

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ростовский государственный университет

**В.В.АСТАХОВ**

**АЭРОФОТОТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЕМКА**

Методическое пособие по курсу «Топография»  
для студентов геолого-географического и биолого-почвенного факультетов.

Ростов -на- Дону

2001

Печатается на основании решения кафедры общей географии, краеведения и туризма Ростовского государственного университета.

Протокол № 2 от 8 октября 2001 г.

Составитель: кандидат географических наук,  
доцент кафедры общей географии,  
краеведения и туризма В.В. Астахов

Ответственный за выпуск  
кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент В.В. Ковалев

## ВВЕДЕНИЕ

Аэрофототопографическая съемка является одним из основных методов создания современных топографических планов и карт крупного масштаба. Она включает совокупность процессов, позволяющих построить картографическое изображение местности по фотографиям, полученным с летательного аппарата: летно-съёмочные работы (аэрофотосъемка) и получение контактных отпечатков – аэрофотоснимков (АФС); полевые топографо-геодезические и камеральные фотограмметрические работы.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АЭРОФОТОСЪЕМКЕ И ПОЛУЧАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Под **аэрофотосъемкой** понимают процесс фотографирования земной поверхности с воздуха при помощи аэрофотоаппарата.

Различают плановую и перспективную аэрофотосъемку. **Плановой** является съемка, если оптическая ось камеры отклоняется от отвесной линии не более чем на  $3^\circ$ , при большем угле наклона съемка называется **перспективной**. В первом случае площадь, отображенная на снимке, будет меньше, но и искажения по краям снимка также будут не так значительны, как при перспективной съемке (рис.1).

Съёмочные маршруты прокладывают таким образом, чтобы соседние аэрофотоснимки одного маршрута перекрывались продольно на 60%, а смежные снимки соседних маршрутов (поперечное перекрытие) – на 35-40% от длины сторон снимка. Перекрытия необходимы для получения стереоскопического изображения местности и для гарантии сплошной съемки.

При аэрофотосъемке применяют разные типы фотопленок, позволяющие получать черно-белые, цветные, спектрзональные отпечатки. Разрабо

тан также метод многозональной фотографии, позволяющий получить изображения местности одновременно в нескольких диапазонах спектра для лучшего распознавания объектов съемки.

Первичными **аэрофотосъемочными материалами** являются негативы (используются при фотограмметрических работах) и контактные отпечатки (аэрофотоснимки). В зависимости от типа съемочной камеры размер контактных отпечатков бывает 18х18 см, 24х24 см, 30х30 см. На углах аэрофотоснимка отпечатаны круговой уровень для определения угла отклонения оптической оси камеры от вертикали в момент фотографирования и часы с указанием точного времени фотографирования. Эти данные необходимы при определении положения, формы и размеров объектов по направлению и размерам их теней. На краях аэрофотоснимка расположены координатные метки. Прямые, соединяющие противоположные координатные метки, определяют направление главных осей аэрофотоснимка X и Y. В верхнем правом углу аэрофотоснимка указывается условный индекс съемки, дата фотографирования, порядковый номер снимка (рис.2).

Последовательное наложение снимков по тождественным точкам и контурам местности называется **накидным монтажом**, а уменьшенная репродукция накидного монтажа – **первичной фотосхемой**. Фотографическая съёмка местности, смонтированная из нетрансформированных смежных снимков, разрезанных по перекрывающимся контурам и состыкованных путём наклейки на общую основу, называется **фотосхемой**. Все эти материалы не обладают свойствами топографической карты и нуждаются для её создания в дальнейшей обработке.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНОЙ ТОЧКИ, МАСШТАБА АЭРОФОТОСНИМКА И ВЫСОТЫ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

**Определение главной точки АФС.** Перпендикуляр, опущенный из центра проекции на плоскость аэронегатива, определяет главную точку аэрофотоснимка.

1). На аэрофотоснимке с помощью измерительной линейки соединяют противоположные координатные метки.

2). Пересечение этих линий в центре аэрофотоснимка и даст местоположение его главной точки.

3). Если на аэрофотоснимке отсутствуют координатные метки, то положение главной точки находят на пересечении диагоналей квадрата рамки аэрофотоснимка.

### **Определение масштаба АФС и высоты фотографирования.**

При проведении фотограмметрических работ необходимо знать масштаб аэрофотоснимка, фокусное расстояние аэрофотоаппарата и высоту фотографирования. Эти данные можно получить по формулам:

$$\frac{1}{m_c} = \frac{d}{D \cdot m_k} \quad (1) \qquad H = f \cdot m_c \quad (2)$$

где  $m_c$  - знаменатель численного значения масштаба аэрофотоснимка;

$d$  - расстояние между контурными точками на аэрофотоснимке, в см.;

$D$  – расстояние между этими точками на карте, в см.;

$m_k$  - знаменатель численного значения масштаба карты;

$H$  – высота фотографирования, в м.;

$f$  – фокусное расстояние, в мм.;

1). На аэрофотоснимке отмечают две контурные точки, которые опознаются на топографической карте. Прямая, соединяющая точки на аэрофотоснимке, должна проходить через главную точку аэрофотоснимка или на расстоянии не более 1 см. от нее.

2). Измеряют расстояние между контурными точками с точностью до 0,2 мм

- 3). Опознают контурные точки на топографической карте и измеряют расстояние между ними.
- 4). Вычисляют масштаб аэрофотоснимка по формуле (1).
- 5). Повторяют измерения и вычисления для следующей пары контурных точек.
- 6). Результаты заносят в таблицу 1. Среднее арифметическое из полученных значений и будет истинным масштабом аэрофотоснимка.

Таблица 1

Контурные точки	Расстояние между контурными точками, в см.		Масштаб АФС
	на снимке	на карте	

- 7). Определив масштаб аэрофотоснимка, по формуле (2) определяют высоту фотографирования.

### 3. ПОЛУЧЕНИЕ ПРАВИЛЬНОГО СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.

**Стереоскопической парой (стереопарой)** называют два аэрофотоснимка одного и того же объекта, полученных при фотографировании с двух различных точек пространства.

Обычно стереопару образуют перекрывающиеся части соседних аэрофотоснимков одного маршрута фотографирования. Это позволяет при рассмотрении зоны перекрытия двух аэрофотоснимков в стереоскоп получить стереоскопическое (объемное) изображение местности. Для получения стереоэффекта снимки необходимо расположить под стереоскопом таким образом, чтобы направления, соединяющие главные точки снимков, находились на одной прямой.

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЗИСА ФОТОГРАФИРОВАНИЯ.

При продольном перекрытии более 50% главную точку левого аэрофотоснимка ( $O_1$ ) можно опознать на правом снимке в виде точки  $O'_1$ , а главную точку правого снимка ( $O_2$ ) на левом в виде точки  $O'_2$  (рис.3).

Направления  $O_2O'_1$  и  $O_1O'_2$  носят название начальных направлений и являются осями абсцисс аэрофотоснимков. Прямые, перпендикулярные к начальным направлениям, проведенные через главные точки, образуют оси ординат аэрофотоснимков.

Расстояние между главными точками двух соседних аэрофотоснимков называют **базисом фотографирования**.

- 1). На левом и правом аэрофотоснимках стереопары определяют местоположение главных точек.
- 2). Базисы фотографирования аэрофотоснимков измеряют с точностью до 0,2 мм.
- 3). По формуле (3) определяют средний базис фотографирования

$$B_{cp} = \frac{B_l + B_n}{2} \quad (3)$$

где  $B_{cp}$  – средний базис фотографирования;

$B_l$  – базис фотографирования левого снимка;

$B_n$  – базис фотографирования правого снимка.

#### 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ ТОЧЕК МЕСТНОСТИ ПО СТЕРЕОПАРЕ.

По стереопаре можно определить превышения точек местности. Предположим, что необходимо определить превышение между точками "а" и "с" (рис.3). В системе координат каждого снимка эти точки будут иметь абсцис

сы:  $(x_a; -x_{a1})$  и  $(x_c; -x_{c1})$ . Разность абсцисс идентичных точек левого и правого аэрофотоснимков называют **продольным параллаксом (p)** этой точки.

$$P_a = \pm x_a - (\pm x_{a1}); \quad (4)$$

$$P_c = \pm x_c - (\pm x_{c1}); \quad (5)$$

Величина  $(P_a - P_c)$  носит название **разность продольных параллакс** ( $\Delta P$ ).

$$\Delta P = P_a - P_c; \quad (6)$$

Определение превышения между точками "a" и "c" производится по формуле:

$$\pm h = \frac{H \cdot \Delta P}{P_c + \Delta P}; \quad (7)$$

где  $h$  – превышение точки "a" над точкой "c";

$H$  – высота фотографирования;

$P_c$  – продольный параллакс точки "c";

$\Delta P$  – разность продольных параллакс между измеряемыми точками.

## 6. ЭЛЕМЕНТЫ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ.

*Дешифрированием* называется процесс извлечения из аэрофотоснимка количественной и качественной информации.

При этом производится обнаружения, распознавание объектов, определение их географической сущности, установление их качественных и количественных характеристик и закрепления результатов изучения на снимке или карте условными знаками.

*Топографическое дешифрирования АФС* заключается в обнаружении и получении характеристик тех объектов, которые должны быть изображены на топографической карте – населенные пункты, пути сообщения, линии



связи и электропередач, водные объекты, рельеф земной поверхности, грунты, растительность.

Дешифрирование АФС проводится визуально и с помощью специальной аппаратуры. Во всех случаях оно должно опираться на знания основных географических особенностей исследуемой территории: географической сущности изображенных объектов, закономерностей их пространственного размещения и взаимосвязей.

Признаки, позволяющие определять содержание фотоизображения, называются *дешифровочными признаками*. Прямыми дешифровочными признаками называют те свойства сфотографированных объектов, которые находят свое отражение на аэрофотоснимке. К ним относятся: форма, размер, фототон (цвет) и тень изображения объекта, а также структура фотоизображения.

*Форма изображения.* На плановых АФС изображения плоских объектов (водоемов, пашен и т.д.) сохраняют их очертания. Вертикальные объекты (башни, фабричные трубы, высокие деревья) в центре снимка изображаются в ортогональной проекции, в виде плана, а по мере удаления от центра они имеют все более перспективное изображение, с наклоном от главной точки снимка.

*Размер* изображения объекта зависит от масштаба снимка. Линейная величина объекта в натуре  $L = l \cdot m$ , где  $l$  – длина (ширина) того же объекта на снимке;  $m$  – знаменатель масштаба снимка. Часто этот признак привлекается для распознавания объектов, имеющих одинаковую форму. Так, отдешифрировав в населенном пункте постройки, имеющие на АФС одну и ту же прямоугольную форму, можно по их размерам выделить жилые и хозяйственные (хозяйственные как правило, имеют большие размеры).

*Фототон.* В зависимости от спектральной отражательной способности объектов, условий освещенности, их изображение на АФС будет различным. Светлоокрашенные предметы (снег, известняк), объекты в сухом состоянии, наиболее освещенные поверхности имеют на фотоснимках более светлый

тон, а шероховатые или сильно увлажненные получают более затемненными.

Изображение *теней* объектов на снимках используют для определения формы предметов, выступающих над земной поверхностью. Различают тень собственную и падающую. Собственная тень – часть поверхности объекта, расположенная со стороны противоположной Солнцу. Падающая тень отбрасывается предметом на поверхность земли или на другие предметы. По ней можно судить о форме вертикальных объектов, имеющих малые плановые размеры (пункты триангуляции, кроны деревьев, опоры высоковольтных передач и т.д.). Длина тени зависит от высоты Солнца в момент съемки и от высоты самого объекта, а также от наклона поверхности, на которую она падает (рис.4).

*Рисунок аэрофотоизображения* отражает на снимках характер поверхности объектов. Различают бесструктурный (аморфный) рисунок, характерный для изображения спокойной водной поверхности, луговой растительности, и структурный – пятнистый, зернистый, точечный, полосатый и др. Пятнистый рисунок, состоящий из плоских пятен разного тона, чередующихся в различных соотношениях, присущ торфяно-бугристой тундре; зернистый рисунок – отображает участки леса; линейно-точечный рисунок имеют посевы технических культур; полосатая структура характерна для изображения свежевспаханных почв.

Косвенные дешифровочные признаки основаны на закономерных взаимосвязях и зависимостях объектов земной поверхности. Они указывают на наличие или свойства объекта, не изобразившегося на снимке или не определяемого по прямым признакам. Так, например, по рисунку проселочной дороги можно судить о грунтах местности: на влажных участках дорога сильно разбита, имеет много объездов; на песчаном грунте – границы дороги расплывчатые; на глинистом грунте контур дороги резко выражен.

Объектами топографического дешифрирования снимков являются населенные пункты, пути сообщения, линии связи и электропередач, водные объекты, рельеф земной поверхности, грунты, растительность.

Изображения *населенных пунктов* четко выделяются среди других элементов местности структурой фотоизображения, наличием большого числа геометрически правильных фигур. Сельские населенные пункты часто располагаются вблизи рек, озер. От них расходятся грунтовые дороги, для них характерно наличие жилых, хозяйственных построек, приусадебных участков. Они обычно окружены пахотными землями или другими сельскохозяйственными угодьями. Города имеют компактную застройку, правильную планировку, многоэтажные здания, промышленные предприятия, к ним подходят железные и автомобильные дороги.

Дешифровочными признаками объектов *транспортной сети* являются форма и местоположение, а также светлый тон их фотоизображения. Для железных дорог характерна прямолинейность отрезков пути, плавные повороты, снегозащитные лесополосы вдоль полотна дороги, наличие насыпей и выемок, станций и разъездов. Автомобильные дороги изображаются на АФС светлыми линиями разной толщины и разной извилистости в зависимости от типа дороги. Дороги с покрытием выделяются прямолинейностью, грунтовые проселочные и полевые дороги – наличием объездов и сильно разъезженных участков.

Для природных объектов характерны неправильная конфигурация, многообразие форм и окраски, большой диапазон размеров.

Изображения *водных* объектов имеют обычно темный фототон. Реки, озера, пруды распознаются по форме и размерам их фотоизображения. Направление течения реки определяются по форме островов, имеющих округленный верхний конец и заостренный нижний (по течению реки), по направлению устьев притоков.

Формы и элементы *рельефа* земной поверхности наиболее четко выделяются при стереоскопическом рассмотрении аэрофотоснимков. При этом

дешифровочными признаками служат: плановая конфигурация, тень, структура фотоизображения, а также приуроченность к определенным местам. По аэрофотоснимкам можно оконтурить террасы и поймы рек, балки, овраги, оползневые цирки, обрывы, осыпи. Так, например, характерным признаком осыпей является их зернистая структура изображения.

Дешифровочные признаки *растительного* покрова: тон и структура фотоизображения, форма падающей тени, а также характер пространственного размещения. Леса на снимках имеют относительно темный тон и зернистую структуру фотоизображения. При этом лиственные леса имеют крупнозернистую структуру в отличие от мелкозернистого рисунка хвойных лесов. Елово-пихтовые насаждения всегда на снимках имеют более темный тон, чем лиственные и сосновые. Крона березы, дуба, осины, сосны отличается от конусовидной кроны ели округлой формой. Однако форма крон четко выявляется на снимках масштаба 1:10000 и крупнее. В смешанных лесах светлые, округлой формы пятна принадлежат светолюбивым породам – березе, осине. Вырубки в лесу выявляются на снимках геометрически правильной формой и более светлому тону изображения. Культурные насаждения деревьев характеризуются регулярной структурой и приуроченностью к населенным пунктам.

Лука дешифрируются по признаку место распространения. Они приурочены главным образом к долинам рек. Суходольные луга отличаются однообразным ровным светло-серым тоном. Заливные луга, находящиеся в пониженных местах, имеют темный тон и часто вытянутые контуры.

Болотные участки отображаются на АФС серым тоном, который сильно варьирует в зависимости от наличия травяной или древесной растительности и степени влажности болота.

Фотоизображение пашен и других сельскохозяйственных земель характеризуется четко выраженным геометрическим видом контуров, разнотонностью и часто специфическим полосчато-линейным рисунком, отражающим следы обработки почвы или посадки растений.

Отдешифрированные объекты наносят топографическими знаками непосредственно на аэрофотоснимки или на кальку, наложенную на снимок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аковецкий В.И. Дешифрирование снимков.- М.: Недра, 1983.
2. Божок А.П., Дрич К.И., Ефтифеев С.А. и др. Топография с основами геодезии. - М.: Высш. шк., 1986
3. Брюханов А.В., Господинов Г.В., Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы в географических исследованиях. – М.: Изд-во МГУ, 1982.
4. Господинов Г.В., Сорокин В.Н. Топография.-М., 1974.
5. Измайлов П.И., Нормандская О.В. Практикум по аэрофототопографии.- М., 1969.
6. Лобанов А.Н. Аэрофототопография. – М.:Недра, 1978.