

УО «Полоцкий Государственный Университет»

Кафедра прикладной геодезии и фотограмметрии

Конспект лекций

Составил: ст. пр. Жилиев В.В.

Новополоцк, 2015

ЧАСТЬ 1

1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ 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). 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 и отраслевое (тематическое, специальное) (рис. 1).

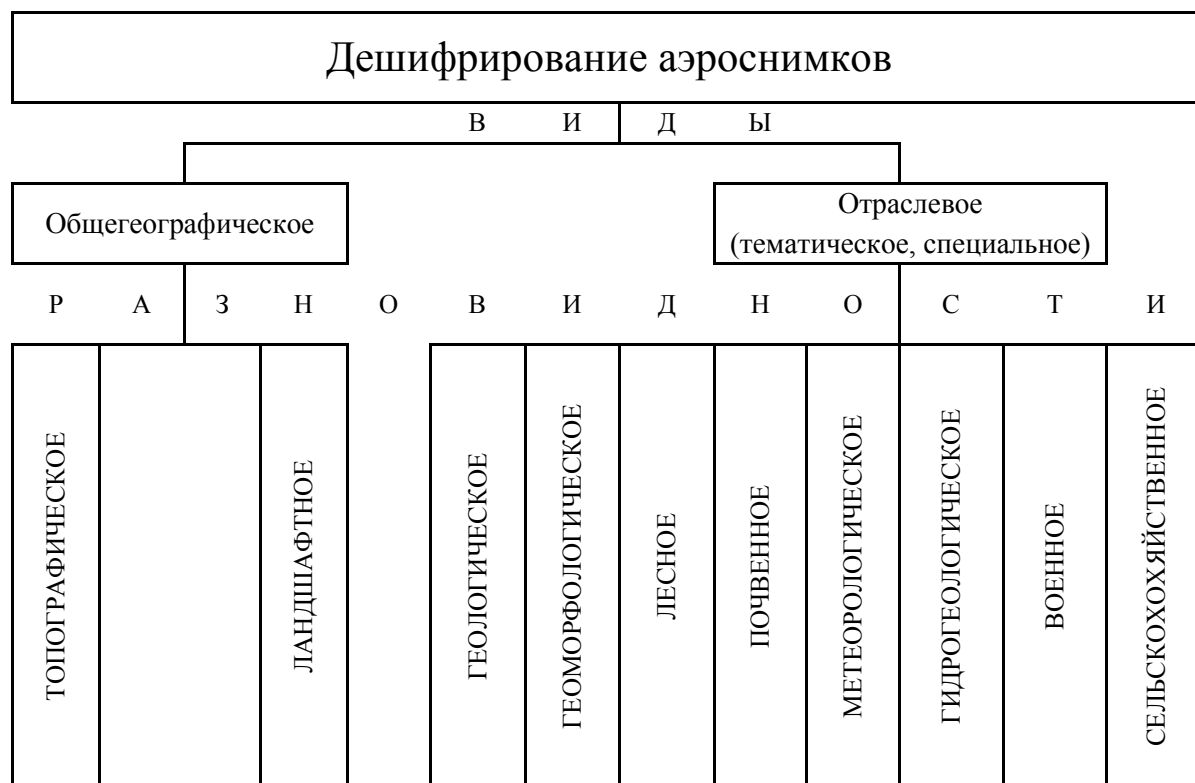


Рис. 1. Классификация дешифрирования.

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, фото-схемах, ортофотопланах.

Потребность в дешифрировании аэроснимков появилась с момента возникновения аэрофотосъемки. Первоначально местность фотографировали с аэростатов затем, по мере развития фотографии, дирижаблей, самолетов. Большой вклад в развитие аэрофотосъемки внесли войны. Аэроснимки начали использовать для составления схем позиций противника и исправления планов и карт. Во время русско-японской войны фотографирование с аэростата применил В.Ф. Найденов. В первую мировую войну широко применялись аэроснимки крупного масштаба на расположение позиций противника (Осада Перемышля, план района Мазурских болот). Воздушное фотографирование с самолетов увеличило количество аэроснимков и потребовало развития дешифрирования уже как прикладной науки и отрасли производства.

В развитии дешифрирования аэроснимков, как научного направления, выделяют четыре периода.

Первый период, с 1918 по 1929 гг., характеризуется организацией фотограмметрических предприятий, подготовкой кадров, разработкой комбинированного метода создания карт в СССР. Дешифрирование стало выполняться камерально и в полевых условиях.

С 1920 г. в Московском межевом институте (сейчас МИИ ГАиК) начали читать лекции по фотограмметрии, а с 1926 г. открылось аэрофотогеодезическое отделение, затем факультет. Позже подготовкой специалистов занялись и другие ВУЗы и ряд техникумов.

Второй период с 1930 по 1945 гг., характеризуется широким использованием комбинированного метода, а также применением дифференцированного способа. Они стали основными для картографирования страны в масштабе 1:100000 и отдельных районов в масштабах 1:50000 и 1:25000. В этот период разрабатываются основы научного подхода к дешифрированию. Были подготовлены и изданы пособия, альбомы и монография «Дешифрирование аэроснимков».

Третий период связан с восстановлением народного хозяйства после войны. Он характеризуется дальнейшим развитием фотограмметрии, теории дешифрирования. Продолжает развиваться аэровизуальный метод дешифрирования. Начинаются работы по изучению спектральной отражательной яркости объектов местности, изучению географической основы дешифрирования, применению снимков-эталонов.

Четвертый период, он продолжается и сейчас, характеризуется применением материалов космической съемки и нефотографических изображений для решения задач народного хозяйства. Получили дальнейшее развитие методы дешифрирования нефотографических изображений. Появляются новые приборы для измерения и дешифрирования, применяются аэро- и космогеодезические, космовизуальные методы исследований. Автоматизируется обработка изображений, используется комплексное дешифрирование аэроизображений, полученных в различных зонах электромагнитного спектра.

Дистанционные методы изучения окружающей среды

Дешифрирование аэроснимков – это один из дистанционных методов изучения и картографирования местности окружающей среды по ее изображению, полученному путем аэрофотосъемки. Под дистанционными методами, применительно к нашей планете, подразумевается съемка поверхности Земли, верхнего слоя земной коры и атмо-

сферы с любого летательного аппарата визуально и путем регистрации приемником параметров электромагнитного, гравиметрического полей и излучений.

Летательные аппараты представлены различными типами самолетов, ракет, вертолетов, искусственных спутников Земли, космическими кораблями.

Все дистанционные методы изучения окружающей среды состоят из трех основных этапов:

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

Неотъемлемой частью обработки материалов съемки является геодезическая привязка их, сведение к минимуму или полный учет геометрических искажений снимков, преобразование и дешифрирование их.

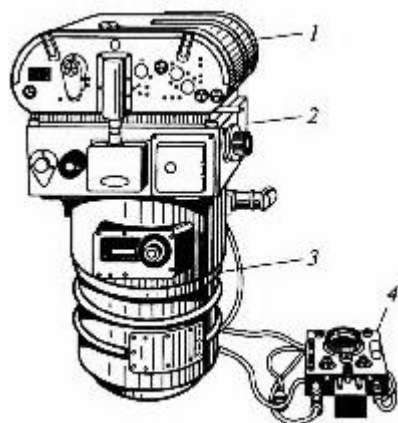
Дистанционные методы подразделяются на аэрометоды, если съемка производится из атмосферы, и космические методы, если съемка производится из космоса. В зависимости от применяемой техники, аппаратуры, изучение окружающей среды может выполняться по материалам визуальной, фотографической, электронной и геодезической съемок. Для нас основную ценность представляет аэрофотосъемка и дешифрирование аэрофотоснимков. На практике термины «аэрофотоснимок» и «аэроснимок» часто применяют как синонимы. На самом деле понятие «аэроснимок» более широкое, так как включает не только аэрофотографическое, но и любое другое изображение полученное из атмосферы.

Дешифрирование аэроснимков базируется на следующих принципах:

- закономерные зависимости между свойствами наземных объектов и характером их воспроизведения на аэроснимках, между самими объектами в натуре и элементами аэрофотоизображения заснятой территории;
- получение аэроснимков с возможно более высокой информативностью;
- эффективность дешифрирования аэроснимков (раскрытие содержащейся в них информации).

Аэроснимок и его свойства

Аэроснимок представляет собой фотографическое изображение участка земной поверхности, полученное с помощью аэрофотоаппарата, установленного на летательном аппарате. Процесс фотографирования земной поверхности с летательного аппарата называется аэрофотосъемкой. Воздушное фотографирование производят специальными аэрофотоаппаратами (АФА), по своей конструкции они могут быть различными, но в принципе состоят из фотокамеры и командного прибора (рис. 2).



- 1 – кассета;
- 2 – камерная часть;
- 3 – часть объектива;
- 4 – командный прибор.

Рис. 2. Принципиальная схема АФА.

Для картографических целей обычно выполняется аэрофотосъемка при помощи аэрофотоаппаратов, установленных на самолете так, чтобы во время полета по горизонтальной прямой оптическая ось аэрофотоаппарата занимала положение близкое к отвесному. Аэроснимки, полученные при строго отвесном положении оптической оси, называются горизонтальными. Однако получить горизонтальные аэроснимки, даже при абсолютно точной установке аэрофотоаппарата на самолете, крайне трудно. Под влиянием ветра и неодинаковой плотности воздуха самолет непрерывно отклоняется от заданного курса, изменяет высоту полета и наклоняется. Вместе с самолетом наклоняется аэрофотоаппарат и его оптическая ось. Угол отклонения оптической оси аэрофотоаппарата от отвесной линии в момент фотографирования называется углом наклона аэроснимка. Практика показывает, что при аэрофотосъемке для картографических целей углы наклона аэроснимков не должны превышать 3° . Аэроснимки, полученные с такими углами наклона, называются плановыми.

Если на самолете аэрофотоаппарат установлен так, что его оптическая ось при полете по горизонтальной прямой, составляет угол, превышающий заданный для планового снимка, то получаемые при этом аэроснимки называются перспективными.

Формат аэроснимков определяется конструктивными особенностями аэрофотоаппарата (прикладной рамкой) и может быть 18×18 см, 23×23 см или 30×30 см.

Известно, что всякое изображение предметов на поверхности (частный случай на плоскости), построенное по определенным математическим законам, называется проекцией. Карта и аэроснимок также являются проекциями, так как передаваемое ими изображение местности построено по определенным математическим законам. Эти проекции отличаются одна от другой, как и законы их построения.

Топографическая карта масштаба $1:100000$ и крупнее, представляет собой уменьшенную ортогональную проекцию местности, которая образуется с помощью проектирующих лучей, направленных из точек проектируемого предмета перпендикулярно к плоскости, в которой получается изображение. Изображение местности на топографической карте подобно самой местности, поэтому на карте можно точно и просто определить размеры изображенных объектов, их положение и расстояние между ними, для этого достаточно знать масштаб карты.

При рассмотрении геометрической сущности фотографического изображения установлено, что изображение фотографируемого предмета на снимке или изображение местности на аэроснимке может быть построено, если из всех точек предмета или местности (точки A, B, C, D, O на рис. 3) провести проектирующие лучи в переднюю узловую точку объектива S_n , а через заднюю узловую точку S_z , провести соответствующие им проектирующие лучи, не меняя их первоначального направления.

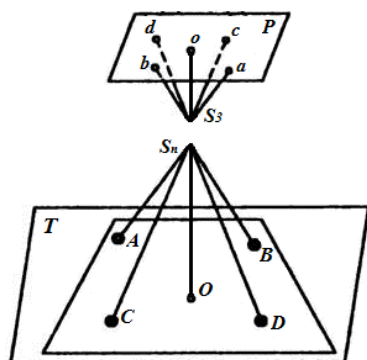


Рис. 3. Построение изображения местности на аэроснимке с помощью проектирующих лучей, проходящих через узловые точки объектива.

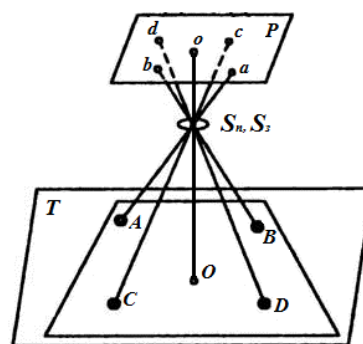


Рис. 4. Совмещенное положение узловых точек объектива.

В результате такого построения при узловых точках объектива S_1 и S_2 образуются две подобные связки проектирующих лучей: передняя (входящие лучи) – с вершиной в передней узловой точке объектива и задняя (выходные лучи) – с вершиной в задней узловой точке объектива (рис. 3). Изображение, полученное таким образом, несколько не изменится в геометрическом отношении, если заднюю узловую точку объектива совместить с передней, а плоскость, на которой получилось изображение, переместить параллельно самой себе на расстояние, равное расстоянию между узловыми точками. В этом случае мы будем иметь одну узловую точку, а входящие и соответствующие им выходящие лучи будут служить продолжением одного другим (рис. 4).

Проектирование, при котором все проектирующие лучи проходят через одну точку, называется центральным проектированием. Точка, через которую проходят все проектирующие лучи, называется центром проекции, а изображение предмета, полученное на плоскости с помощью проектирующих лучей, проходящих через центр проекции – центральной проекцией.

Таким образом, аэроснимок является центральной проекцией местности, причем центр проекции – это оптический центр объектива АФА, предметная плоскость (T) – это средняя плоскость фотографируемой местности и картинная (P) – плоскость аэрофотоснимка.

В процессе аэрофотосъемки получается негативное изображение местности – негатив. Контактный отпечаток с негатива – аэроснимок – представляет собой позитивное изображение. Применительно к центральной проекции негативное изображение отличается от позитивного только своим положением относительно центра проекции. Изображение называется позитивным, если плоскость, на которую проектируется изображение, расположена между предметом и центром проекции, и негативным, если эта плоскость расположена за центром проекции (рис. 5).

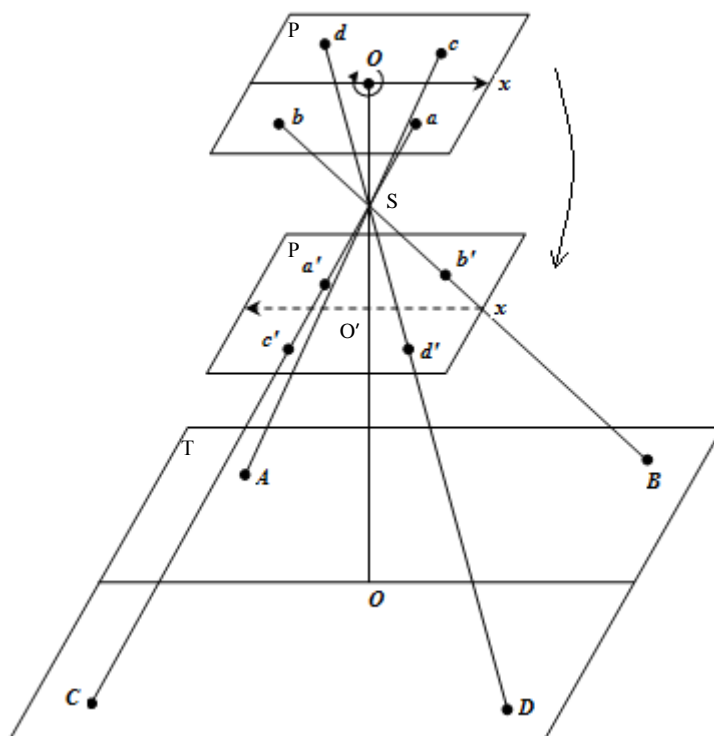


Рис. 5. Негативное и позитивное изображение в центральной проекции.

Негативное и позитивное изображение, соответствующее одной и той же связке проектирующих лучей, т.е. одному и тому же центру проекции взаимнообратимы. Под этим геометрическим свойством изображений, полученных способом центрального проектирования, понимается возможность замены негативного изображения позитивным и наоборот. Как видно из рисунка 5, негативное изображение можно поместить в положение позитивного, повернув его на 180° вокруг проектирующего луча Oo' , перпендикулярного к плоскости проекции, и переместив вдоль этого луча на удвоенную величину отстояния плоскости проекции P от центра проекции S . В этом случае все точки негативного изображения совместятся с соответствующими им проектирующими лучами, хотя негативное изображение будет находиться в положении позитивного.

Следовательно, все геометрические свойства центральной проекции одинаковы как для негативного изображения, так и для позитивного. Поэтому при анализе свойств центральной проекции можно использовать как негативное, так и позитивное изображение.

Предположим, что фотографируется ровный горизонтальный участок местности T и что оптическая ось аэрофотоаппарата при фотографировании занимает вертикальное положение. При указанных условиях изображение местности на аэроснимке P будет подобно самой местности, т.е. в этом случае центральная проекция будет тождественна ортогональной (рис. 6). Поэтому аэроснимки горизонтальной местности, полученные при вертикальном положении оптической оси фотоаппарата, можно использовать для составления топографических карт, не внося в положение точек на этих аэроснимках никаких исправлений. Однако следует учитывать, что местность имеет неровности (рельеф) и что при фотографировании оптическую ось аэрофотоаппарата не удастся точно установить в вертикальное положение.

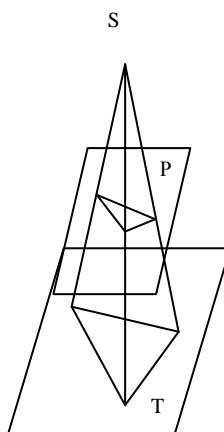
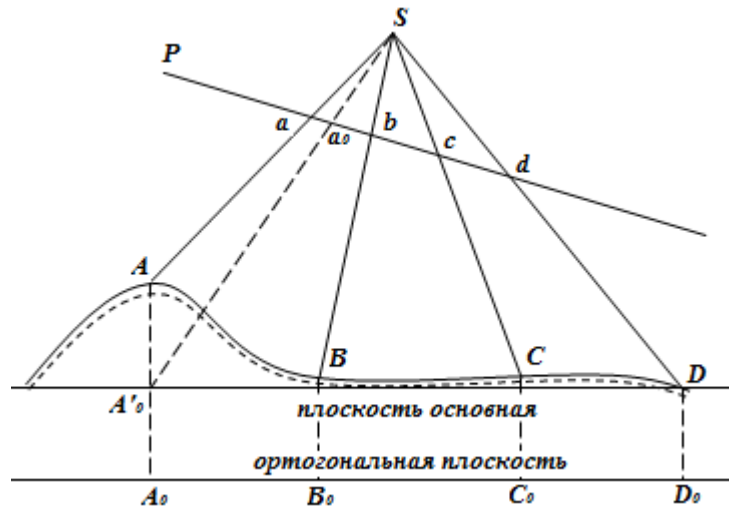


Рис. 6. Изображение плоской и горизонтальной местности на аэроснимке.

В силу указанных причин изображение местности на аэроснимке в геометрическом отношении обычно заметно отличается от изображения местности на карте.

Так, например, в ортогональной проекции изображения точек A и A_0' (рис. 7) сливаются в одну точку A_0 , тогда как в центральной проекции изображения этих точек получаются отдельно в точках a и a_0 ; равные в ортогональной проекции на местности отрезки BC и CD изобразятся в центральной проекции неравными отрезками bc и cd . Изображение местности, полученное на таком аэроснимке, нельзя непосредственно использовать для составления карты, так как точки этого изображения смещены под влиянием рельефа местности и наклона аэроснимка. Применительно к комбинированному

методу съемки, изображения снимке, вынаклоном и реальности, называемыми.



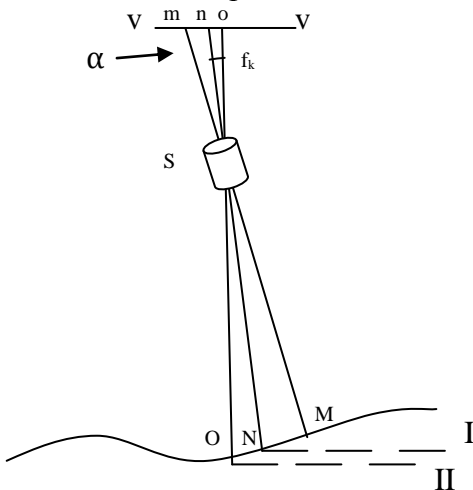
смещение точек на аэро-званном его льфом мест-ются искаже-

Рис. 7. Искажения в изображении местности на наклонном аэроснимке.

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. 8 показана схема проектирующих лучей, идущих из точек O, N и M. 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 – точкой надира n аэроснимка.



Угол между главным лучом So и надирной линией Sn называется углом наклона α_0 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. 9 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 S_0 перпендикулярно к плоскости аэроснимка, называется главной вертикалью.

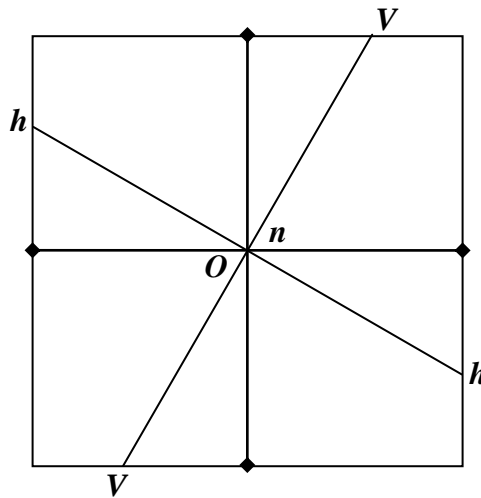


Рис. 9. Главные точки аэроснимка

В плоскости главной вертикали находится угол наклона α_0 аэроснимка. Линия hh , перпендикулярная к линии VV , называется главной горизонталью. При обработке отдельных аэроснимков линии VV и hh принимаются соответственно за оси x и y .

При использовании аэроснимка необходимо знать положение его главной точки относительно точки пересечения прямых, проходящих через метки аэроснимков. Координаты Δx_0 , Δy_0 главной точки, а также значения f_k , называют элементами внутреннего ориентирования аэроснимка, величины их определяют из лабораторных исследований (рис. 10).

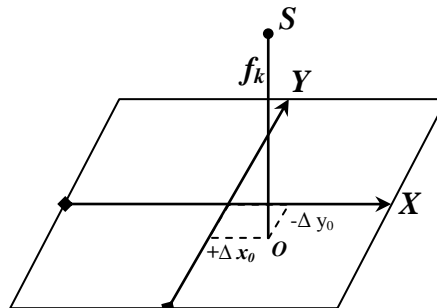


Рис. 10. Элементы внутреннего ориентирования снимка.

В процессе изготовления аэрофотоаппарата и его юстировок, величины Δx_0 , и Δy_0 стремятся привести к нулю, поэтому точка пересечения прямых, проходящих через метки, является началом координат аэроснимка. На краях аэроснимка, кроме меток, фотографируются данные, характеризующие № аэроснимка, показания уровня, часов. Значение фокусного расстояния, если его нет на полях аэроснимка, берется из паспорта аэрофотоаппарата.

Положение аэроснимка относительно местности определяется элементами внешнего ориентирования: координаты объектива аэрофотоаппарата X , Y и H , азимут направления маршрута, угол наклона аэроснимка, угол поворота аэроснимка. По технологии производства аэрофотосъемки, пленку экспонируют так, чтобы следующий аэроснимок перекрывал предыдущий. Перекрывание вдоль летнего маршрута называется продольным P . Оно необходимо для составления накидного монтажа и стереоскопического рассматривания аэроснимков. Величина продольного перекрывания зависит от

назначения аэросъемки и может составлять от 56 до 90% к стороне аэроснимка. Перекрытие аэроснимков двух соседних маршрутов называется поперечным Q , его величина может быть от 25 до 40% к стороне аэроснимка.

Точки пространства, в которых находился объектив аэрофотоаппарата в моменты фотографирования, называются точками фотографирования. Проекции этих точек на аэроснимках совпадают с их главными точками. Расстояния между смежными точками фотографирования в маршруте называются базисом фотографирования. Два соседних аэроснимка в одном маршруте называются стереопарой.

Масштаб аэроснимков

Под масштабом горизонтального снимка, так же как и под масштабом плана, понимается отношение длины отрезка на снимке к длине соответствующего отрезка на местности.

Масштаб планового аэроснимка определяется тремя способами:

а) по фокусному расстоянию и высоте аэросъемки, согласно формуле

$$\frac{1}{m} = \frac{f_k}{H} = \frac{1}{H/f_k}, \quad (1)$$

где $\frac{1}{m}$ – численный масштаб аэроснимка, H – высота фотографирования над средней плоскостью местности, f_k – фокусное расстояние объектива АФА;

б) по известному расстоянию на местности (S_{A-B}) и по соответствующему ему расстоянию на аэроснимке (S_{a-b}) согласно формуле

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{S_{A-B}/S_{a-b}}, \quad (2)$$

причем оба расстояния (на местности и на аэроснимке) выражаются в одинаковых мерах длины;

в) по топографической карте, измеряя длину линии на карте (S_{A-B}) и на аэроснимке (S_{a-b}) между идентичными точками в одних и тех же единицах длины по формуле:

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{S_{A-B} \cdot M / S_{a-b}}, \quad (3)$$

где S_{A-B} и S_{a-b} – измеренные отрезки на карте и аэроснимке в миллиметрах, а M – знаменатель численного масштаба карты.

Среднее значение масштаба аэроснимка определяется из нескольких наиболее длинных отрезков, проходящих вблизи главной точки аэроснимка, с наименьшим превышением и четким изображением их концов.

Масштаб перспективного аэроснимка определяют обычно согласно формулы

$$\frac{1}{m} = \frac{f_k}{H} \left(\cos \alpha - \frac{x}{f_k} \sin \alpha \right), \quad (4)$$

где α – угол наклона оптической оси АФА, x – удаление горизонтали от главной точки аэроснимка. Для другой горизонтали величина x изменится, поэтому изменится и масштаб аэроснимка; следовательно, на перспективном аэроснимке не может быть постоянного масштаба.

Кроме наклона оптической оси АФА, на искажение масштаба аэроснимка влияет рельеф фотографируемого участка местности, поэтому для получения планового изображения местности предметов на аэроснимке определяют поправку за рельеф. Для этого их изображение на аэроснимке нужно сдвинуть на величину δ_n , полученную как длину между изображениями этих точек, спроектированными на воображаемую предметную плоскость, расположенную на средней высоте. Поправки за рельеф вычисляют по формуле

$$\delta_n = \frac{r h}{H}, \quad (5)$$

где r – расстояние на аэроснимке от главной точки аэроснимка до изображаемой точки, h – превышение высоты изображаемой точки над высотой средней проектной плоскости, H – высота аэросъемки над средней предметной плоскостью.

Применение аэроснимков

Аэроснимки используют для составления топографических, тематических или специальных карт, географических обследований и для ориентирования на местности.

Задачи, решаемые по аэроснимкам, аналогичны задачам, решаемым по топографическим картам, но методы решения задач различны, так как сущность карты и аэроснимка неодинакова:

- карта и аэроснимок строятся в различных проекциях;
- изображение контуров местности на аэроснимке не идентично изображению их на карте;
- масштаб карты одинаков по всей площади, а масштаб аэроснимка разный (чем дальше от центра, тем больше его искажения);
- на карте местные предметы изображены условными топографическими знаками, а аэроснимок дает фотографическое изображение местности;
- изображение генерализовано только на картах;
- аэроснимки дают объемное (стереоскопическое) изображение местности при рассматривании стереопары под стереоскопом, а карта – это плоское изображение.

Аэрофотосъемка в картографических целях обычно выполняется АФА с фокусными расстояниями f_k от 36 до 500 мм с высоты H порядка от 400 до 6000 метров, масштабы получаемых аэроснимков зависят от отношения $\frac{f_k}{H}$.

На аэроснимках масштаба 1:2000, используемых для крупномасштабного картографирования подробно изображается местность с ее мелкими элементами (кустарниками, тропинками, травяной растительностью).

На аэроснимках масштабов 1:10000 – 1:50000 весьма полно изображаются топографические объекты, поэтому аэроснимки этих масштабов служат основным материалом для детального картографирования территории государства. Аэроснимки масштаба 1:60000, используются для мелкомасштабного картографирования и дают обобщенную картину местности.

При помощи аэроснимков указанных масштабов создаются топографические планы, карты и фотопланы в масштабах 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:25000, 1:50000 и 1:100000.

Задачи и методы дешифрирования

Главное назначение дешифрирования аэроснимков – получение смысловой информации об элементах (объектах) местности. Немаловажное значение имеет и определение количественных характеристик объектов местности.

Дешифрирование аэроснимков включает в себя следующие этапы:

- обнаружение;
- распознавание;
- определение характеристик объектов по их фотоизображению.

Обнаружение – первый (начальный) этап дешифрирования. Смысл его состоит в поиске на аэрофотоснимке участков, где вероятнее всего изображены искомые объекты местности.

На данном этапе никакого толкования (интерпретации) характера изображения не происходит. Решается задача вероятностного отнесения изображения к одной из двух категорий: «сигнал» (полезная информация) – «шум» (ненужная информация).

Распознавание – следующий (второй) этап дешифрирования. Смысл этого этапа заключается в определении «сущности» изображенных и обнаруженных на снимке объектов. Различают два подхода к распознаванию: интерпретационный и формальный. Интерпретационный подход определяет функциональное предназначение объекта, его роль среди окружающих объектов. Таким образом дается толкование физической и социальной сущности каждого объекта.

Формальный подход предусматривает простое разделение объектов на классы, установленные заранее. В ходе предварительной классификации дается толкования (описание) каждого из установленных классов. Нет четкого разделения во времени между этапами обнаружения и распознавания, они протекают, как правило, практически одновременно.

Определение характеристик «вскрытых» объектов – третий этап дешифрирования. В ходе его осуществляется анализ и обобщение количественных и качественных характеристик объекта. Они определяются путем измерения параметров фотоизображений: геометрических размеров, параллаксов, плотностей. В результате оценки характеристик (информации) удастся выяснить состав древесных пород в лесу, характер грунтов, материал покрытия дорог, линейные размеры объектов, расстояние между объектами и т.д.

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

В процессе распознавания можно либо распознать, либо не распознать (распознать неверно) исследуемый объект, другого исхода в дешифрировании не бывает. Факты распознавания и не распознавания объекта, изображенного на аэроснимке являются случайными событиями, так как этот процесс даже при исследовании объектов одного и того же типа, каждый раз протекает по-разному. Это обусловлено свойствами исследуемого фотоизображения и особенностями самого процесса распознавания.

В связи с тем, что дешифрирование аэроснимков выполняется с заранее определенными, конкретными целями, выделяются задачи дешифрирования. Их условно разделяют 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 систем гидрографии, дорожной сети, населенных пунктов, растительности и других элементов местности, установление их взаимосвязей; составление и обновление топографических планов, карт и т.д.

Перечень задач второй группы значительно обширнее. Вот некоторые из них: геологическое картографирование; поисковая и эксплуатационная разведка месторождений полезных ископаемых; таксация леса; кадастровые съемки метеорологические исследования; разведка военных объектов и т.д.

Перечисленные задачи могут конкретизироваться в зависимости от района (места) работ, времени года их производства, установленных сроков их выполнения.

В зависимости от назначения и конкретного содержания задач, решаемых в ходе дешифрирования аэроснимков, различают два основных вида дешифрирования: общегеографическое и отраслевое (см. рис. 11).

Общегеографическое дешифрирование аэроснимков решает первую группу задач – получение обобщенной информации о поверхности Земли. Оно включает в себя две разновидности: топографическое и ландшафтное дешифрирование.

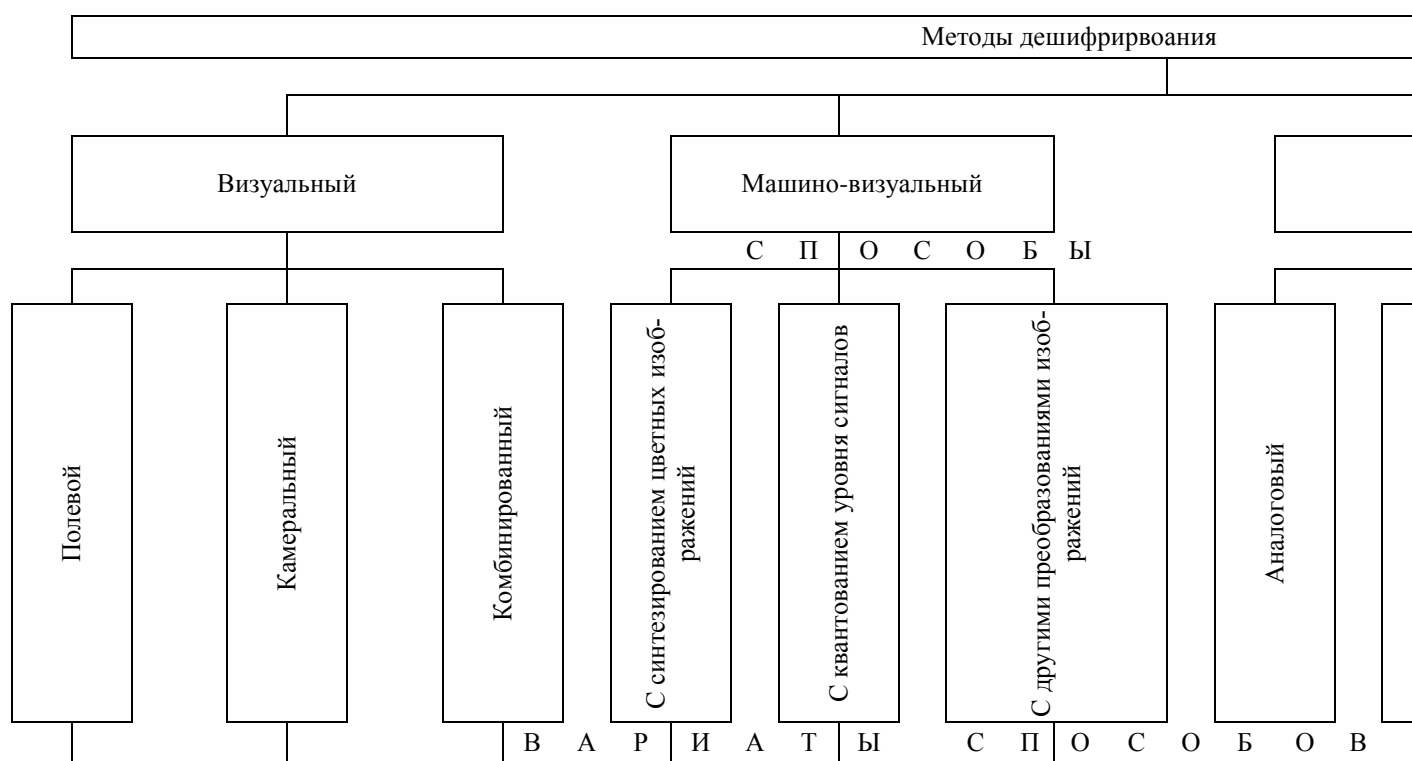
Топографическое дешифрирование аэроснимков производится с целью обнаружения, распознавания и получения характеристик объектов, которые необходимо отобразить на составляемых, обновляемых планах, картах. Это один из самых трудоемких и дорогостоящих процессов в технологической схеме создания и обновления картографических материалов.

Ландшафтное дешифрирование аэроснимков имеет конечной целью региональное или типологическое районирование местности, оказывает существенное влияние на качество изучения поверхности Земли, решение специальных технических задач. Например, планирование аэрофотосъемки.

Разновидности отраслевого дешифрирования достаточно многочисленны. Обычно оно производится различными организациями, предприятиями для решения своих ведомственных задач по определению характеристик отдельных объектов и их совокупностей располагающихся на земной поверхности и в атмосфере. Основные разновидности отраслевого дешифрирования представлены на рис. 1.

Виды и разновидности дешифрирования, как правило, связаны друг с другом и не имеют резких отличий. Это проявляется в единстве методов и способов выполнения работ по дешифрированию аэроснимков.

Основой методологической классификации дешифрирования на современном уровне развития являются средства считывания и анализа фото- и видеоинформации (рис. 11).



Аэровизуальный
Наземный
С использованием простейших преобразований
С использованием простейших измерений
С использованием эталонов
Визуально-логический
Камеральный с последующей полевой обработкой
Избирательный полевой с последующим камеральным
С помощью электронных синтезаторов
С помощью оптических синтезаторов
Аналоговый
Цифровой
Оптического преобразования
Аналого-электронного преобразования
Цифрового преобразования
С использованием электронных устройств
С использованием оптических устройств

Рис. 11. Методы и способы дешифрирования.

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 видеоинформации 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 видеоинформации.

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.

Логическая структура процесса дешифрирования

Процесс дешифрирования объектов местности по аэрофотоснимкам, как логическая структура, состоит из ступеней познания, ведущих исследователя от незнания к знанию. Они (ступени познания) могут переходить одна в другую вплоть до их практического слияния, либо четко разграничиваться.

Логическая структура обычно применяется в дешифрировании отдельных объектов или явлений. Так в процессе дешифрирования непрерывно осуществляется переход от распознавания одного объекта к распознаванию другого, от распознавания простых объектов к распознаванию более сложных и наоборот. Выявляются взаимосвязи между объектами, происходит объединение выявленных объектов в природно-территориальные комплексы, занимающие значительные площади. Таким образом, переходят от дешифрирования отдельных объектов к дешифрированию ситуации. Знание ситуации позволяет опять перейти к дешифрированию отдельных объектов, но на более высоком уровне полученной информации.

Выделяются четыре ступени в процессе дешифрирования:

- обнаружение;
- опознавание;
- классификация;
- интерпретация.

Обнаружение – смысл его состоит в раздельном восприятии элементов (объектов) аэрофотоизображения, без выявления их сущности. Например, обнаружено изображение прямоугольника, это результат зрительного ощущения, работы зрительного анализатора. Различают три стадии зрительного ощущения, как для плоского, так и для стереоскопического изображений (рис. 12).

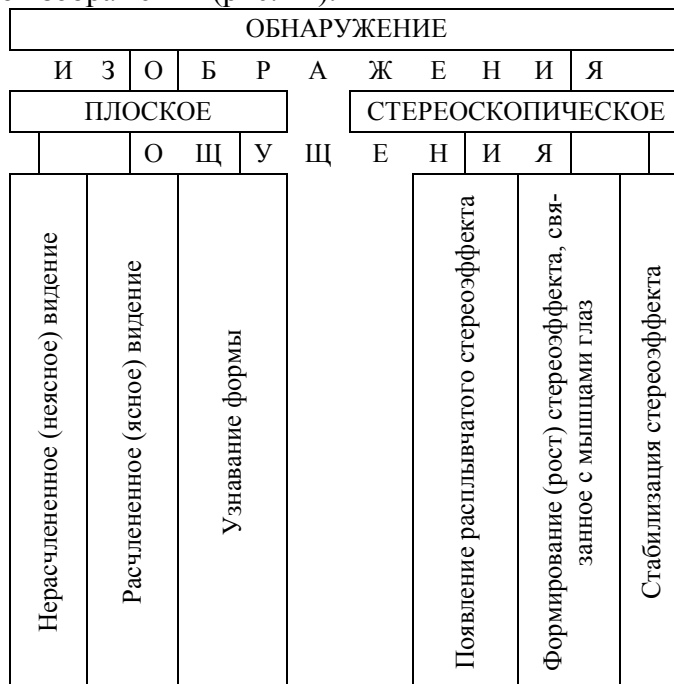


Рис. 12. Стадии зрительного ощущения.

Посредством этих ощущений решается задача вероятностного отнесения изображения к одной из двух категорий: «сигнал» (полезная информация) – «шум» (ненужная информация).

Опознавание (распознавание) заключается в получении целостного обособленного образа и разделении его на элементы с установлением качественных и количественных характеристик и оценкой полученного образа. Таким образом, смысл ступени заключается в определении «сущности» изображенных и обнаруженных на аэроснимке объектов. Например – обнаруженный прямоугольник является кирпичной постройкой размером 30×8×6 м с крышей из листового железа. Из определения видно, что распознавание включило в себя три стадии: получен целостный образ (синтез), образ расчленен на элементы и получены характеристики элементов (анализ), выполнена оценка полученного образа (синтез на высшей ступени).

Процесс опознавания складывается под воздействием сведений, которыми располагает исполнитель к началу дешифрирования. Выделяются три принципиально различные ситуации перед опознаванием:

1. Дешифровщик не знаком с объектом. Необходимы полевые исследования, в противном случае придется строить предположения, которые могут быть неоправданными. Такая ситуация называется порогом адекватного осмысливания.
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 распознает его. В данном случае дешифрирование носит вероятностный характер, а ситуация называется порогом узнавания в условиях выбора.
3. Дешифровщик хорошо знаком с объектом из личного опыта. Он сравнивает известное изображение с обнаруженным, а ситуация будет называться порогом узнавания известного объекта.

Смысл классификации, как ступени познания, состоит в выявлении сущности общих признаков индивидуальных объектов и в переходе от индивидуальной к обобщенной характеристике. При классификации объект подводят под принятый условный знак. Например – опознанная постройка является скотным двором.

Интерпретация, как ступень познания, позволяет на основе выявленных сведений об объектах, прогнозировать динамику развития явления или изменения объекта. На этой ступени выполняется анализ природных ресурсов, предлагаются пути охраны окружающей среды.

Информационная емкость аэроснимков

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 пла-

на, 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 $N = m^n$ (6) число различных состояний. Число N характеризует количество информации (I).

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

$$I = \log N = n \cdot \log m. \quad (7)$$

Можно подсчитать число дискретных элементов фотографического изображения на аэроснимке по формуле

$$n = 2 \cdot SR, \quad (8)$$

где S – площадь аэроснимка; R – его средняя разрешающая способность. Подсчитаем по формулам (7) и (8) объем информации в битах, содержащийся на аэроснимке размером 18×18 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 (7) и (8) 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 (7) и (8) предполагают, что все комбинации точек и тонов считаются равновероятными. 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.

Количество информации, содержащееся в некотором сообщении, связано с вероятностью или частотой его появления. Если выбор производится из x сообщений, каждое из которых может быть получено с вероятностью $P(x)$, то минимальная информация, приходящаяся на одно сообщение, может быть подсчитана по известной в теории информации формуле Шеннона.

$$H = - \sum_{x=1}^n P(x) \log P(x) \quad (9)$$

где n – число сообщений; H – энтропия.

Через энтропию количественно выражается неопределенность опознавания объекта. Отсюда процесс дешифрирования можно рассматривать как информационный процесс, в результате которого снимается некоторая неопределенность. Информация и энтропия связаны между собой обратной зависимостью. Чем меньше неопределенность – энтропия, тем больше информации. При отсутствии помех информация, по абсолютной величине, равна энтропии.

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 раставший 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. Различают абсолютную и относительную дешифрируемость.

Абсолютная дешифрируемость I_{max} аэроснимков количественно может быть выражена через их информационную емкость в единицах информации (в битах). Относительная дешифрируемость I_o выражается через отношение полезной информации I к полной информации I_{max} , получаемой по снимку.

$$I_o = \frac{I}{I_{max}} \quad (10)$$

Важное значение в теории дешифрирования имеют понятия полноты и достоверности дешифрирования. Полнота дешифрирования может быть выражена отношением использованной полезной информации I_i ко всей информации I

$$P = \frac{I_i}{I} \quad (11)$$

Под достоверностью дешифрирования понимается вероятность правильного дешифрирования объектов. Она оценивается отношением количества правильного распознанных объектов n к количеству всех распознанных объектов N .

$$D = \frac{n}{N} \quad (12)$$

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 аэро-снимка меняется незначительно. Так формы объектов и их изображений сохраняются на плановых аэроснимках с соблюдением подобия контуров натуры, 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 аэро-снимка. 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 автостреды. 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

$$L = L' \cdot l / l', \quad (13)$$

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

$$L = l \cdot m, \quad (14)$$

где m – знаменатель численного масштаба аэроснимка.

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 фотопленки 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 фотопленки 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. Различия в фактуре поверхности объектов и условия съемки вызывают преобразования не в цветах аэрофотоизображения, а только в их насыщенности и яркости и то в незначительной степени. 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.

Характеристики объектов по тону и цвету изображения топографических объектов на снимках представлены в приложении (...)

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. 13).

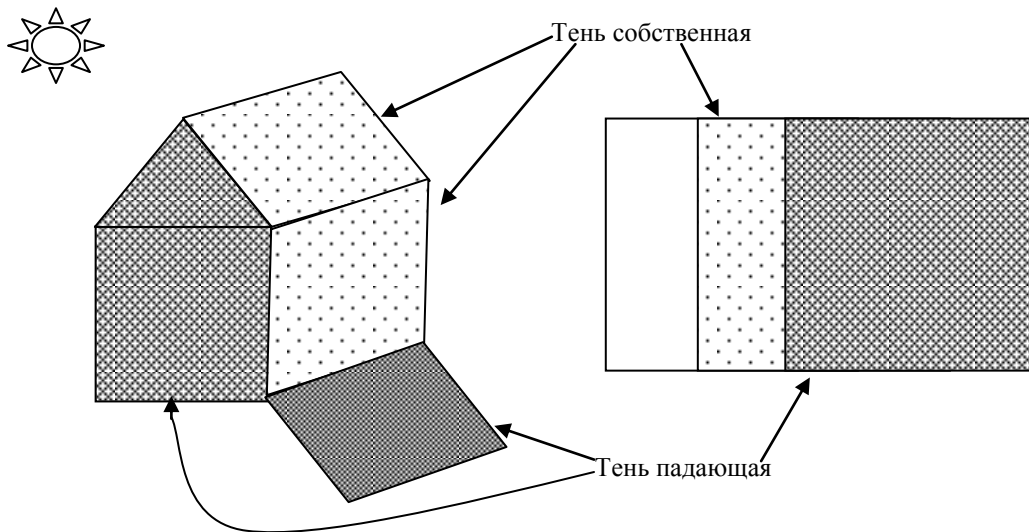


Рис. 13. Тени от объекта и их изображение на аэроснимке.

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

$$h = h' \cdot l / l' \quad (15)$$

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 аэросним-

ков. 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 дру-

гом берегу, позволяют судить о наличии переправы (паром, лодочные перевозки), 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 дрены, почва над ними изображается более светлым тоном, чем на промежуточных между этими дренами 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 тропы (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,

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 ложин.

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 природно-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 признаков этих неизвестных ему ранее объектов. Так, правильное опознавание неизвестных ранее исполнителю промышленных предприятий невозможно без предварительного ознакомления со структурой этих предприятий.

Структура аэрофотоизображения складывается из двух компонентов: формы и тона. Если тон – величина довольно переменная, то форма более устойчива и даже при изменении тона она может служить надежным дешифровочным признаком. Тональная структура на снимке – это, как правило, географическое урочище, ее (тональную) структуру фотоизображения можно классифицировать по геометрическому, оптическому и генетическому принципам.

Геометрическая классификация основана на системе и взаимном положении точек, линий и площадей и может иметь следующие типы структуры:

- точечный;
- линейный;
- площадной;
- комбинированный;
- сетчатый;
- древовидный.

Оптическая классификация основана на выраженности и изменчивости тонов, образующих геометрические формы. По оптическим свойствам природно-территориальные комплексы можно подразделить на однородные бесструктурные (например, физиономически не выраженные степи), размытые с неопределенной структурой (например, расплывчатые увлажненные микропонижения в степи), резкие с четко

выраженной структурой (например, полигональные поверхности), светотеневые переменной структуры (например, лес).

Генетическая классификация строится применительно к природно-территориальным комплексам или их компонентам (например, применительно к болотам, растительности, геологическому строению).

Признаки многих объектов изменяются в зависимости от сезона фотографирования. Например, меняется тон деревьев в зависимости от их фенологического состояния.

Учет географических особенностей района работ дает возможность правильно проводить генерализацию изображения при дешифрировании аэроснимков в процессе создания топографической карты, так как на аэроснимках часто несущественное изображается отчетливо, в это время как важное и существенное не изображается или изображается плохо.

Учет географических особенностей района работ важен не только при отборе, но и при их обобщении, при выборе необходимых сочетаний условных знаков (когда, например, из четырех-пяти различных перемежающихся видов растительности на аэроснимке следует отобразить не более трех, являющихся наиболее типичными для данного района) и при решении других вопросов, имеющих отношение к генерализации изображения.

Знание географических особенностей района работ позволяет при необходимости вводить поправки в изображение тех объектов, которые испытывают сезонные изменения, если фотографирование выполнено не в том сезоне, которому приурочивается их изображение на картах (например, заполненное водой озеро изображается на аэроснимке пересыхающим, если известно, что большую часть лета озеро стоит без воды).

В конечном итоге, без знания географических особенностей района работ невозможно установить косвенные и комплексные дешифровочные признаки, применение которых значительно расширяет возможности камерального дешифрирования аэроснимков.

Часть 2

Физиологические основы дешифрирования

Общие сведения

При комбинированном методе аэрофотографической съемки топографические планы и карты составляются на основе использования свойств одиночных аэроснимков. Само дешифрирование снимков является физиологическим процессом, который связан с работой зрительного анализатора. Вспомним, как устроен глаз человека.

Глаз человека имеет форму шара диаметром около 24 мм. Он состоит из трех оболочек: склеры 1, сосудистой 2 и сетчатки 3 (рис. 14).

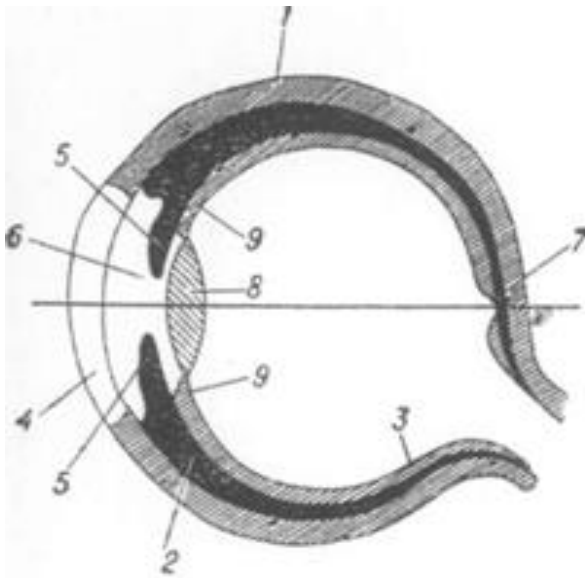


Рис . 14 Строение глаза

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. 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. Читая книгу, газету, журнал, рассматривая фотографическое изображение, или мелкие детали предмета, большинство людей помещают эти предметы от глаза именно на этом расстоянии.

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.

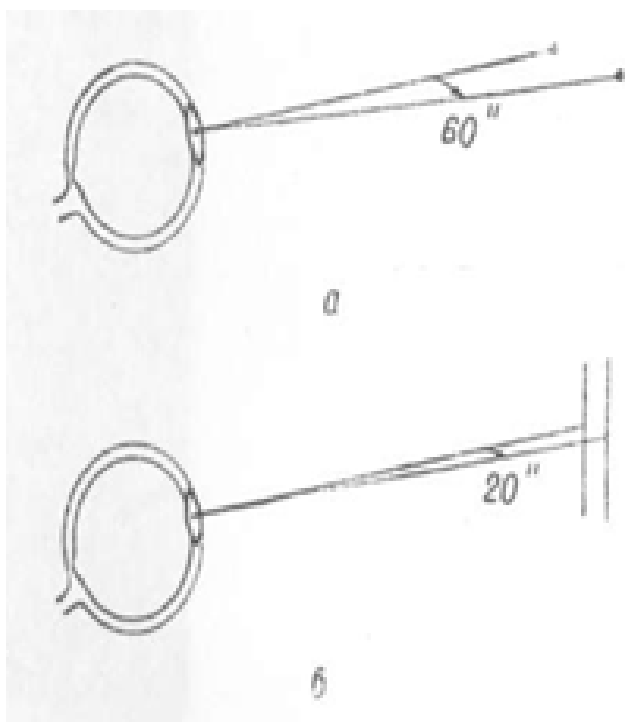


Рис .15 Острота монокулярного зрения

Наименьший угол зрения, под которым глаз видит отдельно две ближайшие точки, называется остротой монокулярного зрения первого рода. Для нормального глаза она (острота) равна $60''$ (рис. 15 а)

Остротой монокулярного зрения второго рода называется минимальный угол зрения под которым глаз отдельно видит две параллельные линии. Этот угол равен $20''$ (рис. 15 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 загороживание удаленных предметов более близкими также дают некоторое представление о расположении предметов в пространстве.

Стереоскопическое рассматривание аэроснимков

Зрение двумя глазами называется бинокулярным. При непосредственном рассматривании предметов бинокулярное зрение позволяет наблюдателю, кроме размеров и 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

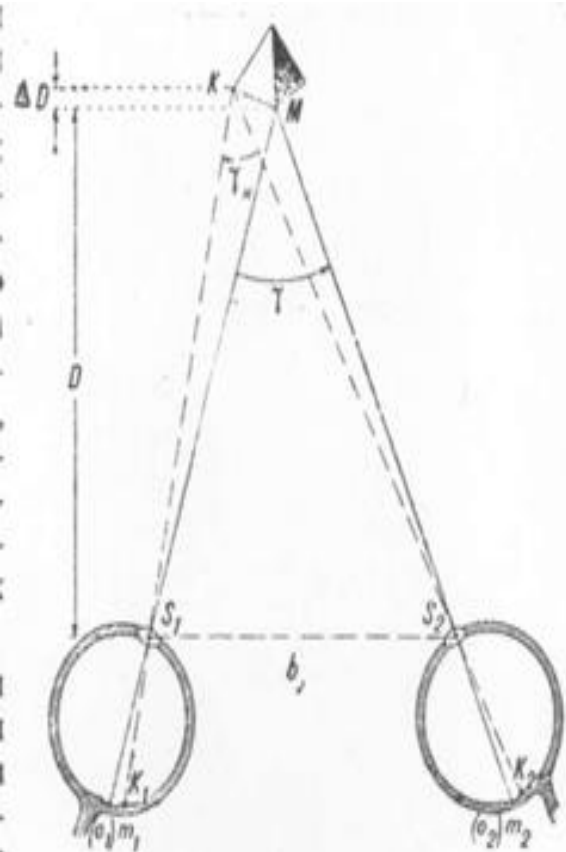


Рис.16 Угол конвергенции и параллактический угол при бинокулярном зрении

рассмотреть. Такая точка предмета называется точкой фиксации.

Предположим, что наблюдатель, у которого центры хрусталиков глаз расположены в точках S_1 и S_2 , рассматривает точки М и К предмета (пирамида) (рис. 16).

Расстояние между центрами хрусталиков глаз называется глазным базисом и обозначается буквой b_r . У разных людей величина глазного базиса различна; она обычно колеблется в пределах от 58 до 72 мм. Фиксируя внимание на точке М 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_1M и S_2M называется углом конвергенции и обозначается буквой γ . Величина угла γ 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° .

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 γ_K . 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 γ (см. рис. 16). Считая треугольник S_1MS_2 равнобедренным, найдем

$$\frac{b_r}{2D} = \tan \frac{\gamma}{2} \quad (16)$$

Для случаев, когда угол γ мал, подходит приближенное равенство

$$D = \frac{b_r}{2\gamma} \quad (17)$$

Исследование показали, что наблюдатель более точно оценивает не расстояние D, а разность этих расстояний ΔD . 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 ΔD ощущается по разности дуг m_1K_1 и m_2K_2 . Эта разность называется физиологическим параллаксом и обозначается буквой σ ,

$$\sigma = m_1K_1 - m_2K_2 \quad (18)$$

Величина физиологического параллакса σ 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 (17), значение $\Delta\gamma_{\min} = 25''$ и $b_r = 65\text{мм}$, получим

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

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.

Попробуем установить, какую разность расстояний ΔD можно ощутить стереоскопически. Продифференцируем формулу (17) по γ , считая величину

b_r постоянной. Получим $\Delta D = -\frac{b_r}{\gamma^2} \Delta\gamma$, если заменим γ^2 на $\frac{b_r^2}{D^2}$, формула

примет следующий вид $\Delta D = -\frac{D^2}{b_r} \Delta\gamma$ (19).

По формуле (19) можно определить минимальную величину ΔD , ощущаемую стереоскопически, если разность $\Delta\gamma$ между параллактическим углом и углом конвергенции приравнять к остроте стереоскопического зрения $\Delta\gamma_{\min}$.

Согласно полученной формулы, можно стереоскопически воспринимать величины меньшие ΔD , при условии увеличения глазного базиса (b_r) или повышения остроты стереоскопического зрения. В оптических приборах, например биноклях, стереотрубах, глазной базис увеличивается с помощью призм и зеркал, а повышение остроты стереоскопического зрения-за счет применения оптических систем с увеличением.

Получение стереоскопического эффекта по аэроснимкам.

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. 17.

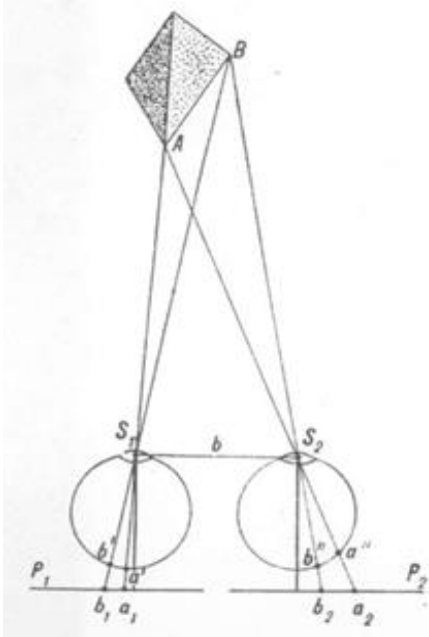


Рис.17 Получение
снимков для
стереоскопического
рассматривания

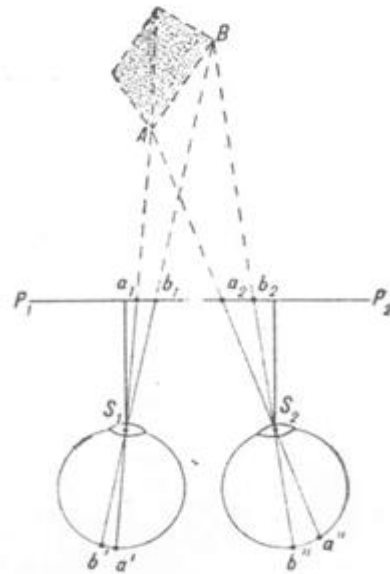


Рис.18 Получение
стереоэффекта при
рассматривании
снимков

Пусть точки А и В, расположены на разных расстояниях от наблюдателя, сфотографированы из точек S_1 и S_2 . В результате этого получены снимки P_1 и P_2 . Поместим эти снимки перед глазами наблюдателя так, чтобы левый снимок рассматривался левым глазом, а правый снимок правым глазом (рис. 18). Тогда зафиксированные на снимке точки a_1, b_1, a_2, b_2 позволят получить на сетчатках глаз наблюдателя изображение точек А и В точно так же, как в том случае, когда наблюдатель рассматривает эти точки непосредственно.

Возникший при этом физиологический параллакс $\sigma_1 = b'a' - b''a''$ создаст ощущение пространственного расположения точек А и В. При этом точка А будет казаться ближе, чем точка В.

Следовательно, по снимкам P_1 и P_2 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 (стереоэффектом), а воспринимаемое при этом мнимое пространственное изображение этих предметов – стереоскопической моделью.

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 связки 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 f_K .

Изменение связки проектирующих лучей ведет к искажению стереоскопической модели местности, вертикальный масштаб которой не равен горизонтальному. Например, если аэроснимки полученные камерой аэрофотоаппарата с $f_K = 100\text{мм}$, рассматривать на расстоянии наилучшего зрения (250 мм), то стереоскопическая модель окажется вытянутой вверх в 2,5 раза (рис. 19)

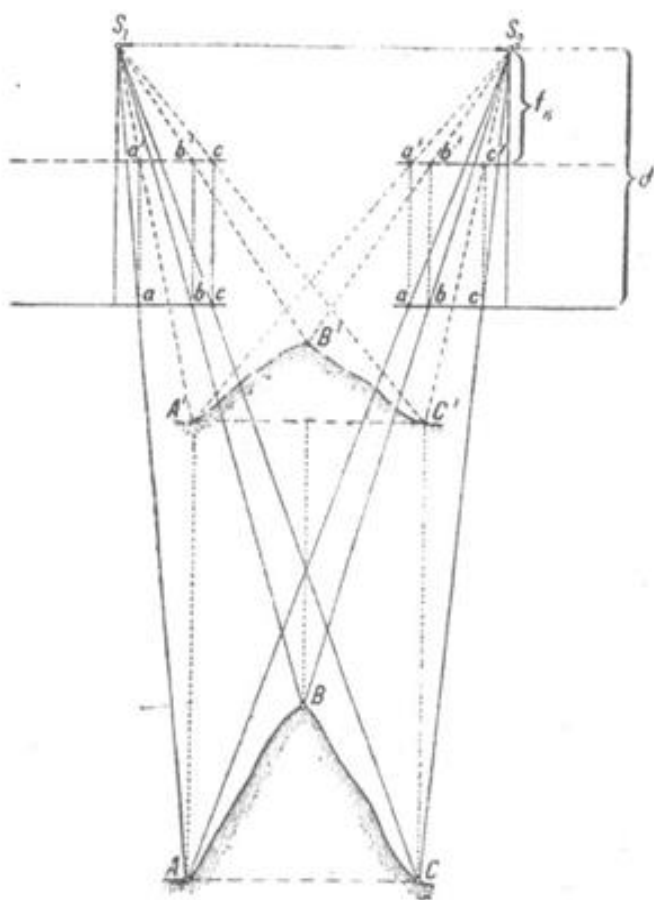


Рис.19 Изменение характера стереоскопической модели

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.

Стереоскопический эффект бывает прямой, обратный и нулевой.

Прямым называется такой стереоэффект, при котором видимая по аэроснимкам стереоскопическая модель местности аналогична той, которая имеется в действительности, т.е. хребты кажутся хребтами, лощины – лощинами. Для получения прямого стереоэффекта аэроснимки располагают так, чтобы наблюдатель левым глазом видел левый аэроснимок, а правым глазом – правый аэроснимок (рис. 20). При этом перекрывающиеся части аэроснимков обращены друг к другу. Прямой стереоэффект применяют для рассматривания на аэроснимках форм рельефа для проведения горизонталей, для дешифрирования подробностей и для измерений.

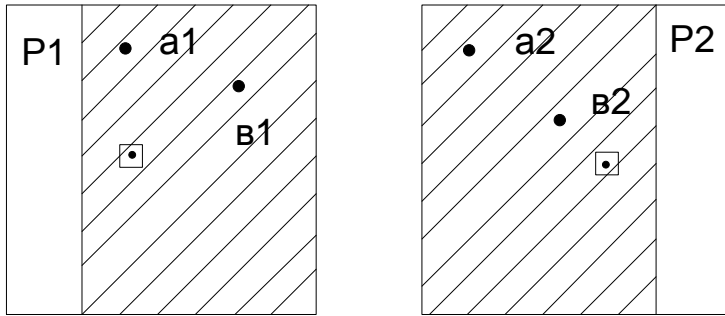


Рис. 20 Расположение аэроснимков для получения прямого стереоэффекта

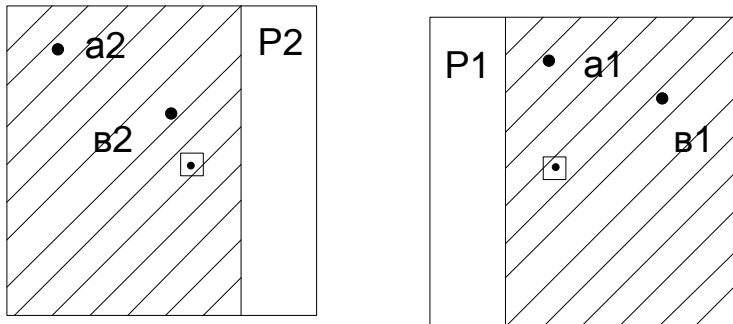


Рис. 21 Расположение аэроснимков для получения обратного стереоэффекта



Перекрывающиеся части

Обратным называется такой стереоэффект, при котором видимая по аэроснимкам стереоскопическая модель местности обратна той, которая имеется в действительности (хребты кажутся лощинами и наоборот). Для получения обратного стереоэффекта необходимо аэроснимки повернуть на 180° или поменять местами. В этом случае перекрывающиеся части аэроснимков будут расположены в разные стороны (рис. 21). При обратном стереоэффекте удобно производить измерения для определения глубин оврагов, ям и т.п.

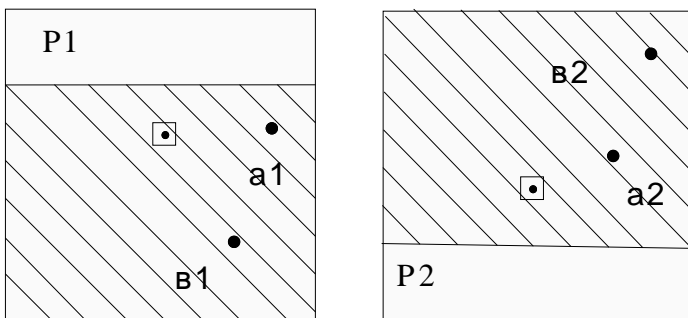


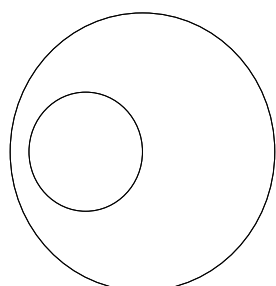
Рис. 22 Расположения аэроснимков для получения нулевого стереоэффекта

Если при рассмотрении аэроснимков их повернуть на 90° и расположить так как показано на рис. 22, то параллактические углы для всех чек будут равными и все объекты будут казаться расположенными в одной

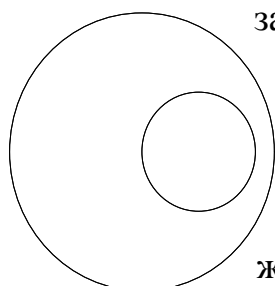
плоскости. Такой стереоэффект называется нулевым, он используется для проведения на аэроснимках направлений на главные точки смежных аэроснимков и для оценки точности выравнивания аэропленки в аэрофотоаппарате.

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

Получить стереоэффект, рассматривая аэроснимки невооруженными глазами,



соответ-
аэро-



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 – снимков. В самом деле, для стереоскопического

рассматривания аэроснимки раздвигаются и

располагаются на расстоянии наилучшего зрения (250 мм). Чтобы увидеть изображение аэроснимков резко, глаза надо ак-

комодировать (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 рас-

сматривание аэроснимков невооруженными глазами. Для устранения несоответствия между аккомодацией и углом конвергенции и облегчения стереоскопического рассматривания аэроснимков применяют стереоскопы.

Рис . 23 Фигуры для получения стереоэффекта невооруженным глазом

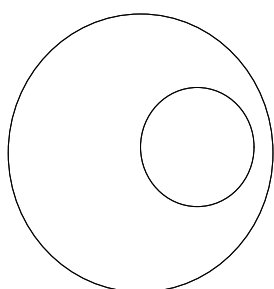
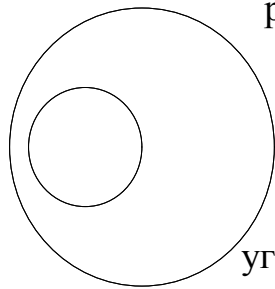


Рис . 23 Фигуры для получения стереоэффекта невооруженным глазом



тель-

сматривание 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. 23. 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.

Эффективность зрительного ощущения.

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 δ определяется контрастом изображения, который различает глаз, т.е. разностью оптических плоскостей D_0, D_ϕ фотографического изображения объекта и фона, соответственно $\delta = D_0 - D_\phi$ (20).

Опытным путем установлено, что порог контрастной чувствительности (δ_0) для любых размеров изображаемых объектов равен 0,06.

Для размытого изображения порог контрастной чувствительности (δ_p) снижается и определяется согласно формулы $\delta_p = \delta_0(1 + K^3 \delta l^3)$ (21), где K - коэффициент, зависящий от вида пограничной кривой, отражающей разность оптических плотностей между соседними объектами; δl - ширина полосы размытости изображения, при пограничной кривой, близкой к прямой, $K=8,4^{-3}$. Так как с уменьшением масштаба снимка уменьшается величина δl , 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 δ_c - 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 $\delta_c = \rho'' b h_{\min} / H^2$, (22), 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 режью 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 приделов 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 после-образов, 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 принадлежностной 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 δl 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 изображения 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

$$\nu_{opt} = 0,15 \text{ мм} / \delta l \quad (23)$$

где δl - ширина полосы размытости границ рассматриваемого объекта.

Приборы для топографического дешифрирования

Применения для топографического дешифрирования камеральных (стационарных) и полевых приборов, позволяющих рассматривать аэроснимки с увеличением и стереоскопически, а также с измерением распознаваемых объектов, является обязательным условием выполнения работ.

Дешифрирование с увеличением необходимо для более полного извлечения из аэроснимка топографической информации, поскольку его разрешающая способность выше, чем невооруженного человеческого глаза. Практика показывает, что для общего обзора дешифрируемой по аэрофотосъемочным материалам площади достаточно 2-2,5-кратное увеличение. Для детального изучения различных по величине объектов нужны различные степени увеличения.

Стереоскопическое изучение аэроснимков в процессе их дешифрирования повышает эффективность работы благодаря тому, что, во-первых, разрешающая способность объемного изображения выше чем плоского, во-вторых, для определения объекта важно оценить его форму, относительную высоту и приуроченность к другим объектам.

Для камерального топографического дешифрирования могут применяться универсальные приборы: стереографы СД-3, СЦ-1; стереопроектор СПР-2. Специально для дешифрирования предназначен стационарный прибор – интерпретоскоп, применяются универсальный топографический проектор УТП-2 и топографический стереометр СТД-2.

При полевом топографическом дешифрировании применяются стереоскопы ЛЗ (линзово-зеркальный), ПС (полевой стереоскоп), СП (стереоскоп-пантограф), стереоскопические очки и набор дешифровочных луп.

Увеличение стереоскопа подсчитывается по формуле:

$$\nu_{omn} = \frac{d}{d_{cm}} \quad (24)$$

$d = 250$ мм – расстояние наилучшего зрения,

d_{cm} – главное расстояние стереоскопа, равное расстоянию от глаза наблюдателя по ходу центрального луча до аэроснимка.

Минимальное превышение, которое оценивается наблюдателем при рассматривании аэроснимков в стереоскоп, определяется по формуле:

$$\delta h = H \frac{d_{cm}}{b} \cdot \Delta \gamma_{\min} \quad (25),$$

где δh – минимальное превышение на местности, которое оценивается наблюдателем,

H – высота фотографирования,

b – базис фотографирования в масштабе аэроснимка,

d_{cm} – главное расстояние стереоскопа,

$\Delta \gamma_{\min}$ – острота стереоскопического зрения.

Для получения стереоэффекта с помощью стереоскопа аэроснимки помещаются под стереоскопом так, чтобы их перекрывающиеся части были соответственно в поле зрения левого и правого глаза наблюдателя. Затем, наблюдая аэроснимки в стереоскоп, добиваются получения хорошего стереоэффекта путем перемещения и поворотов аэроснимков в их плоскостях.

Чтобы работа со стереоскопом меньше утомляла глаза наблюдателя, необходимо добиваться такого согласования аккомодации и конвергенции зрительных осей глаза, которое возникает при рассматривании любых предметов на расстоянии наилучшего зрения. Это достигается подбором фокусного расстояния линз и главного расстояния стереоскопа так чтобы мнимые изображения получались на расстоянии наилучшего зрения. Расстояния между аэроснимками устанавливаются так чтобы зрительные оси глаз при направлении их на одноименные точки аэроснимков пересекались на расстоянии наилучшего зрения, а глазной базис и зрительные оси глаз всегда должны лежать в одной плоскости.

Часть 3

Географические основы дешифрирования

Географическое изучение дешифровочных признаков объектов местности.

Объекты местности встречаются совсем не случайно, они образуют закономерные сочетания (совокупности), которые принято называть природно-территориальными комплексами (ПТК). В ходе изучения ПТК устанавливаются и в дальнейшем используются в практической работе, свойственные данному сочетанию объектов, косвенные и комплексные дешифровочные признаки. Для правильного дешифрирования аэроснимков необходимо знать географические особенности природно-территориальных комплексов. Информация об этих особенностях берется из литературных, картографических, архивных, аэросъемочных источников, а также результатов выполнения рекогносцировочных и полевых работ. По результатам изучения особенностей ПТК выполняется районирование территории, устанавливаются и уточняются дешифровочные признаки применительно к выявленным районам.

Современная география развивается в двух направлениях. Первое – это изучение строения и жизни нашей планеты в целом, и второе направление – изучение отдельных частей земной поверхности. Разница между этими направлениями определяется главным образом размерами территории. Главнейшими задачами географии являются:

- 1) Выяснение причин распределения предметов и явлений по земной поверхности;
- 2) Выяснение причин изменения предметов и явлений земной поверхности во времени;
- 3) комплексность изучения предметов и явлений и их взаимная зависимость;
- 4) роль человека в строении и жизни земной поверхности.

Первая задача связана с вопросами размещения предметов и явлений по земной поверхности и причинами этого размещения. На Земле существуют различные пояса климатов, почв и растительности. Главнейшая причина этого – шарообразность Земли, обуславливающая неравномерное (поясное) распределение лучистой солнечной энергии на земной поверхности. Вращение Земли, своеобразное распределение суши и моря и рельефа создают многообразие климатов, почв и растительности.

изменения предметов и явлений земной поверхности во времени, подтверждается историей развития Земли (пример – оледенение, следствием которого явились многочисленные озерные котловины, холмы, валуны). Непрерывная изменчивость предметов и явлений земной поверхности – неоспоримый факт.

Так же известно, что предметы и явления земной поверхности не изолированы, а находятся в теснейшей зависимости друг с другом, и их нельзя рассматривать по отдельности, они составляют одно целое.

Среди различных факторов, оказывающих свое влияние на характер и жизнь земной поверхности, особое место занимает человек со всей своей многообразной деятельностью. Человек воздействует на природу сознательно и активно а степень и характер этого воздействия зависит от развития человеческого общества.

В качестве основной единицы природно-территориальных комплексов (ПТК) принято считать географический ландшафт. Под этим понятием понимается однородная по своему происхождению и истории развития территория, обладающая единым геологическим фундаментом, однотипным рельефом, общими климатическими условиями, единообразными сочетаниями гидротермических условий, почв, растительных и животных сообществ. Перечисленные выше характеристики территорий называются компонентами ландшафта.

При сравнении ландшафтов наиболее резкие различия обнаруживаются именно во внешнем физиономическом облике каждого ландшафта. При этом выделяются две основные морфологические (внешне-физиономические) единицы ландшафта: фация и урочище.

Самым простым природно-территориальным комплексом в пределах которого обнаруживается однородность таких природных условий как, - микроклимат, горные породы, формы рельефа, почвенная разность и растительное сообщество, - является фация.

Тесно связанные друг с другом фации образуют более сложный природно-территориальный комплекс, называемый урочищем. Примером этого может служить задернованный овраг, пойма реки, плоское междуречье, заболоченная котловина. На аэроснимках урочища уверенно распознаются по характерной физиономической структуре. Многие урочища имеют столь отчетливую и характерную для них морфологическую структуру, что только по этому признаку хорошо распознаются на аэроснимках.

Обычно оптические исследования ландшафтов начинают с изучения фаций. Составные части фаций, которые различаются между собой более чем на 10% (по свойствам почвы, растительности и других компонентов ландшафта) в том числе и по оптическим характеристикам, не превышающие в поперечнике 25см (предел разрешения деталей местности на крупномасштабных снимках), называют фрагментариями.

В качестве иллюстрации необходимости знания географических особенностей природно-территориальных комплексов, причин и закономерностей распределения некоторых предметов и явлений по земной поверхности, рассмотрим как они влияют на физиономический облик земной поверхности.

Шарообразность формы земной поверхности приводит к тому, что лучистая энергия Солнца распределяется неравномерно. Так, в дни весеннего равноденствия (21 марта и 23 сентября) только на экваторе в полдень угол падения лучей будет 90° (рис. 24), а по мере приближения к полюсам он будет уменьшаться от 90° до 0° . Таким образом, если на экваторе силу полуденной радиации принять за 1, то на 60-ой параллели она равняется 0,5, а на полюсе будет равна 0.

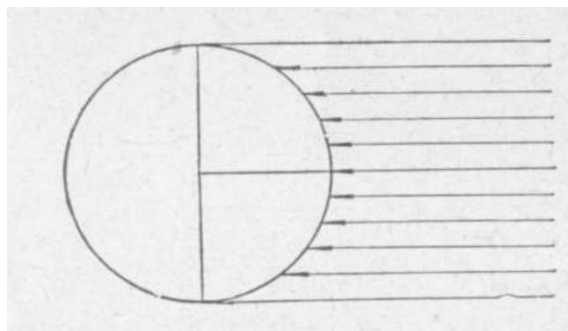


Рис. 24 Изменение угла падения солнечных лучей в зависимости от широты

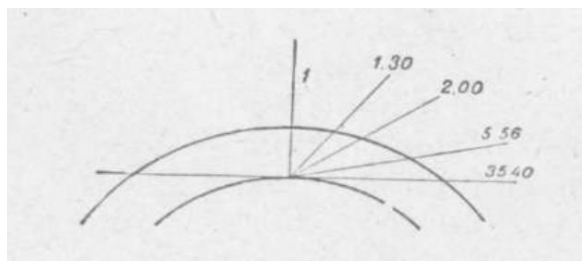


Рис. 25 Длина пути лучей через атмосферу при различных углах падения

При всяком другом расположении Земли, картина распределения радиации будет значительно сложнее. Благодаря наклону оси Земли к плоскости орбиты на $66^\circ 30'$, между плоскостью экватора и плоскостью орбиты образуется угол в $23^\circ 30'$. Это приводит к тому, что углы падения солнечных лучей для одних и тех же широт будут меняться в пределах 47° ($23^\circ 30' + 23^\circ 30'$), что легко видно по приложенному чертежу (рис. 25).

В зависимости от времени года меняется не только угол падения лучей, но также и продолжительность освещения.

Солнечные лучи, проходя через атмосферу, прежде всего, испытывают рассеивания (диффузию). Рассеивание обусловлено тем, что лучи света, преломляясь и отражаясь от молекул воздуха и частичек твердых и жидких тел, находящихся в воздухе, отклоняются от прямого пути и действительно «рассеиваются». Из общего количества солнечной энергии, приходящей к Земле, атмосфера поглощает всего около 15%.

Ослабление солнечной радиации путем рассеивания и поглощения атмосферной для различных широт Земли очень различно. Это различие обуславливается прежде всего углом падения лучей. При зенитном положении Солнца лучи, падая вертикально, пересекают атмосферу кратчайшим путем. С уменьшением

угла падения путь лучей удлиняется и ослабление солнечной радиации становится более значительным. Последнее хорошо видно по чертежу(рис. 25) и приложенной таблице.

Табл.А

Угол падения лучей	90°	50°	30°	10°	0°
Длина путей лучей через атмосферу	1	1.30	2.0	5.56	35.4
Степень ослабление радиации	25%	31%	44%	80%	100%

Все это в конечном итоге оказывает влияние на распространение животных и растительных сообществ (ареал распространения), степень их развития.

Поверхность суши не однородна. В одних местах обширные просторы степей, лугов и пашен, в других – леса, болота, в третьих – почти лишенные растительного покрова пустыни. Понятно, что условия нагревания земной поверхности в каждом из приведенных нами случаев далеко неодинаковы.

Климат – слово греческое. По-русски оно значит «наклонение». Древние греки полагали что климат каждой местности зависит исключительно от ее географической широты или, другими словами, от высоты Солнца над горизонтом и продолжительности освещения.

Климат играет исключительную роль в жизни земной поверхности. Под его влиянием формируется почвенный покров, растительность. Климат в значительной мере влияет на животный мир, на человека и его хозяйственную деятельность. Короче говоря, климат влияет на все процессы жизни земной поверхности, и интенсивность этих процессов полностью зависит от прихода солнечной энергии и количества влаги, участвующей в этом процессе. Так например, на северном склоне даже самого небольшого холма температура воздуха может быть другая по сравнению с южным склоном того же самого холма. Точно так же в оврагах, низинах, на вершинах холмов. Различия в температуре, влажности, ветрах можно наблюдать также в городе и пригороде, возвышенной и пониженной части города. Совокупность климатических условий очень мелких районов или отдельных частей небольшого района принято называть микроклиматом.

На первый взгляд, кажется, что подземные воды не участвуют в формировании облика земной поверхности. На самом деле под их воздействием сползают берега рек, склоны. Следы оползней можно наблюдать почти на каждой реке, где имеются высокие берега, особенно если они сложены глинами. Склоны таких берегов обыкновенно бывают неровными, ступенчатыми и как бы изрытыми углублениями различной величины и формы. В углублениях нередко можно наблюдать ключи, болота и даже небольшие озера.

Главнейшей причиной оползней чаще всего являются грунтовые воды. Если пласты пород, слагающие высокие берега или склоны, имеют некоторый уклон, то грунтовые воды будут течь в сторону склона. При большом количестве грунтовых вод (особенно в дождливые годы) и при наличии водоупорных пластов, сложенных глинами, вышележащие пласты могут отрываться и скользить вниз по гладкой, обильно смоченной поверхности пласта глины (рис. 26).

Многочисленные воронкообразные углубления, естественные колодцы и шахты, вытянутые, но замкнутые со всех сторон понижения различной величины создают настолько характер-

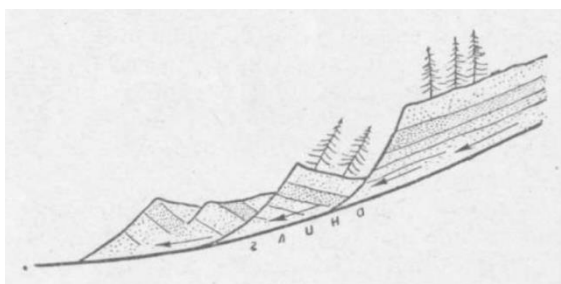


Рис. 26 Оползни при наклоне водоупорных пластов и обилии грунтовых вод

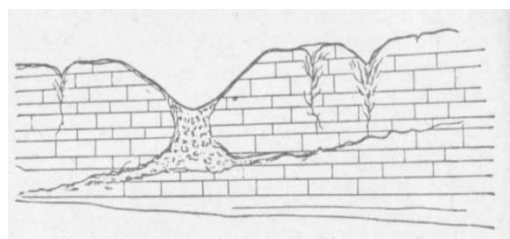


Рис. 27 Вертикальный разрез в участке карстовой области

ный вид рельефа местности, что его трудно спутать с другими. Отсутствие поверхностных вод и глубокое залегание подземных вод сказывается на формах поверхности, на слабом развитии растительного покрова. Области подобного рода носят названия карстовых (рис. 27).

На поверхности суши находится много самых различных водных потоков, которые в зависимости от их величины и характера называют реками, речками или ручьями. Скорость течения реки находится в прямой зависимости от уклона русла. Скорость течения у берегов значительно меньше, нежели на середине. В каждой реке выделяются три основные участки: верхний, средний, нижний. Текучая вода создает эрозию, т.е. разрушает и размывает русло реки. Чем круче склон, тем быстрее поток и быстрее он врезается в русло. В результате работы потока, мы будем наблюдать образование рытвин и оврагов, такой процесс называется эрозией. Эрозия может быть глубинной и боковой.

Боковую эрозию хорошо можно наблюдать у вогнутых берегов речной извилины. Крутые, подмываемые рекой, берега образуют так называемые «яры», не только в пределах средних, но и нижних участков рек. Причины усиленного подмывания вогнутых берегов речных извилин очень понятны. На поворотах стрежень реки, согласно законам инерции и центробежных сил, смещается в сторону вогнутых берегов, что и приводит к большому разрушению этих берегов (см.рис. 28). Перемещение «стрежня», ускоряет подмывание вогнутого берега, способствует накоплению отложений у выпуклого, постепенно увеличивает изгиб реки. Извилины реки под влиянием боковой эрозии непрерывно меняются. Они разрастаются в стороны, образуют петли, прорываются рекой. Излучины, оставшийся в стороне от оси прорыва, сначала образуют глубоко вдающиеся заливы (затоны), которые потом отделяются от реки наносами песка и превращаются в озера-старицы (см. рис. 29). В результате река блуждает по равнине иногда в очень больших пределах.

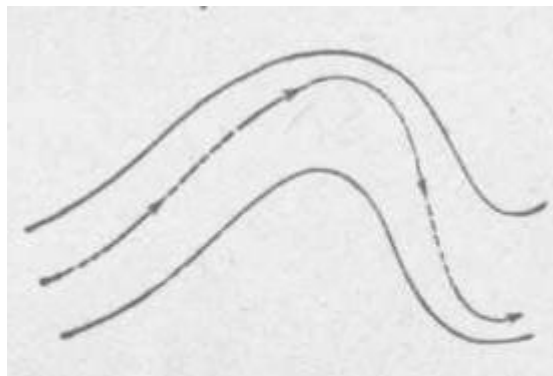


Рис. 28 Положение "стержня" при изгибе русла реки

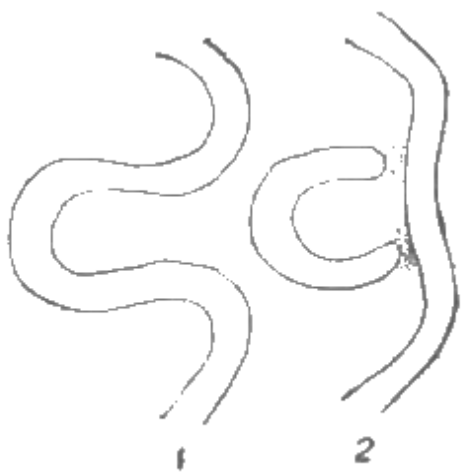


Рис. 29 Образование "старицы"

Мели, косы и острова обычно сопровождают русло среднего и нижнего течения рек. Чаще всего они возникают при устьях притоков, впадающих в реку. Впадение приводит к быстрому уменьшению скорости, а следовательно, и к быстрому уменьшению скорости, а следовательно, и к быстрому осаждению рыхлых материалов. Накапливающиеся отложения мало помалу отстраняют главную реку. В результате и создается извилина, что ведет за собой образование новых мелей, кос и островов. Все эти образования отличаются непостоянством. Каждый островок, каждая коса и каждая мель постепенно перемещается вниз по течению. Перемещение происходит путем размывания передней части и отложением наносов в задней.

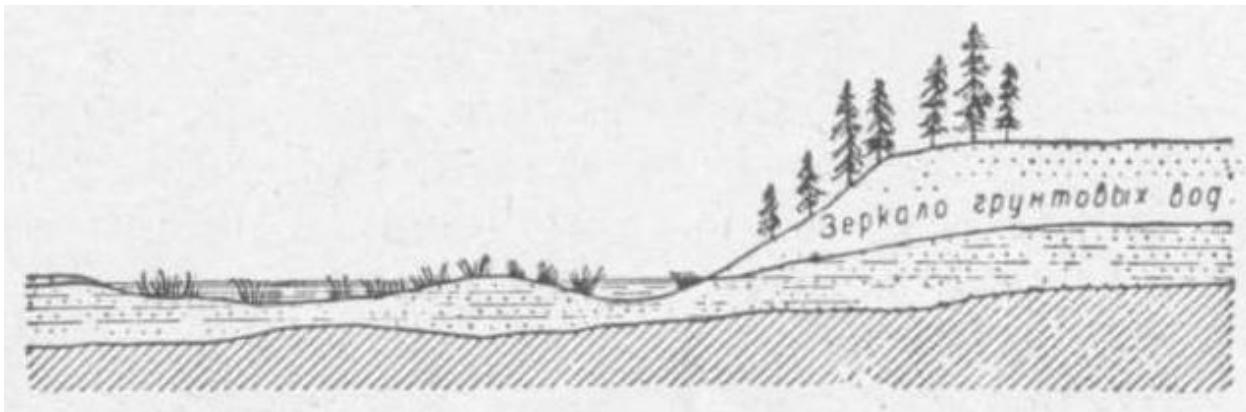


Рис. 30 Низинные болота

Участки земной поверхности, избыточно увлажненные пресной или соленой водой, называются болотами. Вода болот может частично покрывать почву, но может и просто только пропитывать почву. По условиям водного питания болота делятся на низинные и верховые. Низинные приурочены к понижениям, которые постоянно или временно (периодически) заполняются водой. Чаще всего это или умершие озера, или понижения, затопляемые речной, озерной или грунтовой водой (см. рис. 30). Верховые болота отличаются тем, что они всегда располагаются выше горизонта грунтовых вод и питаются преимущественно атмосферными осадками (см. рис. 31). В зависимости от характера растительности болота делятся на травяные, моховые и смешанные.



Рис. 31 Верховые болота (торфяники)

К травяным болотам относятся те, которые зарастают осокой, тростником. Чаще всего они бывают низинными. Моховые болота, наоборот, чаще являются верховыми. Мхи, подобно губке, впитывают воду атмосферных осадков, в силу чего они могут возникать на равнинах, водоразделах и даже на склонах. Мхи постепенно подрастают, причем нижние слои мхов, сплошь пропитанные водой, но лишённые света и воздуха отмирают. В результате ежегодного нарастания и отмирания нижних слоев получают мощные торфяные массивы.

Болота, имеющие смешанную растительность (травяную и моховую), чаще всего относятся к болотам переходного типа. Болота, как и озера, не остаются неизменными. Низинные болота, по мере накопления растительных остатков, теряют понижения, превращаются в кочкарники, мокрые луга или участки лесной растительности. Верховые болота тоже эволюционируют, превращаясь в мощные торфяники, поверхность которых высыхает и покрывается лесной растительностью.

Болота встречаются во всех широтах, но наибольшего развития они достигают в лесной зоне и зоне тундр.

Главнейшим фактором, преобразующим равнинную поверхность, являются текущие воды. В результате их работы появляются овраги. Условиями для их возникновения являют-

ся: 1) достаточно крутые склоны; 2) наличие рыхлых, легко размываемых поверхностей (грунтов); 3) климат; 4) отсутствие густого растительного покрова.

Крутизна склонов оврагов максимальна в лёссах и лёссовидных суглинках. Наиболее отлогие – в жирных глинах, особенно благоприятствующих смыву и оползням. В песчаных толщах овраги чаще всего достигают наибольшей глубины и имеют осыпающиеся склоны.

Когда овраг достигает водоупорного слоя, то он становится долиной ручья, образованного выходами грунтовых вод. Так из оврага может возникнуть постоянный ручей или небольшая речка.

Достаточно хорошо известна разрушительная и переносная сила ветра. Воздействие ветра сказывается на земной поверхности главным образом лишь там, где поверхность Земли не покрыта растительностью. Особенно большое влияние ветер оказывает на поверхность, покрытую песками. Открытые пространства песков редко имеют ровную поверхность. Чаще всего нашему взору представляется море холмов и гряд самой различной величины и формы. Эти песчаные холмы и гряды носят общее название дюн. Основная причина образования дюн ветер. Под его влиянием дюны не только растут и меняют свою форму, но также и свое местоположение (см. рис. 32).

Поверхностный слой земной коры, изменившийся под влиянием тепла, влаги, воздуха и деятельности организмов, называются почвой. Почвы состоят преимущественно из рыхлых материалов, среди которых выделяют вещества минеральные и органи-

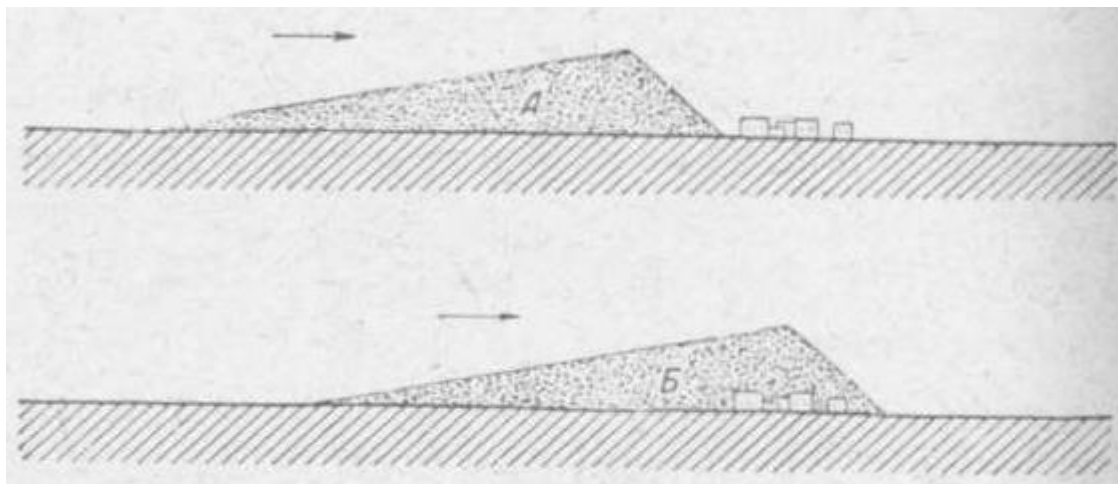


Рис. 32 Передвижение дюн

ческие. Химические соединения продуктов разложения органических остатков с минеральными называются гумусом. Гумус отличается темной окраской, поэтому верхний слой почвы имеет более темную окраску и довольно резко отличается от нижележащих слоев. Сильнее всего влияет на образование почв климат, затем растительность, рельеф, горные породы и т.д.

Растения в природных условиях обычно растут не изолированно, а совместно с другими, образуя определенные сочетания. Эти сочетания чаще всего состоят из растений различных видов, причем для одних и тех же условий сочетания обыкновенно бывают одни и те же. Каждая из таких комбинаций имеет свой определенный внешний вид, свою физиономию. Кроме того, каждое из таких физиономических объединений в свою очередь может распадаться на ряд более мелких распределений. Так, например, леса могут быть хвойные, лиственные, вечнозеленые, тропические и др. В то же время среди хвойных лесов мы выделяем: еловые, сосновые, лиственные и т.п.

Каждое из отмеченных нами объединений обладает достаточным постоянством и неизменно повторяется при сходных условиях окружающей среды. Так, например, на песках растут сосновые леса, на глинах-еловые, на черноземах-дубовые.

Эта определенность состава и повторяемость сочетаний говорят о том, что перед нами не случайное собрание видов растений, а закономерный комплекс растительных представителей, тесно сжившихся между собой. Подобное объединение растительных видов называется фитоценозом. Каждый фитоценоз обычно состоит из сочетаний различных растений. Здесь могут быть деревья, кустарники, травы, мхи, лишайники, жизненные

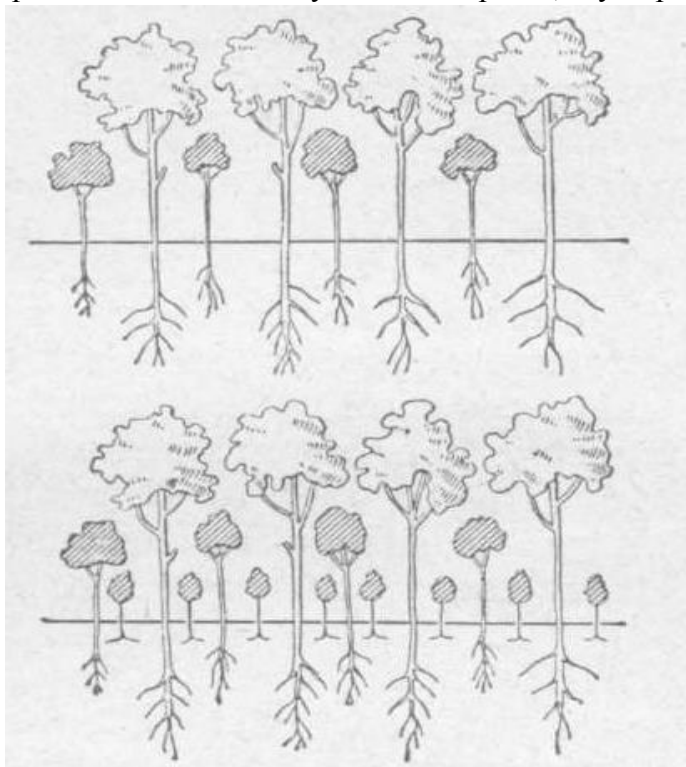


Рис. 33 Схема ярусности лесной растительности

потребности которых различны. Тут прежде всего мы встретим какое-то количество солнечных растений, под тенью которых располагаются теневые растения. В результате возникает ярусность. Хорошим примером ярусного расположения растительности является лес (см. рис. 33) Одни и те же леса могут иметь разное количество ярусов. Так, лес, состоящий из сосны и лишайника, покрывающего почву, является двухъярусным, лес, у которого в первом ярусе сосна, во втором — черника и в третьем мох — трехъярусным; лес, где кроме указанных трех ярусов, имеется еще кустарник — четырехъярусным.

Характерным признаком фитоценоза является его устойчивость. Так например, распаханная степь через несколько лет восстанавливается. Приблизительно так же восстанавливается лес и выжженные травяные заросли. Восстановившийся фитоценоз только в основном может быть сходен с прежним, а в деталях обычно различается. Первыми на выруб-

ках обычно вырастают осина и береза.

Для жизни растений необходимы: воздух, свет, тепло и влага. Из перечисленных условий более-менее везде однороден воздух. Все остальные условия свет, тепло и влага распределяются по поверхности Земли крайне неравномерно и находятся в прямой зависимости от условий климата. Подобно тому как существуют климатические зоны, существуют и растительные зоны. Важную роль в жизни растений играют также почвы и подпочвенные грунты. Правда, почвы сами находятся в зависимости от климата и растительности.

Все отмеченные нами факторы обычно действуют совместно, образуя ту географическую среду, под воздействием которой формируется тот или другой тип растительности.

Основы индикаторного дешифрирования.

В основу данного метода дешифрирования положено изучение и использование комплексных дешифровочных признаков, отражающих структуру урочищ. При этом индикатор – наблюдаемый на аэроснимке признак (растительное сообщество, форма рельефа, отдельный вид растения, морфологическая часть ландшафта и т.д.) характеризует трудно наблюдаемый (невидимый) объект (геологическое строение, литологический состав поверхностных отложений, глубина, минерализации поверхностных вод и т.д.). Объект индикации как правило это трудно наблюдаемый объект, знание которого облегчает понимание и использование индикационных закономерностей.

Внутриландшафтные взаимосвязи и взаимозависимости между физиономическими компонентами местности, например рельефом, растительностью и подземными водами, являются основой распознавания подземных вод по косвенным признакам на аэроснимках. Такая взаимосвязь может быть выявлена только придетальном анализе гидрогеологических закономерностей, условий формирования подземных вод, их динамики и режима, что и является сущностью гидроиндикационных исследований.

Индикационная связь осуществляется с помощью прямых индикаторов, которые имеют непосредственную связь с объектом индикации и косвенных индикаторов, имеющих опосредственную связь. По виду индикации, индикаторы подразделяются на частичные, они представлены одним компонентом ландшафта (рельеф, растительность, гидрография и т.п.) и ландшафтные или комплексные которые представлены совокупностью компонентов ландшафтов, учитывающих пространственные связи между ними на всей исследуемой территории.

Индикаторы по характеру объекта индикации подразделяют на геоиндикаторы, характеризуют геологические условия; литоиндикаторы, характеризуют литологический (механический) состав поверхностных отложений; галоиндикаторы, характеризуют тип и степень засоления почв; гидроиндикаторы, характеризуют подземные воды.

Важным индикатором внутреннего строения ландшафта является рельеф. Особенности рельефа зависят от формировавших его процессов, геологических структур, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова, растительности. Геологическая структура и тектонические движения земной коры выражаются в характере взаимного расположения, густоте и глубине речных долин, в направлении и конфигурации водораздельных возвышенностей.

Рельеф характеризует условия увлажнения, дренажа и накопления минеральных и органических веществ, пути их переноса, влияет на уровень грунтовых вод, на интенсивность склоновых процессов и почвообразование. Освещенность (экспозиции) склонов и их крутизна выражены соответствующей растительностью, связанной с количеством солнечной энергии, мощностью покрова, механическим составом почв. На аэроснимках рельеф представлен характерной морфологической структурой, с помощью стереоприборов можно проследить его глубину, направленность, степень эрозии, задернованность.

Растительность также является важным индикатором внутреннего строения ландшафта. В одинаковых условиях климата и равнинного рельефа на суглинках растут еловые леса, а на песках сосновые. Основными индикаторными признаками растительных сообществ отражающихся на аэроснимках, являются:

- их общий физиономический облик, обусловленный преобладанием, тех или иных жизненных форм (деревья, кустарник, трава и др.), размерами, особенностями строения;
- видовой состав;
- структура – ярусность и характер распределения отдельных видов и экземпляров растений внутри сообщества.

Растительные индикаторы могут надежно использоваться для дешифрирования только при условии глубокого изучения на типичных участках растений и тщательного анализа изображения растительности на аэроснимках.

Гидрография оказывает влияние на внутреннее строение ландшафта ее индикатором является речная сеть. Реки, будучи приурочены к наиболее низким абсолютным отметкам местности, в силу специфики их деятельности, режима и законов движения воды обуславливают протекание на прилегающих к ним участках своеобразных физико-географических процессов, в результате которых здесь формируется 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.

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. В горных районах часто встречаются прямолинейные долины, приспособленные к линиям тектонических нарушений. Они имеют иногда резкие коленчатые изгибы.

Исходя из всего выше изложенного можно сказать, что знания в области гидрографии позволяют более правильно дешифровать геологические элементы.

Дешифровочные эталоны

Дешифровочным (аэрофотографическим) эталоном называется типичное фотоизображение участка местности (земной поверхности), который обследуется и дешифрируется в полевых условиях и с заданной степенью вероятности отражает всю совокупность изображений объектов данной категории на аэроснимках при определенных условиях съемки. Путем сопоставления с эталоном с определенной величиной ошибки может производиться дешифрированием однотипных объектов на аналогичных территориях. Сравнение эталона с дешифрируемым объектом производится методом аналогии, а не тождества.

Аэрофотографические эталоны могут создаваться для топографических и специальных (эталон почв, ландшафтов и т.п.) целей. Эталон, создаваемый в топографических целях, называют аэрофотоснимками-эталонами и дешифровочными определителями. Последние предназначаются исключительно для камерального дешифрирования. С целью полного описания признаков на эталоне в удобных местах даются поясняющие подписи (условные обозначения), таблицы графики и другие справочные материалы об изображенных объектах. При наличии данных о не изобразившихся на эталоне топографических объектах их фотоизображения и другой справочный материал могут прилагаться к аэрофотоснимку эталону. Совокупность таких данных оформляется в виде формуляра.

Эталон 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 сопровождают 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, науке.

Например, эталоны растительности подбираются в п классификации растительных сообществ, т.е. формации, ассоциации и др. Территориальные эталоны характеризуют комбинации объектов по ландшафтам, урочищам, фациям.

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, необходимо прикладывать 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. В легенде эталона приводятся параметры аэрофотосъемки, дается привязка эталона к местности и другие необходимые данные. В некоторых случаях к эталонам прикладываются наземные фотографии типичных объектов местности, зарисовки профилей элементов рельефа, ландшафтные или геоботанические профили и другие материалы.

Эффективность использования аэрофотоснимков-эталонов проявляется в том, что дешифровщик на основе изучения по ним свойств объектов и их фотоизображений в конкретной физико-географической обстановке имеет возможность составить собственное представление о рациональных путях распознавания объектов по аэрофотоснимкам, полученным для картографических целей. Этот фактор, а также использование метода аналогий повышает способность исполнителя (дешифровщика) воспринимать фотоизображения объектов местности, другими словами, усиливает чувствительность и избирательность процесса восприятия. Использование аэрофотоснимков-эталонов повышает достоверность камерального дешифрирования. Наибольшее повышение достоверности камерального

дешифрирования (до 40%) наблюдается для объектов, которые без эталонов распознаются неуверенно. Для объектов местности, распознаваемых, по аэрофотоснимкам достаточно уверенно и без эталонов, повышение вероятности распознавания сравнительно мало (на 5-10%).

Такой эффект от использования аэрофотоснимков – эталонов, согласно исследований Ануфриева О. И., Живичина А.Н., Соколова В.С., эквивалентен повышению разрешающей способности обрабатываемых аэрофотоснимков в 1,5 раза, такому же укрупнению их масштаба или повышению контрастов фотоизображений более чем в 2 раза.

В отличие от большинства специальных аэрофотографических эталонов аэроснимка эталоны топографического дешифрирования создаются, как правило, на базе аэросъемочных материалов, получаемых для целей составления и обновления карт. Применение для этих целей других аэросъемочных материалов, например снимков более крупного масштаба или более высокого фотографического качества, даже нецелесообразно, так как не позволяет в полной мере использовать метод аналогий, а следовательно, снижает производительность труда.

На аэрофотоснимках – эталонах показываются все типы местных объектов и их сочетания, встречающиеся на картографируемой территории и показываемые на карт материале. Это удобно при использовании эталонов. Перечень показываемых типов топографических элементов устанавливается путем системного анализа ландшафта. Для этого целесообразно привлекать географа – ландшафтоведа, геолога и других специалистов знакомых с дешифрированием.

Кроме эталонов для различных видов съемки и обновления создаются дешифровочные определители, с помощью которых по аэроснимкам выполняется камеральное дешифрирование. Создание общего дешифровочного определителя без учета географических особенностей местности и технических условий аэрофотосъемки – задача сложная и трудновыполнимая. Для конкретных географических и технических условий дешифровочные определители могут быть представлены в виде специальных альбомов систематизированных аэроснимков – эталонов и таблиц дешифровочных признаков.

Систематизированные эталоны и сводные таблицы дешифровочных признаков применяются специализированными организациями использующими материалы аэрофотосъемки.

Дешифровочные определители в виде табличных сводок прямых косвенных и комплексных дешифровочных признаков, выявленных по индикаторам внутреннего строения ландшафта, применительно к конкретным географическим районам, периодически публикуются в монографиях и отдельных статьях, посвященных отраслевому дешифрированию.

В состав дешифровочного определителя обычно входит:

- альбом аэроснимков – эталонов географического ландшафта;
- сводные таблицы характеристик дешифровочных признаков эталонируемого участка;
- характеристики общих географических особенностей ландшафта;
- изображение объектов условными знаками на фоне фотографического изображения.

Последние три составные части определителя могут оформляться в виде особых формуляров прикладываемых к альбомам аэроснимков – эталонов.

Корреляционные связи между объектами.

Между внешними и внутренними элементами однотипных природных комплексов существует корреляционная связь, которая определяет устойчивость географических связей и выражается степенью вероятности в процентах. Для определения количественных показателей объектов местности внутренних элементов ландшафта составляет и решают корреляционные уравнения, связывающих известные показатели с определяемые. Рассмотрим возможности использования корреляционных связей для косвенного дешифрирования на отдельных примерах.

Так многие урочища изображаются типичной тональной структурой и, если удастся отождествить урочище на местности с его изображением на аэроснимке, то с большей вероятностью можно определить составляющие его компоненты: производить так называемое таксационное дешифрирование. Под ним понимается определение по изображениям следующих таксационных показателей древостоев выделенных участков – состав и средняя высота стволов, средний диаметр стволов на высоте 1.3м., полнота, запас, возраст, класс бонитета и т.д.

Определение таксационных характеристик древостоев может осуществляться в ходе полевого дешифрирования, посредством анализа фотографического изображения насаждений на аэроснимках путем глазомерной оценки, с помощью измерительных инструментов и использованием взаимосвязей между метрическими показателями древостоев, отразившимися на аэроснимках, и таксационными характеристиками насаждений. Последний метод основывается на объективных закономерностях, присущих лесным сообществам, что позволяет значительно сократить сроки и стоимость полевых работ.

По аэроснимкам получаем информацию о древостое (показатели полога древостоя). Это обусловлено тем, что на аэроснимках изображается не сам древостой, а его верхний полог, образованной кронами деревьев различных пород (это особенность аэроснимка как центральной проекции изображения местности). Достоверность определения показателей полога древостоев с использованием аэроснимков во многом оказывает влияние на точность вычисления таксационных характеристик древостоев в целом.

Таксационные характеристики можно найти путем измерения на стереофотограмметрических приборах диаметров крон и высот древостоев с одновременным определением состава древесных пород и их количества.

В отличие от традиционных методов таксации – натуральных, когда работник видит участок леса на местности и непосредственно тем или иным способом может определить характеристики древостоя, на аэроснимках видно только изображение полога. В образовании поверхности полога принимают участие не все деревья древостоя, а какая-то часть. Не получают изображения деревья, кроны которых перекрыты кронами соседних деревьев, а также те кроны, которые будут закрыты падающими тенями. По данным опотных исследований количество угнетенных деревьев по аэроснимкам колеблется от 40 до 90% (масштаб аэроснимков от 1:5000 до 1:15000). Таким образом полог древостоя представлен не всеми деревьями, а поэтому только в какой-то мере можно характеризовать древостой.

К числу показателей полога древостоя, определяемых с использованием аэроснимков можно отнести:

- поперечники (диаметры) крон деревьев,
- расстояния между деревьями;
- сомкнутость полога;
- породный состав;

- среднюю высоту.

Перечисленные показатели отображают в какой-то степени морфологическое строение древостоя и характеризует ту его часть из которой состоит полог. Эти показатели не являются таксационными, их принято называть дешифровочными.

Между показателями полога и таксационными характеристиками древостоев существует достаточно сильная, обусловленная биологическими природными закономерностями, корреляционная связь. В зависимости от характера сложности дешифрируемого объекта можно использовать парные или множественные корреляционные связи.

Например, зная древесную породу и измерив по аэрофотоснимкам диаметры крон, можно вычислить средний диаметр древостоя. Так же его можно определить, через диаметр крон и высоту деревьев. Когда невозможно выполнить определение высот деревьев посредством стереоизмерений, высоту древостоя вычисляют через диаметр крон. Запас древостоя можно рассчитать через сомкнутость полога, средние высоты, расстояния между деревьями и диаметры крон.

Точность определения таксационных характеристик древостоев при дешифрировании зависит от тесноты связи между этими характеристиками, а так же от точности определения по аэроснимкам таксационных характеристик. Связь может быть очень тесной, но точность определения таксационных характеристик низкой. На это оказывают влияние разные причины, в том числе ошибки заложенные в корреляционные уравнения, отклонения в связях установленных на основании использования опытного материала, недостаточная точность измерения по аэроснимкам таксационных показателей.

Рассмотрим дешифрирование растительно-грунтовых контуров по их вероятностной связи 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 они изображаются на аэроснимках в зависимости от сезона года разными, изменчивыми тонами от белого до темно-серого. Для отделения объектов друг от друга при дешифрировании была изучена их связь с рельефом по крупномасштабным топографическим картам. Результаты оказались следующие.

Такыры всегда расположены в бессточных областях при полном отсутствие линейного стока; болота – в долинах рек или в озерных котлованах. Солончаки встречаются всюду. В долинах и в озерных котловинах солончаки встречаются значительно чаще; они переплетаются с контурами болот и часто переходят друг в друга. Таким образом, по положению относительно понижений, связанных с гидрографией, легко отделить такыры от болот и нельзя отделить солончаки от болот. В областях, лишенных гидрографии, нельзя отделить такыры от солончаков. В данном случае представляет интерес вероятность связи такыров и солончаков с котловинами. Оказалось, что у такыров связь с котловиной очень слабая, а у солончаков, наоборот очень тесная. Таким образом, вероятность приуроченности такыров и солончаков к котловиной может служить достаточно надежным косвенным дешифровочным признаком.

Рассмотрим пример корреляционной связи между крутизной склона и растительностью, микрорельефом и растительностью для тундровых ландшафтов.

С увеличением крутизны склонов улучшаются условия дренажа и ухудшаются условия задержания мелкозема (грунта) и снега, все это отражается на характере растительного покрова. Зависимость растительности от крутизны склонов, выявленная по географическим описанием и по топографической карте, представлена в табл.Б

ТаблицаБ

Характер склона	Примерный угол наклона, градус	Условия дренажа и задерживания мелкозема	Ожидаемый растительный покров
Очень пологий	До 2	Дренаж отсутствует. Мелкозем и снег задерживается	Моховые осоковые болота
Пологий	2-15	Солифлюкционное течение мелкозема, снег задерживается	Все виды тундровой растительности. При малых углах наклона преобладают луг и заболоченная тундра.
Средний	15-25	Солифлюкационное течение мелкозема и слабое передвижение снега	Все виды тундровой растительности в чередовании с каменистой поверхностью и россыпями.
Крутой	25-45	Мелкозем частично задерживается, снег не задерживается	Каменистая поверхность и россыпи с редким разорванным лишайниково-кустарничковым покровом
Очень крутой	Более 45	Мелкозем и снег не задерживается	Отсутствует

Очень часто формы микрорельефа отображаются на аэроснимке настолько четко, что их можно дешифрировать почти безошибочно. В то же время между микро рельефом и растительностью также существует хорошо выраженная взаимосвязь.

Часть 4 Аэрофотосъемочные основы дешифрирования

Общая характеристика

Возможность дешифрирования, полнота и качество его зависят от отчетливости изображения объектов местности на аэрофотоснимках. Отчетливость изображения, в свою очередь, зависит от географических факторов, т. е. от оптических свойств фотографируемого ландшафта, воздушной среды между земной поверхностью и аэрофотоаппаратом, от технических средств, применяемых при аэрофотосъемке и фотолабораторной обработке. Перед тем как установить технические условия аэрофотосъемки, следует изучить оптические свойства ландшафта, зависящие от меняющихся физических свойств атмосферы и от меняющегося состояния земной поверхности.

При наблюдении и фотографировании, все объекты земной поверхности воспринимаются раздельно благодаря их яркостным различиям. Яркости объектов зависят от их освещенности, способности отражать падающее на них излучение и от поглощения отраженного излучения промежуточной средой между наблюдателем (аэрофотоаппаратом) и объектом. На качество фотоизображения оказывают влияние следующие показатели яркостей объектов: коэффициент яркости, он же пограничный яркостный контраст и интервал яркостей, он же относительный фотографический контраст.

Величина яркости оценивается при помощи коэффициента яркости r , который определяется из отношения яркости \mathbf{B} , в рассматриваемом направлении, к яркости белой идеально рассеивающей поверхности \mathbf{B}_0 , при условии одинаковой освещенности

$$r = \frac{B}{B_0} \quad (26)$$

Коэффициент яркости дает суммарную характеристику отраженного света в интервале длин волн видимого (белого) цвета. Оптически нейтральные (серые) объекты имеют одинаковый коэффициент яркости для всех видимых лучей спектра.

У объектов, имеющих окраску, коэффициент яркости будет различным для различных участков спектра цветного тона. Он называется спектральным коэффициентом яркости (СКЯ) r_2 .

Возможность выявления объектов земной поверхности определяется также и яркостными различиями, которые оцениваются величиной яркостного (пограничного) контраста \mathbf{K} , равной отношению разностей яркостей (коэффициентов яркостей) смежных объектов к большей из них

$$K = \frac{B_1 - B_2}{B_1} = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \quad (27)$$

Для выбора условий аэрофотосъемки необходимо знать интервал яркостей (относительный фотографический контраст), под которым подразумевается отношение наибольшей яркости объектов снимаемой местности к наименьшей (или соответствующих коэффициентов яркостей), т. е.

$$U = \frac{B_{\max}}{B_{\min}} = \frac{r_{\max}}{r_{\min}} \quad (28)$$

Логарифм отношения этих же величин называется фотографическим контрастом.

Оптическая характеристика объектов земной поверхности подвержена существенным изменениям во времени, причинами которых являются:

- изменение состояния поверхности;
- изменение освещенности поверхности;
- изменение состояния промежуточной среды.

Влияние состояния поверхности на изменение ее оптических свойств зависит от характера почвенного и растительного покрова и участков обнаженных горных пород.

В свою очередь яркость объектов земной поверхности зависит от их фактуры, которая влияет на изменение яркости в зависимости от направления ее изменения. Это измене-

ние яркости можно представить в виде полярных диаграмм, называемых индикатриссами отражения. По виду индикатриссы отражения выделяют три типа поверхностей.

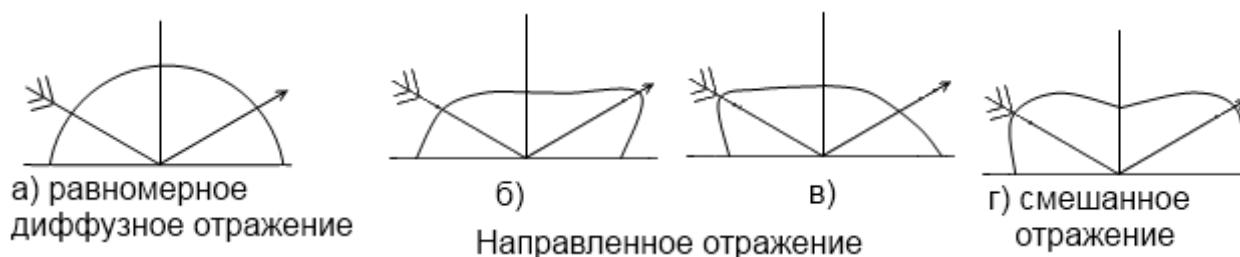


Рис. 34 основные виды индикатрис отражения

К первому типу относятся слабошероховатые или ортотропные поверхности. Элементы поверхности ориентированы по разному и яркость во всех направлениях у них одинакова. Поверхность матовая, свет имеет равномерное диффузное рассеивание, индикатрисса круговая (см. рис. 34, а). Характерна для не древесной растительности. Вид индикатриссы устойчив, а следовательно, устойчив и фототон. При изменении увлажненности поверхности индикатрисса может превратиться в вытянутую.

Второй тип это гладко-зеркальные поверхности с направленным рассеиванием. Яркость у них усиливается в сторону источника света или в сторону зеркально отраженного луча. По этим направлениям обычно вытянута индикатрисса (см. рис. 34, б, в). Ее вытянутость может изменяться в зависимости от величины угла падения солнечных лучей и поэтому имеет суточный ход. Соответственно будет меняться и фототон. Такими свойствами обладают водная и снежно-ледовая поверхности и обнаженные грунты типа базальт, известняк, солончак.

К третьему типу относятся смешанные поверхности с рассеянно направленным отражением. Большинство элементов поверхности ориентированы одинаково, и яркость меняется в зависимости от угла падения солнечных лучей. Индикатрисса вытянута одновременно в сторону источника света и в сторону отражения (см. рис. 34, г), имеет суточный ход аналогичный гладко-зеркальным поверхностям. К смешанному типу относятся поверхности с заметной высотой их объектов – лес, микрорельеф.

Для каждого элемента ландшафта характерны индикатриссы отражения определенного типа. Форма индикатрисс зависит от фенологического состояния элементов ландшафта и погодных условий. Высота Солнца оказывает большое влияние на изменение спектрального коэффициента яркости. Неравномерность углового распределения отраженного излучения, с уменьшением высоты Солнца, более интенсивно возрастает у объектов с сильно иссеченной или гладкой поверхностью, чем у объектов с среднешероховатой поверхностью.

Яркость объектов ландшафта и их спектральный состав искажаются из-за поглощения и рассеяния излучения атмосферой, а так же наложения на яркость объектов – яркости дымки. В свою очередь уменьшение яркости объектов снижает контраст между ними.

Выбор природных условий аэросъемки применительно к дешифрированию при создании топографических планов.

Выбор условий аэросъемки имеет решающее значение для организации дешифрирования. Только применение аэроснимков с оптимальной для данной территории и данного масштаба топографической информативностью аэрофотоизображения местности дает возможность качественно, в кратчайшие сроки выполнять работы по дешифрированию на должном техническом уровне.

Применение аэроснимков с лучшими информационными свойствами позволяет:

- поднять качество топографических карт и планов;
- повысить эффективность дешифрирования.

Из природных условий аэросъемки с точки зрения дешифрирования наиболее существенны – отражательная способность объектов, атмосферно-оптические факторы, сезон и час дня фотографирования. Рассмотрим все эти факторы последовательно.

Отражательная способность объектов.

Возможность отдельного воспроизведения объектов местности при аэросъемке объясняется оптическими различиями между ними. Они (оптические различия) характеризуются количеством отраженного света, т.е. яркостным контрастом, и его качественной характеристикой – цветовым контрастом, т.е. различным спектральным составом. Знания закономерностей отражения света топографическими объектами местности, необходимы для определения спектральной зоны (нескольких зон), воздушное фотографирование в которых обеспечивает наибольшее разделение данных объектов или их выделение на окружающем фоне. Наибольшие различия в спектральном составе отраженного света будут между такими топографическими объектами как грунты, растительность и вода, строения и сооружения. Так для грунтов свойственно постепенное усиление отражения в направлении длинноволновой части спектра с наибольшей детализацией в красной зоне. Для растительности будут характерны два разных подъема в зеленой и ближайшей инфракрасной зоне, причем интенсивность (ход) спектрального отражения изменяется в зависимости от типа и фенологического состояния растительности. Так наибольший контраст между лиственными и хвойными древостоями наблюдается весной в диапазоне волн 510 – 560 мкм, летом 710 – 780 мкм, осенью 570 – 700 мкм. Вода, строения и сооружения обладают сравнительным постоянством отражения разных длин волн спектра.

Обеспечить относительно высокую дешифрируемость одновременно всех топографических объектов можно путем:

- сочетания цветной и спектральной аэросъемки;
- применением при обработке аэроснимков электронных и других способов фильтрации аэрофотоизображения с последующим утрированным выделением различных групп объектов;
- сопоставлением аэроснимков нового и предшествующего залета с получением результирующего аэрофотоизображения;
- использования материалов многозональной, тепловой, радиолокационной и других видов аэросъемки в качестве дополнительных источников информации для обогащения содержания специализированных топографических планов и уменьшения объема полевого дешифрирования прежде всего в заселенных и сильно пересеченных районах;
- привлечения при работах по дешифрированию средств автоматизации для сопоставления закодированных в цифровом выражении дешифровочных признаков данного и эталонного изображения тех топографических объектов, для которых это будет возможным и рациональным.

Атмосферно-оптические факторы.

На формирование дешифровочных свойств аэроснимков оказывают воздействие следующие атмосферно-оптические факторы аэросъемки:

- освещенность местности (зависящая от высоты солнца и состояния атмосферы);
- интервал яркостей ландшафтов;
- воздушная дымка.

Для топографических целей аэрофото-графирование целесообразно выполнять, когда Солнце поднялось над горизонтом больше, чем на 15^0 . Освещенность при этом уже приемлема для съемки существующей аппаратурой на современных аэропленках, спектральный состав света мало меняется, а тени не являются непреодолимым препятствием к распознаванию аэрофотоизображений местности.

Для увеличения эффективности дешифрирования некоторых территорий целесообразно выполнять воздушное фотографирование при заданной высоте Солнца. На залесенных участках с особо ценными насаждениями, аэросъемку рекомендуется выполнять когда длина отбрасываемых теней примерно равна высоте полого, это позволяет получать теневое изображение крон и стволов без искажений, а следовательно и точно определять в камеральных условиях состав и характеристики древостоя. Наоборот, при картографировании безлесных плоскоравнинных участков с микрорельефом, зафиксировать его на аэроснимках можно только в случае проведения аэросъемки при низком стоянии Солнца.

Наличие облачности при выполнении топографической аэросъемки предопределяет снижение контрастов аэрофотоизображения местности и выразительности его структуры, но вместе с тем может и увеличить распознаваемость тех участков, которые затенены в ясную погоду.

Аэрофотосъемка при облачной погоде в некоторых районах весьма целесообразна, особенно когда топографические планы требуются на территории со значительным количеством высоких зданий и сооружений. Поскольку при крупномасштабном аэрофотографировании высота его в ряде случаев не будет превышать 1-1,5 км, для летносъёмочных работ становятся вполне пригодными дни и часы с облачностью не только верхнего, но и среднего ярусов. Это обстоятельство, при условии применения высокочувствительных аэропленок, позволяет вдвое расширить возможности аэросъемки относительно погодных условий.

Если по технологической схеме изготовления планов на сплошь застроенных территориях должны быть осуществлены разновременные аэросъемки, то одну из них следует проводить именно в облачность для получения бестеневого изображения, а другую – в ясную погоду, чтобы облегчить дешифрирование объектов, лучше распознающихся при передаче на аэроснимках их собственных и падающих теней.

Интервал яркостей ландшафтов неодинаков для разных волн спектра и зависит от состояния земной поверхности. При использовании для аэросъемки длинноволновой части фотографического диапазона этот интервал расширяется.

При учете сезонных и эпизодических изменений в облике местности следует прежде всего иметь в виду, что одна и та же поверхность в увлажненном состоянии обладает в двое меньшей яркостью, чем в сухом, поэтому на аэроснимках возможно снижение оптических контрастов природных образований.

Воздействие воздушной дымки на аэросъемку выражается, главным образом, в сокращении интервала яркостей ландшафтов, а следовательно, и возможностей четкого раздельного воспроизведения на аэроснимках топографических объектов, особенно темных. Для нейтрализации этого явления летносъёмочные работы должны выполняться, когда дымка визуально не воспринимается, а горизонтальная метеорологическая дальность видимости не менее 10 км.

Воздушная дымка сильнее всего сказывается в коротковолновой части спектра, в связи с чем на аэрофотоаппаратах устанавливаются светофильтры, отсекающие соответствующие лучи.

Сезон аэросъемки.

Выбор сезона аэросъемки, т. е. наиболее благоприятных применительно к требованиям дешифрирования месяцев теплого полугодия, должен осуществляться исходя из изменений в растительном покрове, состояния открытых грунтов, снеговой линии в горах и уровня воды в реках и водоемах. При правильном учете сезонных преобразований в облике ландшафтов на аэроснимках воспроизводятся и такие детали, нанесение которых на план при проведении аэросъемки в другое время потребовало бы в процессе дешифрирования дополнительных работ на местности.

Для застроенных территорий с большим количеством древесно-кустарниковых насаждений на улицах и внутри кварталов требования дешифрирования к аэросъемке носят двойной характер. С одной стороны, для воспроизведения на аэроснимках контуров зданий и сооружений, а так же для передачи малых объектов, аэрофотографирование необходимо проводить при отсутствии листвы, т. е. ранней весной или поздней осенью. С другой стороны, для полного показа на топографических планах общего озеленения территории, а так же состава насаждений, залет следует выполнять в середине лета.

Если технологией топографических работ двукратная аэросъемка не предусматривается, то ее необходимо выполнять в промежутки времени между начальном распускания листьев и до их полного развития у основных древесно-кустарниковых пород. Аэросъемку малоозелененных населенных пунктов можно производить в любой месяц теплого полугодия.

Для распаханых земель, занятых полевыми культурами, не являющимися объектами топографического дешифрирования, время аэросъемки определяется требованиями привязки аэроснимков и стереоскопической рисовки рельефа. Наиболее подходящим будет период, когда посевы ещё не взошли или имеют наибольшую высоту, т. е. весной и в начале лета, а так же сразу после уборки урожая, т. е. ранней осенью.

Для участков с техническими культурами черно-белая и цветная натуральная аэросъемка предпочтительней в конце лета – начале осени, при максимальном различии в облике участков. Спектрональная аэросъемка обеспечивает такой же эффект в течение всего съемочного периода.

В степных и пустынных районах лучшим временем аэрофотографирования является начало лета и осень. Данные периоды характерны отчетливостью различий в изображении луговой и степной травянистой растительности.

Выбор сезона аэросъемки для лесных районов предопределяется характером древостоя, типом применяемой аэропленки и принятой технологией производства топографических работ. Смешанные леса для дешифрирования лучше снимать при наибольшем различии в облике крон (не менее полумесяца после появления листвы и не более полумесяца после пожелтения), а для обеспечения стереофотограмметрических измерений земной поверхности – когда деревья вообще без листвы. Неполное развитие крон у лиственных деревьев позволит разграничивать их с кронами хвойных деревьев по структуре аэрофотоизображения, или по более светлому фототону, чем у хвойных пород для позднего лета и начала осени.

Для лесов средней густоты (расстояние между стволами деревьев 6-9 м) достаточно одной летней спектрональной аэросъемки.

Аэросъемку речных долин при создании топографических планов производят с расчетом, чтобы зафиксированная на аэроснимках береговая линия рек соответствовала среднему урезу воды, из известных устойчивых низких уровней теплого полугодия. Оптимальное время аэрофотографирования зависит от типа реки. У рек с весенним половодьем это все лето, с летним половодьем – месяц до или после него, рек с паводочным режимом – промежутки между паводками.

Часы для аэросъемки.

Выбор часов дня аэросъемки применительно к дешифрированию определяется исходя из атмосферно-оптических факторов и характера топографических объектов местности. Это особенно существенно при крупномасштабном картографировании городов.

Аэросъемка городов в ясную погоду, в зависимости от планировки, ширины, ориентировки и озеленения проездов, типа строений выполняется:

- в утренние или предвечерние часы, когда тени хотя и длинные, но наиболее прозрачные, при условии экспонирования аэропленки без светофильтров повышается возможность раздельного воспроизведения малых объектов на затененных участках;

- в близполуденные часы, когда тени плотные, но зато короткие.

Аэрофотографирование городских территорий непосредственно в полдень нецелесообразно, так как в это время наибольшая вероятность появления кучевых облаков и турбулентности приземного слоя атмосферы, что может отрицательно сказаться на резкости аэроснимков.

Для аэросъемки распаханых земель средних широт, равнинных степных, пустынных и тундровых районов приемлемы все достаточные по освещенности часы. Предпочтение отдается утренним часам (воздушная дымка наименьшая, а длинные тени полнее и отчетливее фиксируют на аэроснимках контуры, местные предметы, формы микрорельефа поверхности).

Аэросъемку в лесных районах можно проводить в любые часы дня, кроме утренних и предвечерних со свойственными им значительными тенями, которые скрывают характерные черты структуры аэрофотоизображений многих насаждений.

Горные районы лучше снимать в близполуденные часы, если при этом не обеспечивается пригодное для дешифрирования аэрофотоизображение сразу обоих склонов, их следует снимать в разные часы, один до полудня, другой после полудня.

На районы морских побережий, при выборе часов аэрофотографирования должны учитываться приливно-отливные явления, их суточный или полусуточный характер. В таких районах аэросъемку выполняют дважды, один залет соответствует времени максимального прилива, другой – максимального отлива.

Выбор технических условий аэросъемки применительно к дешифрированию при создании топографических планов.

В наибольшей мере на дешифрируемость аэроснимков влияют угол зрения и фокусное расстояние объектива, его расширяющая способность, а так же сама работа аэрофотоаппарата в целом.

Требования к аэрофотоаппаратам.

Для аэрофотосъемки городов определяющую роль в выборе аэрофотоаппарата (АФА) играет тип застройки, так как перспективное изображение высоких зданий вне центра аэроснимка закрывает значительные площади и создает трудности при дешифрировании. Сверхширокоугольные короткофокусные АФА с фокусным расстоянием 70 мм, не приемлемы, с точки зрения дешифрирования, для картографирования территорий с полтной многоэтажной застройкой. Широкоугольные АФА с фокусным расстоянием 100 мм приемлемы при застройке не выше пяти этажей с достаточно широкими проездами.

Для изготовления фотопланов на средние по этажности города должны использоваться нормальноугольные АФА с фокусным расстоянием 140 или 200 мм, при этом закрываемая аэрофотоизображением зданий площадь занимает от половины до трети.

Возможность воспроизведения при аэрофотографировании как малых топографических объектов, так и отдельных частей крупного объекта определяется разрешающей способностью АФА. При выборе варианта АФА следует учитывать, что приемлемые значения разрешающей способности для дешифрирования составляет 35-40 линий на миллиметр в центре поля зрения объектива и 12-15 линий на миллиметр на краю поля зрения объектива. Масштабные искажения современных объективов топографических АФА (дисторсия) настолько незначительны, что в качестве фактора, влияющего на дешифровочные свойства аэроснимков, не рассматриваются.

В соответствии с законами оптики, распространение освещенности по полю зрения аэрофотосъемочных объективов не может быть одинаковым. Это выражается на аэроснимках центральным пятном, от которого плотность аэрофотоизображения падает (уменьшается) к краям кадра. При выборе условий аэрофотографирования это необходимо учитывать при использовании широкоугольных АФА, а для спектральной и цветной аэросъемки с фокусными расстояниями аппаратов 100 мм и менее, следует применять выравнивающие оттенители к объективам. Так же рекомендуется применять, для уменьшения светорассеяния, бленды к объективам.

Применение тех или иных светофильтров определяется географическими особенностями местности и характеристиками аэропленок. Комбинирование разных светофильтров с различными аэропленками обеспечивает получение аэрофотоизображения в избранной зоне спектра, или в широких пределах, с исключением какой-либо отдельной нежелательной зоны. Кроме того светофильтры помогают бороться с воздействием воздушной дымки.

Дешифровочные свойства аэроснимков самым непосредственным образом зависят от работы затвора АФА, и в первую очередь от скорости его действия и равномерности цикла экспонирования. В условиях аэрофотографирования с небольших высот при крупномасштабной топографической аэросъемке могут потребоваться аэропленки разной чувствительности, поэтому важно иметь АФА с затвором имеющим широкий диапазон скоростей. Кроме того, использование при экспонировании коротких выдержек позволяет существенно, до некоторой степени, нейтрализовать явление смаза аэрофотоизображения, которое значительно уменьшает разрешающую способность аэроснимка. Современные АФА дают возможность получать выдержки в пределах от 1:70 – 1:1000 сек..

Необходимые для топографического дешифрирования плановые аэроснимки с резким и четким аэрофотоизображением местности могут быть получены только при малых углах наклона оптической оси съемочной камеры, что достигается путем стабилизации АФА в полете.

Навигационно-технические факторы.

На дешифрируемость аэроснимков влияют следующие навигационно-технические факторы:

- высота аэросъемки;
- скорость полета;
- перекрытие между съемочными маршрутами;
- масштаб аэрофотографирования.

От высоты аэросъемки, наряду с ее базисом и фокусным расстоянием АФА, зависит масштаб аэроснимков как в плане так и по высоте, а следовательно и точность измерений при дешифрировании. Так же с высотой съемочного полета связана сама возможность выявления на аэроснимках малых объектов.

Выполнение аэросъемки с относительно небольших высот способствует улучшению распознаваемости деталей аэрофотоизображения, в тоже время увеличивается вероятность получения аэрофотоснимков с пониженной резкостью, искажением формы малых объектов и ухудшенными измерительными свойствами (из-за смаза изображения, при недостаточных для данной высоты аэросъемки скоростях работы затвора и явления турбулентности нижних слоев атмосферы).

Скорость носителя и его устойчивость в полете при аэросъемке сказывается главным образом на четкости передачи деталей аэрофотоизображения и линейных границ контуров. Для крупномасштабной топографической аэросъемки предпочтительная скорость полета 150 км/час.

При аэросъемке городов маршруты в целях дешифрирования надлежит прокладывать через центры планшетов.

Требования к аэропленкам и фотобумагам.

Основными характеристиками аэропленок, применительно к дешифрированию, являются светочувствительность, коэффициент контрастности, фотографическая широта и разрешающая способность. Фотоматериалам с высокой разрешающей способностью свойственно более низкая общая светочувствительность. В зависимости от особенностей топографических объектов данной территории и ее освещенности в момент аэросъемки, технической оснащенности, предпочтение может быть отдано конкретному типу аэропленки. Так для крупномасштабного аэрофототопографирования целесообразно использовать аэропленки со значительной разрешающей способностью и невысокой светочувствительностью. При двукратной аэросъемке рационально использовать обе аэропленки.

Наибольшее практическое применение в аэрофотосъемке имеет черно-белая панхроматическая аэропленка, значительно реже используется спектрзональная двуслойная аэропленка для условной цветопередачи местности и цветная многослойная для натурального цветовоспроизведения топографических объектов.

Аэропленки, исходя из специфики топографического дешифрирования, условно классифицируются на две основные группы. Для первой группы характерны следующие показатели:

- общая светочувствительность от 350 до 550 единиц;
- оптическая плотность от 0.1 до 2.0;
- коэффициент контрастности от 1.3 до 1.6, либо от 1.5 до 2.1;
- фотографическая широта 0.9;
- разрешающая способность до 155 лин./мм.

Вторая группа характеризуется следующими показателями:

- светочувствительность от 900 до 1300 единиц;
- оптическая плотность от 0.2 до 2.5;
- коэффициент контрастности от 1.2 до 1.6 и от 1.7 до 2.1;

- фотографическая широта 0.8-0.9;
- разрешающая способность 85 лин./мм.

Наибольшее производственное применение из спектрзональных аэропленок имеют пленки чувствительные к красной и инфракрасной зонам спектра. Они позволяют усилить естественные цветовые различия между объектами местности, имеют общую светочувствительность 300 единиц, коэффициент контрастности от 1.7 до 2.6 и разрешающую способность 65 лин./мм.

Аэроснимки на спектрзональной аэропленке обладают гораздо лучшей дешифрируемостью, особенно для объектов растительности и гидрографии.

За счет прямой передачи реальных цветовых контрастов между объектами местности, повышается информационное качество аэрофотоизображения. Цветные аэрофотопленки характеризуются общей светочувствительностью порядка 120 единиц, коэффициентом контрастности от 1.2 до 1.6, разрешающей способностью 60 лин./мм.

Аэроснимки на цветной аэропленке очень эффективны для топографического дешифрирования красочных ландшафтов (города, осенние смешанные леса, пестроцветные горы и т. д.).

При изготовлении отпечатков аэроснимков для топографического дешифрирования используются универсальные черно-белые и цветные фотобумаги. Как правило, матовые фотобумаги целесообразно использовать при печати аэроснимков, полученных в ясную погоду, а гляцевые – в облачную.

Отпечатки на цветной фотобумаге со спектрзональных аэрофильмов отличаются усилением и изменением естественных контрастов растительного покрова, его изображение приобретает дифференцированный характер. В то же время, грунты и различные строения, независимо от окраски в натуре, воспроизводятся преимущественно одноцветными. Отпечатки на цветной фотобумаге с цветных аэрофильмов имеют более или менее натуральную цветопередачу местности.

Фотографическая обработка и оценка качества материалов аэросъемки.

Фотографическая обработка материалов аэросъемки играет важную роль в получении аэроснимков с наилучшей дешифрируемостью. Главная ее задача – создание аэрофотоизображения наиболее точно, полно и наглядно воспроизводящего именно те объекты, которые подлежат дешифрированию.

Составом растворов и режимом обработки регулируется процесс превращения скрытого изображения в видимое. Этот процесс может быть негативным или позитивным.

Регулирование негативного процесса осуществляется на основе сведений о съемочном полете, сенситометрического контроля и метода проб, что позволяет:

- частично компенсировать воздействие неблагоприятных условий экспонирования (сочетание на местности ярко освещенных и сильно затененных участков, наличие заметной дымки и др.).

- усилить некоторые особенности аэрофотоизображения, существенные при использовании данных аэроснимков в дешифрировании.

В силу больших различий объектов крупномасштабной топографической аэросъемки по их оптическим контрастам, проявление экспонированных аэрофильмов рекомендуется проводить в малоэнергичных выравнивающих проявителях. Это позволяет обеспечить более или менее равномерную проработку аэрофотоизображения как в тенях, так и на свету.

В случаях преобладания на местности объектов слабо различающихся по яркости и спектральной отражательной способности, а также при недостаточности освещения в процессе экспонирования аэропленок с невысокой светочувствительностью, фотографическую обработку следует выполнять в нормальных проявителях.

Регулирование процесса фотографической обработки при изготовлении отпечатков предназначенных для топографического дешифрирования позволяет обеспечить высокую

дешифрируемость аэроснимков в целом, а так же сохранить или даже «вытянуть» мелкие и слабоконтрастные детали аэрофотоизображения.

Оценка качества материалов аэросъемки производится по основным сенситометрическим характеристикам аэронегативов, показатели фотокопий с них должны соответствовать показателям аэронегативов.

Дефекты аэрофотоизображения – пятна от передачи облаков и их теней, блики и ореолы, нарушения эмульсионного слоя, следы засветки, растворов – допустимы только вне рабочей площади каждой стереопары.

Фотопланы должны иметь одинаковую проработанность в деталях, равнотонность аэрофотоизображения, точность совмещения контуров по стыкам смонтированных аэроснимков до 0.7 мм. Эти стыки должны быть минимально заметны, чтобы их ошибочно не приняли за изображения линейных объектов местности.