

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)
Институт кадастра и природопользования
Кафедра экологии и природопользования

Конспект лекций
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ТЕМАТИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АКИ

Новосибирск
СГГА

РАЗДЕЛ 1.ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ЗЕМЛИ И ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

1.1 Смысл понятия «Дешифрирование снимков»

В широком понятии дешифрирование АФС есть метод изучения географической оболочки Земли, как в целом, так и ее частей (регионов, ландшафтов), а также отдельных компонентов ландшафта и отдельных элементов (объектов).

В зависимости от задач различают дешифрирование общегеографическое (ландшафтное или топографическое) и специальное (тематическое) (геоморфологическое, гидрографическое, почвенное и др.).

Дешифрирование – это обнаружение и опознавание на изображении объектов, установление их качественных и количественных характеристик, выявление взаимосвязей и взаимообусловленности между компонентами ландшафта. Процесс дешифрирования может иметь различную структуру и принимать различную форму. Различают полевое, камеральное, эталонное аэровизуальное, измерительное дешифрирование и др. Каждое из названных методик имеет свои приемы и средства для реализации поставленной задачи – изучение объектов и (или) антропогенного ландшафтов с помощью аэроснимков. Дешифрирование космических снимков - чтение, расшифровка, интерпретация фотографических и телевизионных снимков, выполненных в различных интервалах видимой зоны спектра и инфракрасных (ИК) снимков в диапазоне 1,8-14 мкм.

Отметим, что дешифрирование является весьма эффективным средством в изучении ландшафтной оболочки Земли (быстрота, достаточно высокая точность в привязке к местности, динамизм явлений, выявление объектов и связей явно не воспринимаемых и многое другое). Вследствие разнообразия информации, которую содержат космические снимки, применяется специализированное дешифрирование космических снимков: геологическое, океанографическое, гидрологическое, географическое и др. Масштабы снимков, используемых для геологического дешифрирования, различны: от 10⁻⁶ до 10⁻⁸. В зависимости от масштаба съемки, площадь местности,

охватываемая одним кадром, изменяется от нескольких тысяч км² до целых континентов.

Дешифрирование космических снимков производится визуально по контактному и увеличенному снимку и инструментальным способом. В последнем случае используются как простые стереоскопы, так и универсальные стереофотограмметрические приборы. Признаки, используемые при дешифрировании космических снимков, в основном те же, что и при дешифрировании аэрофотоснимков. Различия заключаются в том, что на космических снимках происходит генерализация и уменьшение детальности изображения объектов, интеграция отдельных черт строения в крупные системы, видимые на космических снимках, но не улавливаемые на аэроснимках.

В последнее время дешифрирование проникает (или проникло) в различные направления человеческой деятельности. Например: климатология, медицина, археология и др. Но особенно широко используется в ландшафтных исследованиях и может являться мощным методом в экологическом изучении географической оболочки Земли.

РАЗДЕЛ 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АФС

2.1 Передача информации при фотосъемке

Полнота и достоверность дешифрирования АФС зависит от формы передачи информации и преобразований и от приборов и способов извлечения информации из первичного документа – аэрофотоснимка.

Источником информации служит вид объекта в определенный момент времени. На АФС фиксируется световой поток, отраженный от объектов и подвергнутый масштабным и проективным преобразованиям. Часто подобие между действительным объектом и его моделью на АФС нарушается. Если это нарушение в допустимых пределах, то форма объектов воспринимается, нами в житейски привычном смысле этого слова и мы непосредственно можем распознать объекты на АФС.

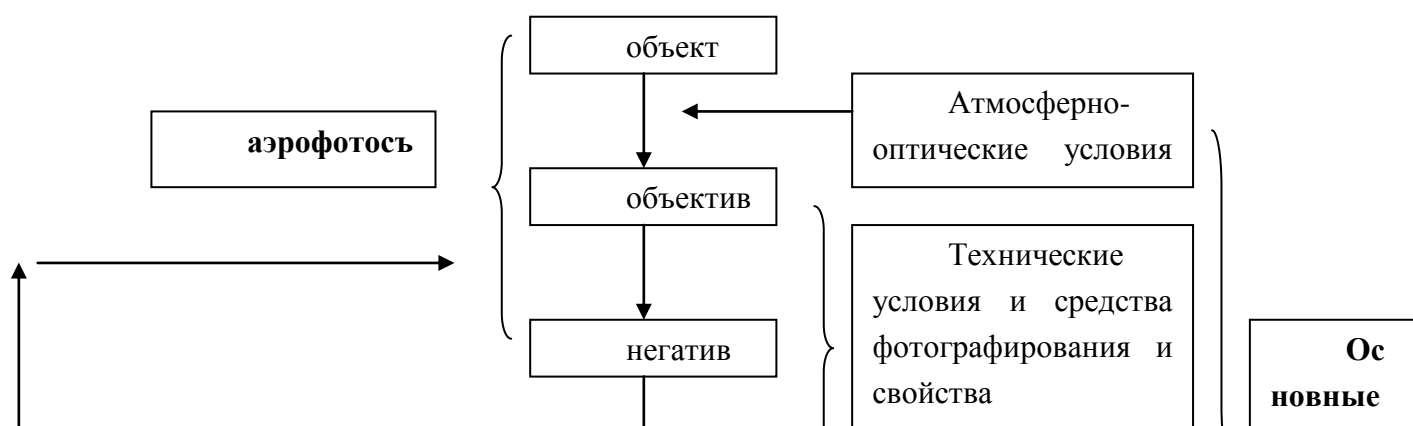
До момента фиксации на пленке световой поток претерпевает искажения связанные с атмосферно-оптическими условиями и свойствами объектива АФА. Например, наличие слабой дымки сокращает информацию на АФС до 10-15%. Объективы АФА искажают геометрические формы объектов из-за дисторсии и снижают разрешающую способность фотоизображения (лин/мм). Последнее является основным фактором, ограничивающим объем информации на АФС.

Установлено, что изменение средней разрешающей способности только 1 лин/мм может повлечь изменение количества информации до 30%.

Большие потери информации происходят при ее передаче от негатива к позитиву. Также следует учитывать, что фотопленка обладает избирательными свойствами и реагирует на лучи в той зоне спектра, в которой очувствлена. Поэтому в одном случае фотографирование предпочтительно в широкой зоне на черно-белой или цветной пленке, а в другом – в узкой зоне спектра, например, инфракрасной.

В результате аэрофотосъемки получается негатив – основной источник информации при дешифрировании. Если с него делаются отпечатки, то необходимо учитывать интервал яркостей, иначе потеря информации может достигнуть предельных величин (по-другому некоторые объекты либо пропадут, либо не будут поддаваться распознаванию). Контраст между светлыми и темными местами негатива может быть снижен некоторыми приемами: отенение листами папиросной бумаги, укладываемой на матовое стекло КП (копировального прибора); способом «нерезкой маски», когда засветка идет через нерезкий позитив. Отметим печать АФС способом «egda isolated» или «limienfotos» – линейная фотография. В этом случае отпечатки в виде абриса, на котором черными штрихами показываются контуры объектов или границы между контрастными участками, а сами участки изображаются светлым тоном независимо от их отражательной способности.

В целом схема передачи информации аэрофотосъемки может выглядеть следующим образом (рис. 1).



2.2 Оценка дешифрируемости АФС

Под дешифрируемостью АФС понимают способность их давать определенное количество информации о сфотографированной местности.

При этом различают абсолютную и относительную дешифрируемость аэрофотоснимков и отдельных объектов.

Абсолютная дешифрируемость АФС количественно может быть выражена через их информационную емкость в единицах информации. Если аэрофотоизображение состоит из « n » дискретных элементов, и каждый

может принимать любой из « m » тонов, то оно (изображение) способно принимать число различных состояний

$$N = m^n \quad (1)$$

Принято число N выражать через логарифм и называть информационной емкостью J_{max} . Если выбраны двоичные логарифмы, то величина J выражается в единицах «битах»

$$J_{max} = \log_2 N = n \log_2 m \quad (2)$$

Число элементарных частиц в 1 мм^2 фотоизображения подсчитывается по формуле

$$(3) \quad n^1 = (2c)^2, \text{ где } c - \text{средняя разрешающая способность АФС}$$

Умножив n^1 на площадь АФС P (в мм^2), получим число элементарных частиц в нем.

$$n = P(2c)^2 \quad (4)$$

Информационная емкость АФС дает представление об их максимальных возможностях, при этом количество информации быстро увеличивается с повышением разрешающей способности и значительно медленнее с увеличением числа различных тонов, что видно из (1).

Относительная дешифрируемость определяется через отношение полезной информации (J), которую несет АФС, к полной информации, которая может быть получена по аэроснимку (J_{max})

$$D_c = \frac{J}{J_{max}}$$

D_c – называют еще коэффициентом дешифрируемости. Если за полную информацию принять информационную емкость снимка, то коэффициент дешифрируемости будет показывать загруженность АФС бесполезными сведениями или по-другому «уровень шума». Относительная дешифрируемость позволяет сравнивать АФС, снятые на различной пленке, при различных технических условиях, отпечатанные на различной бумаге, тем самым определяя ценность снимка как источника информации.

Кроме названных характеристик, процесс дешифрирования может быть определен полнотой и достоверностью.

Полнота дешифрирования – отношение использованной (распознанной) полезной информации (J_1) ко всей полезной информации, содержащейся в данных АФС (J)

$$G_g = \frac{J_1}{J}$$

Полнота зависит от подготовки дешифрирования, его опыта и специальных знаний.

Под достоверностью дешифрирования понимают вероятность правильного опознавания объектов. Она представляет отношение количества правильно распознанных объектов (J_2) к сумме всех распознанных (J):

$$P_g = \frac{J_2}{J}$$

Отметим, что дешифрируемость элементарного объекта – контура связано с масштабом изображения. Существуют предельные масштабы: мелкий и крупный. В первом случае объект впервые обнаруживается на АФС. Во втором происходит падение дешифрируемости, т.к. изображение, становясь весьма крупным, распадается на мелкие элементы и сразу может не восприниматься.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ **АЭРОФОТОСНИМКОВ**

3.1. Структура процесса дешифрирования

Процесс дешифрирования можно разделить на ряд этапов.

Первый этап: обнаружение объектов и явлений на АФС. Рассматривая, АФС, дешифровщик отличает один объект от других по тону (цвету), размеру, форме, рисунку. Эти характеристики могут быть усилены фотографическим путём и тем самым повышена информационная ёмкость АФС.

Второй этап: опознавание объектов, которое складывается из угадывания, выделения (систематизация и синтеза (группирования)) признаков, определяющих объект (Рубахан, 1958).

Вид местности на АФС необычен и не соответствует привычному земному пейзажу. Это несоответствие может быть выражено следующим образом:

1. Плановая съёмка производится с непривычной точки зрения. Мы привыкли видеть сбоку, а не сверху.

2. Часто съёмку производят на чёрно-белой панхроматической плёнке, кривая чувствительности которой не совпадает с соответствующей кривой наших глаз. Цветная съёмка частично исправляет этот недостаток. Спектрональная съёмка – даёт вообще искажённые цвета, требующие специальной расшифровки.

3. Из-за обобщения на АФС отдельные объекты, особенно малых размеров, исчезают, зато становятся различимы объекты, которые не улавливаются при наземных наблюдениях. Например: кольцевые структуры, погребённые под песками реки и др.

4. На АФС изображен внешний облик местности в случайный момент, который может оказаться не самым выгодным для дешифрирования.

5. Природа на АФС представляется неподвижной. Природные процессы можно представить либо косвенным путём, либо проведением повторных съёмок.

В целом опознавание объектов достигается «эффектом присутствия». Когда мы достаточно долго и сосредоточенно рассматриваем стереоскопическую модель местности, мы мысленно переносим себя в наблюдаемую среду, тем самым достоверность и полнота дешифрирования повышается. Сюда следует отнести наличие специальных знаний по тематике дешифрирования.

Третий этап: после обнаружения и опознания, формируется суждение об объектах, явлениях местности в целом. В результате умозаключений определяются объекты, явления, непосредственно на АФС не изобразившиеся, или мы

выявляем их скрытые стороны, которые мы не обнаружили, хотя они на снимках были.

Названные этапы дешифрирования в процессе работы переплетаются, образуя сложный процесс *созерцания, распознавания и осмысления*.

3.2 Прямые демаскирующие признаки

Прямые признаки дешифрирования являются элементарные свойства объектов, непосредственно изобразившиеся на АФС и воспринимаемые наблюдателем.

К ним относятся: тон или цвет, размер, форма объектов, тень.

Тон – степень потемнения фотографической эмульсии, определяется атмосферно - оптическими условиями съёмки (состояние атмосферы, освещённости местности, отражательной способности – альbedo – объектов), свойствами фотоматериалов и режимами обработки. Так как эти факторы весьма изменчивы, то тон изображения не может служить надёжным признаком дешифрирования.

Например, при высоте Солнца 30^0 доля радиации от общей для заснеженных территорий составляет 41%, для открытой местности 30%. При наличии дымки уменьшается контрастность, искажается соотношение тонов, что в определённой степени исправляется с помощью светофильтров. На тональность одних и тех же объектов существенно влияет освещённость, которая зависит от рельефа. Установлено, что при оптимальном контрасте высота Солнца должна быть больше угла наклона рельефа \approx в 2 раза.

Тон изображения зависит от отражательной способности объектов, которая в свою очередь зависит от состояния (время суток, сезон года, предшествующая погода и т.д.) объектов.

Существенно на тон изображения оказывают фактурные свойства, поверхности объектов. Ещё в 1949 г. В.В. Шаронов выделил по характеру отражения следующие поверхности:

Ортотропные – поверхности, отражающие падающий на них свет равномерно во всех направлениях. Сюда относятся пески, рыхлый снег.

Зеркалящие – поверхности отражающие свет преимущественно в одном направлении (в плоскости падения солнечных лучей). К ним относятся: вода, чистый лёд, сухие каменистые поверхности. Возникающие при этом блики иногда затрудняют дешифрирование, а иногда и помогают работе с АФС. Так, небольшие речки с залесенными берегами лучше дешифрируются в местах с белым топом, и наоборот реки с пляжами и отмелями лучше опознаются по линии уреза воды, если тон тёмный.

Изрытые (иссеченные) – поверхности, максимально отражающие в направлении к источнику света. Сюда относится растительный покров.

Могут быть поверхности со смешанной отражательной способностью, которая может иметь сезонный ход.

Таким образом, тон изображения хотя и изменчив, однако если АФС получены на одной и той же плёнке и в достаточно схожих условиях тон изображения, а ещё более соотношение тонов, постоянны. Например: песчаные и каменистые поверхности всегда светлее лугов, темнохвойные леса темнее лиственных и т.п.

Цвет – может быть как прямой и как условный признак в зависимости от того, цветные в натуральных тонах или цветные спектральнозональные АФС дешифрируются.

Цветные АФС передают изображение объектов в цветах привычном для нас виде, что повышает дешифрируемость.

На качество цветопередачи влияют: атмосферная дымка (нивелирование цветов), масштаб съёмки (уменьшение его приводит к обобщению цветов), направление съёмки (растительность сверху включает цвета самой растительности и нижнего яруса и цвета подстилающей поверхности, а сбоку – окраска только верхнего яруса).

Иногда для выделения отдельных объектов лучше использовать цветные спектральнозональные снимки. Здесь в искажённых цветах передаются объекты неразличимые при обычной съёмке. Особенно это относится к растительному покрову и прежде всего лесам. Так лиственные породы на плёнке СН-2 (негатив) получаются сине-зелёными, хвойные – пурпурными.

Размеры – объектов учитываются при распознавании их свойств. При дешифрировании часто нужно знать высоты деревьев, обрывок, ширину рек, протяжённость объектов, площадь некоторых участков, извилистость и т.д.

Размеры объектов в различных масштабах съёмки воспринимаются искажёнными. Поэтому нужно иметь некоторый эталон. Для этой цели можно использовать деревья, столбы, дома и др. даже рассматривая размеры объёмных предметов стереоскопически, мы разность высот воспринимаем несколько большими, чем они в действительности. Величину деформации стереомодели (μ) принято определять по формуле:

$$\mu = \frac{\rho_0 * b}{b_r * f} \approx \frac{\rho_0}{f}$$

Где ρ_0 расстояние наилучшего зрения, ≈ 250 мм для линзово-зеркальных стереоскопов ход лучей от снимка до линз тоже равно ≈ 250 мм.

f – фокусное расстояние АФС

b_f – главный базис

b – базис съёмки в масштабе аэроснимка

При формате аэроснимков 18*18 см и продольном перекрытии 60% величина “ b ” равна 65 мм. Главный базис для большинства наблюдателей тоже равен ≈ 65 мм. Поэтому формулу можно упростить.

Размер изображения объекта зависит от масштаба аэроснимков. Предельные возможности каждого масштаба определяются в основном разрешающей способностью аэроплёнки, объектива, фотобумаги и человеческих глаз.

Чаще всего разрешающая способность АФС составляет 10-12 $\frac{\text{мин}}{\text{мм}}$. Это определяет размеры деталей на АФС примерно 0,05 мм. Что в масштабе 1:50000 составляет около 5 м, в масштабе 1:25000 – 2,5 м, в масштабе 1:10000 – 1 м.

В свою очередь, разрешающая способность глаз равна 5 $\frac{\text{мин}}{\text{мм}}$, т.е. в двое ниже, чем на АФС. Поэтому, чтобы определить некоторые объекты прибегают к увеличению АФС или приборам.

Оптимальным считается увеличение до четырёх кратного. Однако, если местность знакомая, то предел увеличения может быть увеличен. Отметим, что мелкомасштабные АФС выдерживают большее увеличение, чем крупномасштабные.

Минимальные размеры объектов воспринимаемые на АФС зависят от оптического контраста и формы объектов. В целом увеличение контраста способствует зрительному восприятию изображения. Линейные объекты, например дороги, различимы на мелкомасштабных АФС, хотя их натуральная ширина лежит за пределами разрешающей способности снимков. Если объекты имеют прямоугольные, округлые формы на АФС они изобразились точкой, то опознать их практически невозможно. Здесь необходим оптимальный масштаб съёмки, когда форма становится различимой.

Форма – изображение является основным прямым признаком устанавливающим объект и его основные свойства.

Быстрота различия формы и достоверность опознания зависят от контраста между объектом и фоном и от самой формы. Лучше воспринимаются простые формы (квадрат, окружность, многоугольник) до

определённых размеров. При этом с увеличением длины периметра фигуры скорость и достоверность дешифрирования возрастает.

Следует учитывать искажения формы. При больших углах наклона местности (горы) и съёмке короткофокусными АФС искажения могут стать препятствием при дешифрировании. Напротив, в соответствии с законами перспективы объекты, имеющие высоту, кажутся падающими от центра снимка (точки надира) к краям и могут быть рассмотрены сбоку, что свидетельствует земному виду объектов, естественно повышается достоверность дешифрирования.

Наиболее полное представление о формах объёмных объектов достигается при стереоскопическом рассматривании АФС. Однако и здесь могут возникнуть неверные представления об истинных формах.

Тени различают собственные и падающие. Собственной называется тень, покрывающая часть объекта, неосвещённую Солнцем. Собственная тень подчёркивает объёмность предмета.

Переходы от света к тени передают строение поверхности. Резкие границы между освещёнными и затенёнными частями «говорят» о различии угловатых изгибов поверхности. Плавные изгибы поверхности дают постепенные переходы от света к тени.

Тени позволяют определять направление хребтов, долин, положение вершин, впадин без стереоскопа, располагая снимки по отношению к источнику света (например? лампа), как они были расположены относительно Солнца.

Падающие тени в ряде случаев являются единственным демаскирующим признаком, так как передают силуэт объекта. Нужно помнить, что форма объекта и форма тени могут быть неподобными. Это зависит от высоты и положения Солнца, от микрорельефа, на который проектируется тень.

3.3 Косвенные дешифровочные признаки

Косвенными называются признаки, такие объекты и их свойства, которые указывают на наличие других объектов, их особенности и свойства, не получившие изображения на АФС.

Косвенные признаки можно разделить на две группы. Первую составляют разнообразные связи объектов и явлений в природе, например растительности с рельефом, почв с растительностью и т.д. Эти признаки можно назвать ландшафтными.

Ко второй группе косвенных признаков относятся связи между человеком и географической средой, например характер грунтовых дорог при

дешифрировании грунтов. Так дороги на песчаных грунтах имеют светлый тон, они более извилисты, сильно разъезжены, ширина дорог пульсирует.

Использование косвенных признаков наиболее эффективно при дешифрировании на фотопланах и фотосхемах, когда можно комплексно провести анализ дешифрируемой местности.

Те объекты, с помощью которых определяются другие, принято называть индикаторами. Объекты, отдешифрованные косвенно, сами могут стать индикаторами. Таким образом, создаётся косвенная цепь логических связей. В ландшафтных исследованиях важнейшим индикатором являются растительность, рельеф и гидрография. В качестве примеров остановимся на следующих:

Так жизненные специфические формы растений приурочены к определённым горным породам (в пустынных горах Средней Азии древесные и кустарниковые формы встречаются на выходах известняков); и местами различной увлажнённости (при переходе от суходола к болоту) и т.д.

Индикаторами рельефа могут быть морфометрические и морфологические особенности:

- а) абсолютные высоты и значение местных базисов эрозии;
- б) общая расчленённость рельефа и углы наклона склонов;
- в) ориентировка отдельных форм рельефа и экспозиция склонов (соляная, ветровая);
- г) связь рельефа с геологией;
- д) генезис рельефа;

Все эти индикаторы могут определять климатические особенности территории, водный режим, направленность и скорость ряда природных процессов и др.

Структура и густота гидрографической сети (рек, озёр, болот) может быть использована при геоморфологических, геологических и палеонтологических исследованиях. Например, коленообразные изгибы рек указывают на специфику тектонического развития территории.

Отметим, что в распоряжении дешифровщика имеется наибольшее количество природных связей, следует также иметь в виду что типичные, многократно повторяющиеся связи по отношению к локальным составляют единицы. Тем необходимые при географических исследованиях, устанавливая взаимосвязи, фиксировать и сохранять их.

3.4 Комплексные демаскирующие признаки

Комплексные признаки дешифрирования впервые выделил Д.М. Кудрицкий (1956). Он относил к ним сочетание прямых и косвенных признаков. Позже ряд исследователей под комплексными признаками понимали сочетание прямых признаков, среди них: соотношение площадей, занятых различными объектами, число и соотношение объектов разных размеров, пространственное распределение объектов, характер границ между

объектами и комплексами и др. Всё это конечно обосновано, но первичное понимание комплексных признаков отрицать не следует.

Комплексные признаки в первую очередь передаются рисунком фотоизображения. Каждому природно-территориальному комплексу (ПТК) свойственен определённый рисунок, передающий его морфологические особенности.

Рисунок фотоизображения может быть проанализирован по формальным признакам и на ландшафтной основе. При формальном подходе к рисунку в нём можно различить три основных части: контурность, тональную структуру и собственно рисунок (узор). Контурность определяется конфигурацией, формой границ однотонных пространств, при этом, сочетание линий и точек, констатирующих с общим фоном, образует узор. Тональная структура образует сочетание тонов, заполняющих контуры, которые и образуют фотоизображение. Как правило, названные составные части образуют комплексный демаскирующий признак для выявления того или иного объекта.

РАЗДЕЛ 4. ТЕХНОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ АЭРОСНИМКОВ

4.1. Технологические схемы дешифрирования

Технологическую структуру процесса дешифрирования можно представить следующим образом:

1. Постановка задачи. Корректность постановки задачи, в конечном счете, определяет результаты дешифрирования. При этом следует учитывать реальные возможности метода дешифрирования, приемы и способы, характер имеющихся материалов.

2. Изготовление (сбор) и подготовка фотоматериалов. Часто приходится довольствоваться уже имеющимися аэроснимками. Поэтому их следует привести к удобному для работы виду: выбрать способ печати, масштаб, составить фотосхемы и т.п. Оптимально проведение специальной съемки для данного исследования.

3. Сбор информации. После постановки задачи собираются и систематизируются необходимые литературные и картографические источники. Анализируются результаты других исследований, которые могут помочь в конкретном исследовании.

4. Обработка аэроснимков. Собственно, это дешифрирование АФС, которое чаще всего состоит из чередования полевого и камерального. Если

многие характеристики исследуемой территории могут быть определены по прямым признакам, то работа строится по такой схеме:

- а) предварительное камеральное дешифрирование;
- б) полевое дешифрирование по маршрутам или эталонирование на «ключках»;
- в) камеральное дешифрирование АФС на участках, не посещенных в поле;
- г) выборочный полевой контроль камерального дешифрирования;
- д) окончательное камеральное дешифрирование и оформление.

Если исходной информации не достаточно, а камеральное дешифрирование ненадежно, то в этом случае лучше работу строить по такой схеме:

- а) полевое дешифрирование по маршрутам или на «ключках»;
- б) камеральное дешифрирование с использованием полевого;
- в) полевой контроль и дополнительное дешифрирование;
- г) окончательное камеральное дешифрирование и оформление результатов.

Данные технологические схемы в зависимости от конкретных задач могут быть видоизменены. Однако в любом случае должны отвечать основному требованию – при минимальных затратах средств и труда давать максимально полные, достоверные и надежные результаты дешифрирования.

4.2 Полевое дешифрирование

Полевое дешифрирование заключается в непосредственном сличении объектов и целых природных комплексов, изобразившихся на АФС с местностью.

При этом могут быть собраны сведения, не поддающиеся дешифрированию. В целом достигается высокая степень достоверности дешифрирования. Однако могут быть ошибки в основном связанные с субъективными особенностями исполнителя.

Процесс полевого дешифрирования включает три этапа: подготовительные работы, собственно дешифрирование и оформление результатов.

До выхода в поле должно быть выполнено следующее:

а) проведено изучение местности с использованием всевозможных источников (топографические и специальные карты, сопоставимые с масштабами съёмки, изучены АФС с детальным просмотром, ведомственные материалы, дающие часто подробные сведения об отдельных объектах).

б) определён порядок работ, разработана организационная схема, выбраны маршруты обхода территории. Принято считать, что в открытой местности вдоль маршрута надёжно дешифрируется полоса шириной в 500м, а в закрытых районах – 250 м.

в) установлена система обозначений и правила нанесения её на АФС. Если результаты дешифрирования выражаются словесно, то нужно уточнить терминологию, классифицирующую объекты и явления в данной тематике дешифрирования.

г) подготовлены снимки к работе: выделены рабочие (полезные) площади, определен, если возможно, масштаб АФС по картам, определить азимуты ориентировки снимков относительно сторон света, если предстоит работать в открытой безконтурной местности или в лесной чаще.

При проведении самого дешифрирования самое главное, чтобы мы всегда знали точное место нахождения на снимке, привязанное к местности. Достаточно часто возникает необходимость нанесения на АФС либо не изобразившихся объектов, либо вновь появившихся. Такая работа определяется различными способами с использованием контурных точек имеющихся на местности и опознанных на АФС.

Способ створов состоит в том, что на местности и на АФС выбираю две точки, в створе которых находится дешифрируемый объект. Измерив расстояние по створу от искомого объекта до известного и отложив его на снимке с учётом масштаба АФС, находят положение объекта.

Способ промеров заключается в том, что на АФС и на местности находят две идентичные точки. Между ними измеряют расстояние – магистраль. Перпендикулярно магистрали делают промеры до объекта.

Способ линейной засечки основан на промерах линий от дешифрируемого объекта до двух-трёх опознанных на АФС точек. После опознанных точек измерителем в масштабе снимка делают засечки. Там где радиусы дуг пересекутся, будет находиться искомый объект.

Полярный способ применяется в тех случаях, когда требуется нанести на снимок много новых не изобразившихся объектов. Положение объектов определяется с твёрдо опознанной на АФС точки по углу и расстоянию.

Углы откладываются по направлениям, фиксированного на местности и на АФС.

По мере накопления фактов при дешифрировании их необходимо регистрировать. Для этой цели могут быть составлены схемы, выполнены зарисовки, проведены записи, сделано фотографирование или, чаще, всё это вместе. При этом важно, чтобы все записи были связаны между собой, сопоставимы и локализованы на АФС. Особое внимание следует обращать на границы участков отдешифрированные разными исполнителями (сводка по рамкам).

Достаточно эффективно при полевых наблюдениях научное географическое фотографирование местности. Следует добиваться максимальной достоверности, наглядности – это присуще всякой фотографии. Для научной фотографии характерно, во-первых, стандартность в выборе материала, приёмов съёмки, обработке снимков, во-вторых – натуральность изображения, в-третьих, – выразительность её основного содержания. Фотографироваться могут, как отдельные объекты, так и общий вид местности, однако связь наземных снимков и АФС обязательна. Особенно ценную информацию дают панорамное и стереоскопическое фотографирование. Названные материалы могут детально и многократно изучены на камерально, выявлены объекты, их свойства и явления, плохо передававшиеся на АФС, что, в конечном счете, повысит результаты полевого дешифрирования.

4.3 Камеральное дешифрирование

Камеральное дешифрирование производится в лабораторных условиях на основе прямых, косвенных и комплексных признаков с использованием всевозможных вспомогательных материалов и приборов.

АФС применяемые в камеральном дешифрировании должны отвечать повышенным требованиям. Они должны быть достаточно контрастными, нормальной плотности с хорошей проработкой теневых и освещённых участков. Хорошо, если АФС отпечатаны разными способами.

Дешифрирование начинается с общего просмотра снимков и ознакомления с районами исследования по картографическим и иным

материалам. Процесс просмотра многократно до полного умозрительного представления о местности («эффект присутствия»).

Анализ снимков идёт по принципу: от общего к частному. Сначала происходит установление фактов присутствия, затем – сортировка сведений по степени их полезности и важности. Перелом в ходе дешифрирования обычно наступает в тот момент, когда уяснены общие закономерности природно-территориального комплекса (ПТК).

Важен порядок дешифрирования и порядок обозначения результатов дешифрирования. Объекты, с которых начинается анализ изображения, могут не участвовать в окончательном результате. При общегеографическом картографировании дешифрирование начинают с путей сообщения и населённых пунктов, они же первыми обозначаются. Затем устанавливаются береговая линия крупных водных объектов, гидрографическая сеть, рельеф земной поверхности, естественная растительность, геологическое строение, сельскохозяйственные угодья.

Дешифрирование может вестись поэлементно, но в пределах всей заснятой территории или по участкам. Оба приёма имеют свои достоинства и недостатки.

Камеральное дешифрирование предполагает использование различных приборов: это в первую очередь луны с различной степенью увеличения, иногда с измерительными шкалами; разнообразные по конструкции стереоскопы; стереоочки.

При работе с оптическими приборами особое внимание следует уделять освещению. Оно должно быть равномерным, а по спектральному составу жёлтым или зелёным. Из опыта известно, что достаточно хорошее освещение достигается электрической лампой накаливания в 60 – 75 Вт с отражателем. При этом угол падения световых лучей относительно снимка должен быть порядка $30 - 40^{\circ}$.

Важным этапом при камеральном дешифрировании является перенос результатов на единую основу с учётом искажений изображения. Существуют графические и оптические способы трансформирования АФС, которые весьма подробно описаны в руководствах по фотограмметрии.

4.4 Эталонное дешифрирование

Камеральное дешифрирование не даёт всестороннего и безошибочного представления об исследуемой территории. Полевое дешифрирование достаточно надёжно, но дорогое. Весьма полные и достоверные данные при сравнительно малых затратах труда даёт сочетание полевого и камерального дешифрирования. Подобное сочетание организуется в виде способа эталонного дешифрирования.

Способ заключается в том, что в поле с большой полнотой и детальностью дешифрируются отдельные снимки или их группы на типичные для данной территории участки, так называемые «ключи». Отдешифрированные, таким образом, АФС получили название – *эталоны*. Эталоны затем используются при камеральном дешифрировании как основной источник информации об объектах и явлениях и о местности в целом. Эталоны сопровождаются описанием: где указываются выходные данные съёмки, особенности местности: физико-географическая характеристика, индивидуальные черты объектов и явлений и их дешифровочные признаки.

В практике существуют два подхода к содержанию эталонов.

В первом случае под эталоном понимается эталон признаков. При этом на снимках выделяются независимо от величины все участки, которые отличаются друг от друга по характеру изображения. Участки нумеруются, сличаются с местностью и описываются словами с указанием, каким условным знаком или их комбинацией показывать содержание контура на карте. Такие эталоны должны дополнительно осмысливаться в камеральных условиях.

Во втором случае эталонные снимки полностью дешифрируются в принятой системе обозначений, в который будет передан окончательный результат. Содержание эталона генерализуется в соответствии с принятыми правилами. Эталон является, как образцом признаков, так и образцом передачи содержания в соответствии с правилами картографии. Такие эталоны создаются специалистами.

Эталоны могут быть длительного пользования. В этом случае создаются собрания эталонов – информационные системы. Совершенно очевидно, что здесь возникает задача в большом многообразии эталонов найти те, которые необходимы на данном этапе исследования. Это достигается соответствующей кодировкой эталонов.

Важное значение имеет правильный выбор участков эталонирования. Для этой цели выполняется работа из следующих этапов:

- а) просмотр и первичное дешифрирование с привлечением всех имеющихся сведений о местности,
- б) расчленение снимков на участки с характерной структурой и текстурой,
- в) выбор внутри каждого выбранного участка типичных «ключей».

Число этапов на единицу площади зависит от сложности и многообразия местности. В конечном счёте, камеральное дешифрирование по эталонам производится способом географической интерполяции и экстраполяции.

4.5 Измерение высот отдельных объектов по снимкам

Высоты отдельных объектов можно получить разными способами: по разностям продольных параллаксов: по длинам падающих теней; по величине смещения вершины объекта относительно основания и другими.

а) Измерив на стереофотограмметрических приборах разность продольных параллаксов, высоту объекта можно получить по формуле, принятой для определения превышений рельефа:

$$h = \frac{H}{\varepsilon + \Delta p} \Delta p, \quad (1)$$

где H – высота фотографирования;

ε – базис съёмки в масштабе АФС;

Δp – разность параллаксов.

Для местности пересеченной высоты объектов будут отличаться от истинных тем больше, чем больше разность высот фотографирования между местом, где расположен объект и начальной плоскости, относительно которой определяют высоту фотографирования и базис съёмки. Для этой цели пользуются формулой, учитывающей положение объекта в рельефе:

$$h = \frac{H - h^1}{H\varepsilon + (H - h^1)\Delta p} \Delta p, \quad (2)$$

где h^1 – разность высот между начальной плоскостью и основанием объекта. На практике разность параллаксов часто незначительна, поэтому величину $(H - h^1)\Delta p$ можно исключить. Тогда получим:

$$h = \frac{H - h^1}{H\varepsilon} \Delta p \quad (3)$$

Проведенная оценка точности по параметрам входящим в вышеприведенные формулы показала, что при высотах съемки более 1500 м и слабохолмистой местности можно вычисления проводить по формуле:

$$h = \frac{H}{b} \Delta p \quad (4)$$

При малых высотах фотографирования даже незначительный рельеф требует учета величины h^l , h^l может быть получена с использованием топографических карт, измерена на стереоприборах, причем стереопары могут быть ориентированы лишь по начальным направлениям, особенно если АФС получены с гиросtabilизацией.

Следует помнить, что измерение высот отдельных объектов по разностям параллаксов ограничено тем, что вершина и основание объекта должны быть взяты рядом, если снимки ориентированы только по начальным направлениям.

б) Вычисление высот объектов по теням производится по формуле:

$$h = \frac{l \cdot m}{n} = \frac{L}{n}, \quad (5)$$

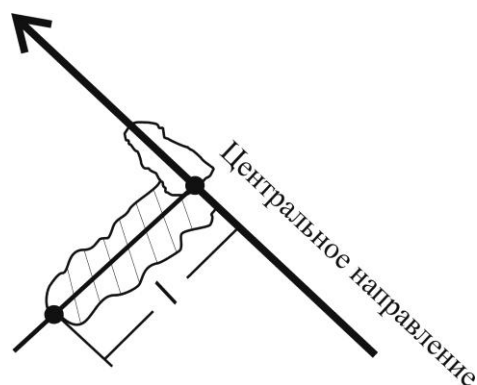
где l – длина тени объекта на АФС,

m – знаменатель масштаба АФС,

n – относительная длина тени, которая равна отношению высоты объекта к длине тени для определенной географической широты, даты и времени съемки, и численно равна котангенсу (ctg) угла падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность. Выбирается из таблиц В.И. Друри.

L – длина тени в натуре.

Длины теней должны измеряться особенно тщательно, а также нужно учитывать, что измерения выполняются в направлении падения тени и что сам объект имеет перспективное смещение. Положение основания тени можно округлить, если провести две линии: одну из центра АФС к вершине объекта, другую – из вершины тени в направлении падения тени, тогда в пересечении получим основание объекта.



Для АФС гористой местности, имеющей переменный масштаб, формула (5) записывается в виде:

$$h = \frac{e \cdot H^1}{n \cdot f}, \quad (6)$$

где H^1 – высота фотографирования относительно основания объекта;
 f – фокусное расстояние АФА.

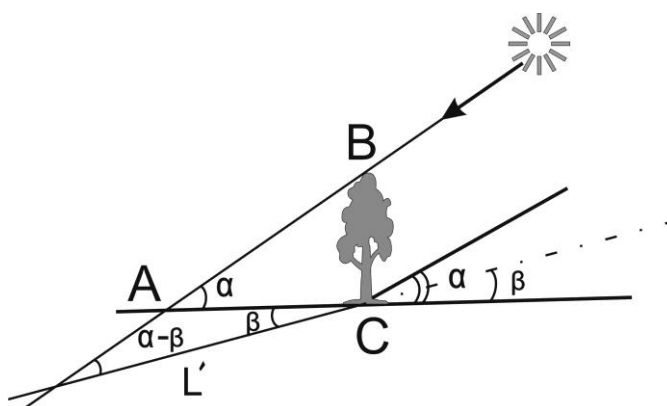
При этом относительная ошибка измерения длины тени будет больше, чем больше длина тени и грубее измерено колебания высот в рельефе, между начальной плоскостью (H) и основанием объекта.

Точность определения высоты объекта будет зависеть от угла падения солнечных лучей. Чем выше положение Солнца, тем ошибки определения высоты объекта больше ошибок измерения длин теней.

Эти рассуждения применительны к случаю падения теней на горизонтальную поверхность. В действительности тени часто проектируются на наклонные поверхности и тогда высота объекта с длиной тени связаны зависимостью:

$$h = L^1 \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha}, \quad (7)$$

где α = угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность;
 β - угол наклона местности в направлении падения тени;
 L^1 – длина тени на наклонной поверхности.



Углы наклона местности можно определить разными способами (рассмотрим ниже). Однако следует помнить, чем ниже стояние Солнца, тем более малые углы необходимо знать и с большей точностью.

Задача определения длины тени на наклонной поверхности усложняется тем, что ориентировка склона влияет на длину тени на АФС. Наиболее удобно измерять длины теней в центре плановых снимков, предпочтительнее снимать с $f = 200$ мм и более. Тогда существует приближенная формула определения длины тени:

$$L = \frac{l \cdot m}{\cos \beta}, \quad (8)$$

где m – масштаб АФС в данном месте;

l - длина тени на АФС;

β - угол наклона местности в направлении падения тени.

Подставив (8) в (7) получим полную формулу для вычисления высот объектов по измеренным на АФС длинам теней

$$h = l \cdot m \frac{\sin(\alpha \pm \beta)}{\cos \alpha \cos \beta} = l \cdot m \cdot k \quad (9)$$

Коэффициент k может быть заблаговременно рассчитан для различных α и β и представлен в виде таблицы.

Данный способ работает при углах наклона до $25-30^\circ$, далее теряет свою практическую ценность.

в) Определение высот объектов по смещению их вершин относительно основания. Вычисление производится по формуле:

$$h = \delta_h \frac{H}{c}, \quad (10)$$

где δ_n – величина смещения вершины объекта относительно основания (параллактическое смещение);

H – высота фотографирования;

$ч$ – расстояние от вершины объекта до центра АФС (точки надира).

Из формулы видно, что ошибка измерения величины « $ч$ » тем больше сказывается на окончательном итоге, чем эта величина меньше. Поэтому настоящий способ определения высот приемлем при работе на краях АФС. Также отметим, что ошибка измерения высоты объекта увеличивается с увеличением высоты фотографирования и становится меньше, чем больше сдвиг.

4.5.1 Определение углов наклона местности

Определение крутизны склонов составляет одну из возможных задач географического дешифрирования АФС. Эта задача может быть решена несколькими способами:

1. Глазомерно-стереоскопический способ требует достаточного опыта наблюдателя, а также учета видимой деформации стереомодели. После соответствующих тренировок наклоны могут быть определены с ошибкой до $2-3^0$, что иногда вполне достаточно.

Суммарное влияние деформации видимой стереомодели (за счет преувеличения вертикального масштаба стереомодели и за счет положения стереоскопа и глаз по отношению к АФС) и истинный угол наклона местности определяется по формуле:

$$ctgi = \mu ctgi^l + a,$$

где i – истинный угол наклона;

i^l – видимый угол наклона;

μ - коэффициент вертикального преувеличения стереомодели;

a – поправка, обусловленная положением измеряемого склона поправка « a » вычисляется по формуле:

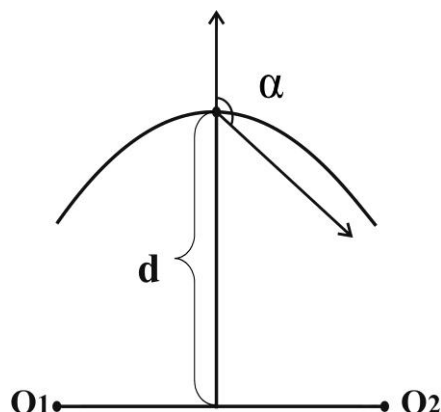
$$a = \frac{d}{f} \cos \alpha,$$

где d – расстояние от центра модели до вершины измеряемого склона;

α - угол, образованный радиусом-вектором, проведенным из центра модели на вершину объекта, и направлением падения склона;

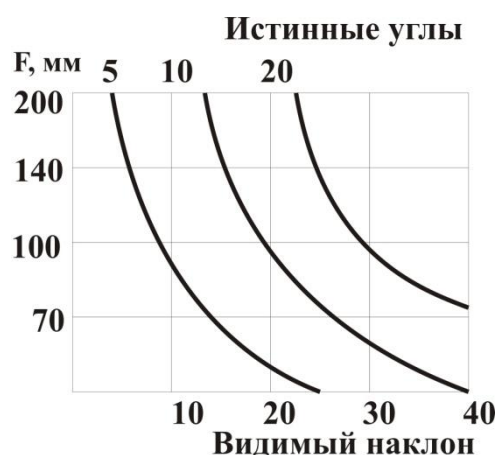
f – фокусное расстояние АФА.

d и α измеряются непосредственно на АФС как это показано на следующем рис.



При глазомерно-стереоскопическом определении углов наклона местности работа выполняется в следующем порядке:

- оценивается на глаз крутизна склона относительно горизонтальной плоскости – плоскости снимка – стола;
- определяются на снимках d и α . Если $d = 0$ или $\alpha = 90^\circ$ или 270° , поправочный член « a » в формуле не учитывается
- находится поправка и вводится в наблюдаемый угол;
- по величине f и исправленному наблюдаемому углу определяется истинный угол наклона местности. Это можно сделать с помощью соответствующей номограммы.



4.5.2 Стереофотограмметрическое определение крутизны склонов

Определяется разность параллаксов изображения точек вершины и основания (подошвы) склона « Δp », измеряется проекция склона на

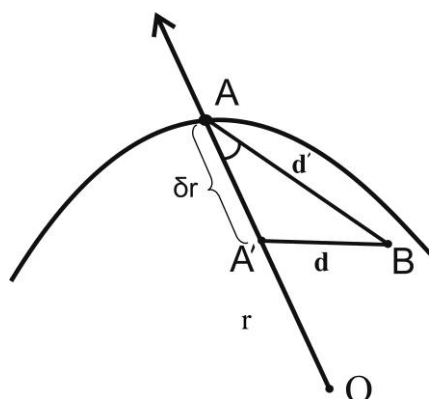
горизонтальную плоскость « d », базис фотографирования « e ». И при условии известного f угол вычисляется по формуле:

$$\operatorname{tgi} = \frac{f \cdot \Delta p}{e \cdot d}$$

Разность параллаксов может быть получена просто – с помощью параллактических пластин. Базис измеряется на снимках, а величина заложения (проекция склона на горизонтальную плоскость) определяется по формуле:

$$d = \sqrt{r^2 - 2d' \delta_q \cos \beta + \delta_q^2}$$

Величины d', δ_q, β измеряются на снимке



Отметки, что средняя квадратическая ошибка определения крутизны склонов глазомерно-стереоскопическим способом равна $\pm 4^0$, а стереофотограмметрическим $\pm 2,5^0$.

Существуют и другие способы определения углов наклона местности.

Кроме того по снимкам могут быть определены такие количественные параметры объектов как их площадь и глубина. Для достаточно точного получения этих значений требуется соответствующее оборудование, иногда достаточно сложное, и Вам по этим параметрам будут даны методики в курсах соответствующих дисциплин.

РАЗДЕЛ 5.МАТЕРИАЛЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

(примеры использования)

5.1 Особенности дешифрирования природных компонентов

Гидрографические объекты опознаются по прямым признакам, в основном, по цвету (тону) водных поверхностей водоемов и рек и характерному рисунку гидрографической сети. Искусственные водоемы часто опознаются по гидротехническим сооружениям (плотинам, дамбам), которые определяются по прямолинейному рисунку границ

водоема в его расширенной (нижней) части. Отделение мелководной поверхности водоема от суши или зарослей гидрофильной растительности наиболее достоверно осуществляется при наличии съемки в ближней инфракрасной зоне электромагнитного спектра (0,7 - 0,8 мкм), изображение открытой водной поверхности в которой имеет наиболее интенсивный темный тон (цвет).

Рельеф и его формы опознаются, как правило, по прямым дешифровочным признакам. При дешифрировании в первую очередь выявляются крупные морфоструктурные формы мега- и макрорельефа. Далее осуществляется детальное изучение внутреннего строения выделенных крупных морфоструктурных элементов, обособляются элементы морфоструктур более низкого порядка, выявляются выраженные в рельефе элементы разломной тектоники, фиксируются отдельные формы рельефа, с учетом тектонического строения территории, физико-географических условий и истории развития рельефа района.

Почвенный покров при дешифрировании космических снимков определяется на основе использования прямых и косвенных признаков

На территориях, покрытых древесно-кустарниковой растительностью, характер почвенного покрова может быть установлен на основе косвенных признаков - по взаимосвязи его с характером растительного покрова (видовой состав, тип лесорастительных условий, класс

бонитета) и приуроченностью к определенным формам рельефа.

Растительный покров. Древесная растительность опознается на космических снимках всех масштабов по прямым дешифровочным признакам, кустарниково-травянистая - почти исключительно по косвенным признакам. Отграничение участков, занятых древесной растительностью, от

не заселенных территорий проводится по тону (цвету) и рисунку. Более детальное разделение территории на страты или таксационные выделы по преобладающим породам по спектрзональным снимкам.

5.2 Дешифрирование по АКС пожарной обстановки лесных земель

Для планирования работ по охране лесов от пожаров органы управления лесным хозяйством и подразделения авиационной охраны лесов от пожаров должны знать метеорологическую и лесопожарную обстановку как в районе нахождения лесных пожаров, так и на всей охраняемой территории. Оперативное получение такой информации обеспечивают космические съемки с метеорологических и ресурсных ИСЗ, с помощью которых снимают одну и ту же территорию несколько раз в течение суток. Практические рекомендации по применению спутниковой информации в охране лесов от пожаров были разработаны в 70-х годах специалистами ЛенНИИЛХ. В 90-х гг. они развиты Международным институтом леса и ФГУ «Авиалесоохрана» на основе применения ГИС-технологий и автоматизированных методов анализа и обработки информации. Рисунок космического изображения передает морфологию географических, лесопирологических (лесные пожары) и метеорологических комплексов. В рисунке изображения отражаются внутренние связи между данными природными комплексами и процессами, происходящими в них, а также пространственное размещение элементов изображения, характеризующихся специфической структурой и текстурой рисунка. При дешифрировании синоптической и лесопожарной обстановки в В практике при дешифрировании изображения пользуются не абсолютными яркостями, а их соотношениями. Это позволяет различать на снимках большее количество градаций яркости:

а) наиболее светлые участки - соответствуют облакам большой вертикальной мощности и плотности, а также свежевывавшему снегу и ледовым полям;

б) светло-серые участки - районы с неплотной облачностью нижнего или среднего ярусов, а также с тонкой перистой облачностью. Сюда же могут быть отнесены и дымовые шлейфы лесных низовых пожаров, пустыни, снег и лед;

в) темно-серые участки - районы суши, покрытые лесом и другой растительностью;

г) темные участки - моря, океаны, озера, реки, а также свежие гари.

Сильная задымленность создает определенные трудности в оперативной работе авиационных подразделений, а также работе других ведомств. Поэтому при планировании работ по тушению лесных пожаров необходимо знать о степени задымленности территории, которая оценивается по 5-балльной шкале с указанием плотности дыма по трем градациям: слабая, средняя и сильная.

5.3 Определение границ снежного покрова

Целью определения границ снежного покрова является установление сроков наступления (окончания) пожароопасного сезона. Дистанционные методы наблюдения за снежным покровом основаны на взаимосвязях электромагнитного излучения в широком диапазоне волн с изменчивыми физическими характеристиками снега (плотность, теплопроводность, влажность и др.). Свежевыпавший снег отражает около 95 % солнечной радиации в области длин волн 0,3-0,9 мкм.

Картина залегания снежного покрова хорошо прослеживается на космических снимках. При этом тон изображения заснеженных объектов может меняться в довольно широких пределах - от белого до темно-серого, в зависимости от мощности и состояния снежного покрова (сухой, талый), рельефа местности, наличия и видового состава растительности, условий съемки. Тон изображения снежного покрова, залегающего под пологом леса, будет претерпевать изменения в зависимости от степени сомкнутости и видового состава лесных насаждений. Наибольшую трудность при дешифрировании снежного покрова представляет облачность, поскольку отражательные свойства этих объектов примерно одинаковы. Однако вид изображения облачной картины, в отличие от снежного покрова, на снимках быстро меняется.

Картина залегания снежного покрова хорошо прослеживается на космических снимках. При этом тон изображения заснеженных объектов может меняться в довольно широких пределах - от белого до темно-серого, в

зависимости от мощности и состояния снежного покрова (сухой, талый), рельефа местности, наличия и видового состава растительности, условий съемки. Тон изображения снежного покрова, залегающего под пологом леса, будет претерпевать изменения в зависимости от степени сомкнутости и видового состава лесных насаждений. Кроме того, границы залегания снежного покрова на снимках просматриваются в виде непрерывной линии, тогда как границы облачности, как правило, разорваны. При дешифрировании границ снеготаяния по космическим снимкам для начальной привязки можно использовать карты высот снежного покрова и его границ, которые приводятся в приложениях к ежедневному гидрометеорологическому бюллетеню метеослужбы.

Литература:

1. Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учеб. пособие, рекомендовано УМО / И. А. Лабутина. - М. : Аспект Пресс, 2004. - 184 с.
2. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош; пер. с англ. А. В. Кирюшина. - М. : Техносфера, 2008. - 312 с. : 16 с. цв. вклейки. - (Мир наук о земле)
3. Топографическое дешифрирование снимков: учеб-метод. пособие / Л. А. Головина, Д. С. Дубовик ; СГГА. - Новосибирск : СГГА, 2011. - 59
4. Кравцова, В. И. Космические методы исследования почв: учеб. пособие для вузов, рекомендовано УМО / В. И. Кравцова. - М. : Аспект Пресс, 2005. - 190 с.4. Чандра, Гош. Дистанционное зондирование и геоинформационные системы.