

$$h_0 = l_T m_c \operatorname{tg} \varphi$$

где,  $h_o$  - высота объекта (в метрах);

$l_T$  - длина изображения тени (в миллиметрах) на аэрофотоснимке;

$m_c$  - знаменатель масштаба аэрофотоснимка;

$\varphi$  - угол падения солнечных лучей на земную поверхность во время аэрофотосъемки.

Значение тангенса угла  $\varphi$  можно определить по специальным астрономическим таблицам (для этого нужно знать дату и время аэрофотосъемки, а также широту местности) либо по относительной длине тени. Во втором случае на аэрофотоснимке выбирают изображение предмета - дома, столба и т.п., высота которого ( $h_o$ ) известна. Измерив длину изображения тени ( $l_o$ ) этого предмета, вычисляют тангенс угла  $\varphi$  по формуле:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{h_o}{l_o m_c}$$

где  $m_c$  - знаменатель масштаба аэроснимка;

$h_o$  – известная высота объекта;

$l_o$  – длина изображения тени этого объекта.

*Порядок выполнения.*

Выбрать на аэроснимке три-четыре объекта с четкими и длинными тенями, чем длиннее тень, тем точнее ее можно измерить.

Произвести измерения теней циркулем-измерителем или измерительной лупой.

Полученные данные свести в таблицу

Таблица 7

Наименование объекта и его абрис	Размер тени $l_T$ (мм)	Масштаб снимка $m_c$	Угол падения $\varphi$	Высота объекта $h_o = l_T m_c \operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5

*Материалы представляемые для проверки преподавателем:*

1. Ксерокопия аэроснимка с указанными точками.
2. Ксерокопия топографической карты с указанными точками.
3. Лист формата А4 с результатами измерений и вычислений  
- вычисленное расстояние между объектами на местности;  
- вычисленные размеры объекта по образцу таблицы 6;  
- вычисленная высота объекта по образцу таблицы 7.

Лабораторная работа № 6

КАМЕРАЛЬНОЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ  
АЭРОСНИМКОВ РАЗНЫХ МАСШТАБОВ

Материалы для выполнения работы: аэроснимок, измеритель, линейка, карандаш, топографическая карта.

**Задание:** 1. Способом засечки перенести объект с аэроснимка на топографическую карту. 2. Нанести координатную сетку на аэроснимок. 3. Определить координаты объектов.

Перенос объектов с аэроснимка на карту.

*Порядок выполнения*

Объекты с аэрофотоснимка на карту переносят следующими способами:

**по контурам** - на аэрофотоснимке и карте опознают общие контуры, относительно которых глазомерно переносят на карту отдешифрованные на аэрофотоснимке объекты.

Этот способ не обеспечивает высокую точность и пригоден, когда карта и аэрофотоснимок имеют много общих контуров;

**Засечками** - на карте и аэрофотоснимке выбирают не менее двух общих точек а и в вблизи переносимого объекта (рис. 16);

измеряют на аэрофотоснимке отрезки ас и вс а затем радиусами, равными длине отрезков в масштабе карты, из соответствующих точек на карте проводят дуги;

точка пересечения дуг и будет положением объекта на карте;

для контроля производится засечка с третьей точки; при выполнении работ рекомендуется пользоваться пропорциональным циркулем или пропорциональным масштабом;

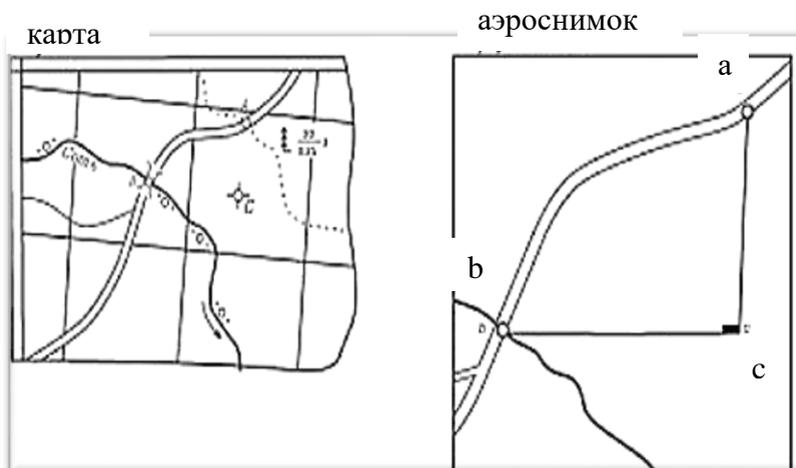


Рис. 16. Перенесение объекта с аэрофотоснимка на карту засечкой.

**По клеткам сеток** - на аэрофотоснимке и карте выбирают три-четыре общие точки и соединяют их прямыми;

каждую сторону подобных фигур делят на равное число частей и, соединив прямыми соответствующие точки, получают сетки желаемой густоты;

по клеткам сеток и переносят объекты.

### ***Нанесение координатной сетки на аэрофотоснимок.***

#### *Порядок выполнения*

На аэрофотоснимок переносят с карты точки пересечения линий координатной сетки, которые затем соединяют прямыми. В этих целях рекомендуется применять следующий способ, связанный с наименьшими затратами времени (способ четырехугольника). На

аэрофотоснимке и карте выбирают четыре соответственные точки (рис.17), четко обозначенные на карте и уверенно опознаваемые на аэрофотоснимке. Выбранные точки соединяют прямыми, затем точки пересечения этих прямых с линиями сетки (1, 2,..., 8) переносят с карты на аэрофотоснимок, откладывая на проведенных прямых (ab, bc, cd, da) соответствующие отрезки в масштабе аэрофотоснимка. При этом рекомендуется пользоваться пропорциональным масштабом либо пропорциональным циркулем. Соединив нанесенные точки прямыми, получают на аэрофотоснимке координатную сетку.

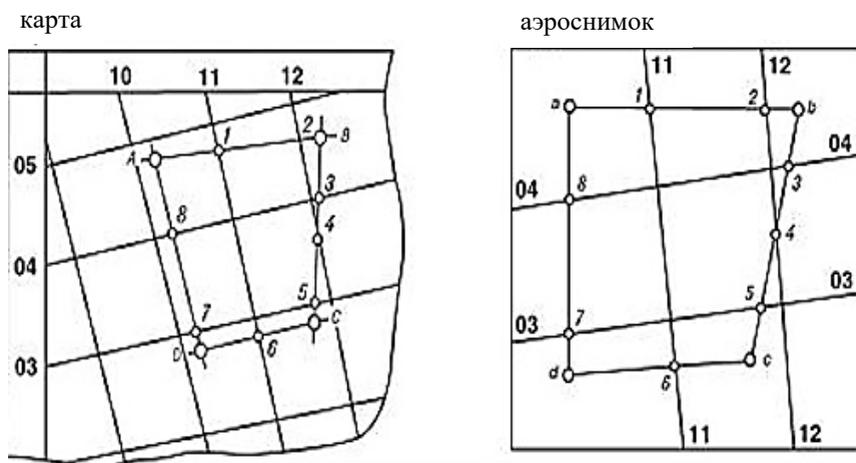


Рис. 17. Нанесение координатной сетки на аэрофотоснимок способом четырехугольника

Для построения пропорционального масштаба выбирают на аэроснимке и карте две общие точки, измеряют на аэроснимке расстояние между ними ( $AB$ ) и откладывают его на бумаге. Этот же отрезок измеряют на карте и откладывают от точки  $B$  в направлении, перпендикулярном к линии  $AB$ . Полученную точку  $B$

соединяют прямой с точкой А и проводят линии, параллельные  $BB'$  (рис. 18).

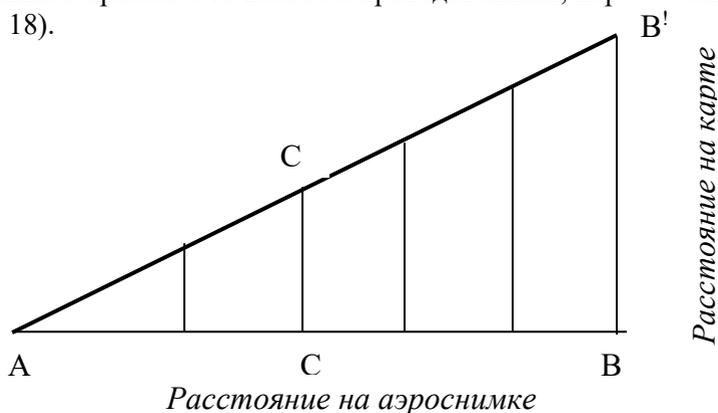


Рис. 18. Пропорциональный масштаб

От размеров, получаемых на аэроснимке, к размерам на карте переходят следующим образом. На аэроснимке измеряют требуемый отрезок  $AC$  и откладывают его от точки  $A$  вдоль линии  $AB$ . В полученной точке  $C$  поворачивают циркуль параллельно линии  $BB'$  и уменьшают его раствор до касания с линией  $AB'$ . Отрезок  $CC'$  будет соответствовать расстоянию на карте.

### **Определение координат объектов.**

Координаты объектов, выявленных по аэрофотоснимкам, можно определить с помощью топографической карты или аэрофотоснимка с координатной сеткой. Для этого объекты с аэрофотоснимка переносят на карту (любым из описанных выше способов) или опознают на аэрофотоснимке, а затем снимают их координаты по координатной сетке. Пользуясь такой сеткой, берут обыкновенную линейку (длиной не менее 10 см) с миллиметровыми делениями. Принимают, что 10 см на ней соответствуют 1000 м, 1 см—100 м, 1 мм—10 м, 0,1 мм—1 м.

### Порядок выполнения

Определяя абсциссы  $X$ , накладывают линейку на аэрофотоснимок с координатной сеткой так, чтобы ее нулевой штрих совпал с горизонтальной линией сетки, лежащей ниже определяемой точки (рис. 19), а штрих, соответствующий 10 см, – с соседней верхней линией.

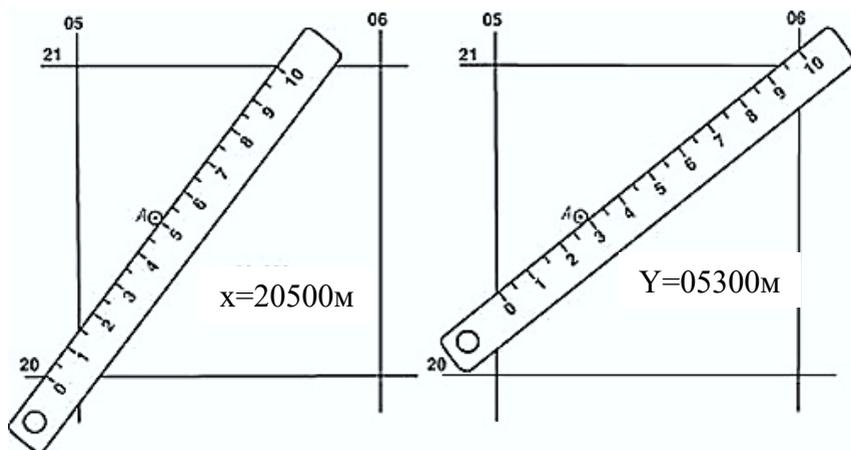


Рис. 19. Определение прямоугольных координат точки на аэроснимке с помощью линейки.

Одновременно край линейки должен проходить через определяемую точку  $A$ . Отсчет по линейке (в миллиметрах) против точки  $A$ , умноженный на 10, дает величину отрезка по оси  $X$  (в метрах).

Для определения ординаты  $Y$  поступают так же, но линейку помещают между вертикальными километровыми линиями сетки, обращая внимание на то, чтобы нулевой штрих совмещался с линией, лежащей влево от точки  $A$ .

***Материалы представляемые для проверки преподавателем:***

1. Ксерокопия аэроснимка с указанными точками для переноса объекта со снимка на карту.
2. Ксерокопия топографической карты с точками для переноса объекта способом засечки с аэроснимка на топографическую карту.
3. Ксерокопия аэроснимка и топографической карты с нанесенной координатной сеткой на аэроснимок способом четырехугольника.
4. Лист формата А4 с результатами построения пропорционального масштаба и координатами точек определенных по аэроснимку.

## **Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов**

1. Сущность дешифрирования аэроснимков.
2. Методы дешифрирования аэроснимков.
3. Логическая структура процесса дешифрирования аэроснимков.
4. Изобразительные и информационные свойства аэроснимков.
5. Прямые и косвенные дешифровочные признаки.
6. Визуальное дешифрирование. Взаимосвязь визуального дешифрирования с остротой монокулярного, бинокулярного и стереоскопического зрения.
7. Пороги чувствительности зрения: различительный, разрешающий и стереоскопический.
8. Надежность и достоверность дешифрирования аэроснимков.
9. Географический ландшафт, его компоненты, динамика.
10. Корреляционные связи между объектами местности.
11. Дешифровочные эталоны.
12. Дистанционные методы изучения окружающей среды.
13. Особенности фотографического воспроизведения объектов местности.
14. Фотографические и геометрические параметры аэрофотосъемки, влияющие на результаты дешифрирования.
15. Топографическое дешифрирование. Методы выполнения топографического дешифрирования.
16. Генерализация при дешифрировании аэроснимков.
17. Тематическое дешифрирование. Основные виды тематического дешифрирования.
18. Виды нефотографических снимков. Дешифрирование нефотографических снимков.
19. Определение масштаба аэроснимка и высоты фотографирования.
20. Определение базиса фотографирования, приближенных значений углов наклона аэроснимка.
21. Определение превышений местности по аэроснимку.
22. Нанесение координатной сетки на аэроснимок. Определение координат объекта по аэроснимку.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бызов Б.Е. и др. Военная топография для курсантов учебных подразделений/ Б.Е. Бызов, А.Н. Коваленко, А.Ф. Лахин,- М.: Воениздат, 1980. – 224 с.
2. Назаров А.С. Фотограмметрия: учебное пособие для студентов вузов/ А.С. Назаров. – Мн.: ТетраСистеме, 2006. – 368 с.
3. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. учеб. заведений. / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова, О.В. Тутубалина. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.
4. Аковецкий, В.Н., Дешифрирование снимков / В.Н. Аковецкий. – М.: «Недра», 1990.
5. Живичин, А.Н. Соколов, В.С. Дешифрирование фотографических изображений / А.Н. Живичин, В.С.Соколов – М.: «Недра», 1980.
6. Визуальные методы дешифрирования / Т.В. Верещака [и др.] под общ. ред. Т.В. Верещака. – М.: «Недра», 1990.
7. Лабутина, И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков / И.А. Лабутина. – М., 2004.
8. Ильинский, Н.Д. Обиралов, А.И. Фостиков, А.А. Фотограмметрия и дешифрирование снимков / Ильинский, Н.Д. Обиралов, А.И. Фостиков, А.А. – М.: «Недра», 1986.
9. Назаров, А.С. Фотограмметрия / А.С. Назаров. – Мн.: «ТетраСистемс», 2006.
10. Обиралов, А.И. Дешифрирование снимков для целей сельского хозяйства / А.И.Обиралов. – М.:«Недра», 1982.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	2
УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА .....	3
СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА.....	3
Раздел I. ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ.....	3
Тема 1.1. Общие вопросы. Дешифровочные признаки .....	3
Тема 1.2. Физиологические основы дешифрирования .....	3
Тема 1.3. Географические основы дешифрирования .....	3
Тема 1.4. Аэрофотографические основы дешифрирования.....	4
Раздел II. ВИДЫ И МЕТОДЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ.....	4
Тема 2.1. Топографическое дешифрирование.....	4
Тема 2.2. Тематическое дешифрирование .....	4
Тема 2.3. Дешифрирование нефотографических снимков.....	5
Средства диагностики результатов учебной деятельности .....	5
Перечень тем лабораторных работ .....	5
Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов.....	6
КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ .....	7
ЛЕКЦИЯ № 1 Общие вопросы. Дешифровочные признаки .....	7
ЛЕКЦИЯ № 2 Физиологические основы дешифрирования .....	41
ЛЕКЦИЯ № 3. Географические основы дешифрирования.....	61
ЛЕКЦИЯ № 4. Аэрофотографические основы дешифрирования....	77
ЛЕКЦИЯ № 5 Задачи решаемые при топографическом дешифрировании .....	92
ЛЕКЦИЯ № 6. Тематическое дешифрирование .....	137
ЛЕКЦИЯ № 7. Дешифрирование нефотографических снимков....	157

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ» .....	170
Лабораторная работа № 1 ПРИВЯЗКА К КАРТЕ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБА И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ .....	171
Лабораторная работа №2 СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ АЭРОСНИМКОВ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ТИПОВ .....	176
Лабораторная работа № 3 ИЗУЧЕНИЕ ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ ОБЪЕКТОВ НА АЭРОСНИМКАХ .....	185
Лабораторная работа 4 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ АЭРОФОТОСЪЕМКИ ДЛЯ ЦЕЛИ ДЕШИФРИРОВАНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗИСА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ, ПРИБЛИЖЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ УГЛОВ НАКЛОНА АЭРОСНИМКА.....	197
Лабораторная работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ ПО АЭРОСНИМКАМ (РАЗМЕРОВ, ВЫСОТЫ ОБЪЕКТА И РАССТОЯНИЙ) .....	204
Лабораторная работа № 6 КАМЕРАЛЬНОЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ РАЗНЫХ МАСШТАБОВ .....	209
Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов.....	215
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	216