

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве**

**Направление подготовки 35.03.01 Лесное дело**

**Профиль образовательной программы Лесное хозяйство**

**Форма обучения**      заочная

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Лекция № 1 Природные условия съемок.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Лекция № 2 Дешифрирование аэрофотоснимков. ....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Лекция № 3 Использование аэрокосмических снимков и авиации в лесном хозяйстве.....</b>	<b>10</b>
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Оценка качества материалов аэрофотосъемки.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Вычисление показателей плановой аэрофотосъемки.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Определение горизонтального масштаба планового аэрофотоснимка и времени дня аэрофотосъемки.....</b>	<b>16</b>
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Стереоскопическое зрение и стереоскопический эффект.....</b>	<b>17</b>
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-5 Дешифрирование нелесных и не покрытых лесом площадей.....</b>	<b>18</b>

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Природные условия съемок»

### 1.1.1 Вопросы лекции:

- 1.1 Оптические свойства атмосферы.
- 1.2 Освещенность земной поверхности.
- 1.3 Оптические характеристики природных объектов.
- 1.4 Электромагнитный спектр.
- 1.5 Отражательная способность лесной растительности.
- 1.6 Метеорологические условия и сроки проведения съемок.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Оптические свойства атмосферы

Для солнечных лучей атмосфера является полупрозрачной средой, частично отражающей (30%), поглощающей (20%) и пропускающей (50%) солнечную радиацию. Прозрачность атмосферы увеличивается с увеличением длины волны. Фиолетовые, синие и голубые лучи рассеиваются атмосферой в 2,2 раза больше, чем красные. Поэтому небо имеет синий цвет, а солнце в утренние и вечерние часы – красное.

Слой атмосферы между земной поверхностью и съемочной системой всегда содержит мельчайшие (0,01–1 мм) частицы газов, водяных паров, пыли, дыма. Они вызывают рассеяние света в атмосфере и обуславливают дополнительную яркость самого воздуха, чем снижают контрастность деталей земной поверхности. Свечение или мутность атмосферы за счет рассеяния света от взвешенных в воздухе частиц называют *дымкой*. В результате преобладания в атмосфере молекул газов и водяного пара сильнее рассеиваются фиолетовые, синие и голубые лучи, столб воздуха приобретает собственную яркость (свечение) – *дымка первого рода*. На снимках она изображается в виде равномерно серой вуали (пелены). Для устранения вредного влияния дымки первого рода используются желтые и оранжевые светофильтры, не пропускающие фиолетовых, синих и голубых лучей.

Твердые частицы пыли, дыма и льда в одинаковой мере рассеивают все лучи, возникает *дымка второго рода*, имеющая серый или белесый цвет. При ее наличии АФС проводить запрещается.

Коэффициент задымленности до высоты 3,5–4,5 км быстро растет, достигая наибольшего значения в слое воздуха 2–4 км, а затем его рост замедляется. Возникающее явление называют эффектом кальки, при котором дымка, как бы спрессованная в слое воздуха в 2–2,5 км, накладывается на фотографируемый ландшафт в виде своеобразного фильтра. В результате при соответствующем подборе фотопленок и светофильтров можно получать высококачественные негативы при съемке не только с больших высот, но и из космоса.

#### 2. Освещенность земной поверхности

*Освещенность земной поверхности* – поток лучистой солнечной энергии, достигающей поверхности Земли. Величина его зависит от высоты стояния Солнца, широты местности, прозрачности атмосферы и наличия облачности. В результате рассеивания солнечного света поверхность Земли освещается прямыми солнечными лучами и рассеянным светом. Естественная освещенность земной поверхности, или поток лучистой энергии  $E_c$  при безоблачном небе либо частичной облачности, складывается из освещенности прямыми солнечными лучами  $E_n$  и рассеянной освещенности  $E_p$ , поступающей от небесного свода и отраженной от земной поверхности:

$$E_c = E_n + E_p.$$

С увеличением прямой освещенности увеличиваются контрасты между освещенными и затененными частями объектов, уменьшается длина теней, но увеличивается их чернота. Общий вид полого древостоя становится более ярким и пестрым, но просматриваемость полого в глубину уменьшается.

При высоте стояния Солнца более 15–20° спектральный состав освещенности остается практически неизменным. В результате этого облегчается подбор аэропленок и сохраняется стабильность изображения древостоев на аэроснимках.

### 3. Оптические характеристики природных объектов

Показатели, характеризующие яркость объектов и определяющие их дешифровочные возможности: коэффициент полного отражения, или альbedo  $A$ , коэффициенты яркости  $r$  и спектральной яркости  $r_\lambda$ , яркостный контраст  $K$  и интервал яркости  $U$ .

*Альbedo* – это отношение светового потока, отраженного данной поверхностью по всем направлениям  $F$ , к полному потоку, поступающему на исследуемую поверхность  $F_0$ :

$$A = F/F_0.$$

Различают спектральное  $A_\lambda$  альbedo:

$$A_\lambda = F_\lambda/F_{0\lambda}.$$

Возможность глазомерного восприятия объектов обусловлена различием их *отражательной способности* – яркости, которую характеризует *коэффициент яркости* (в долях единицы или %):

$$r = B_1/B_0.$$

где  $B_1$  – яркость отражающей поверхности (объекта);  $B_0$  – яркость абсолютно белой идеально рассеивающей поверхности (гипсовая пластинка или белая бумага, покрытая сернокислым барием, отражает 90% света и принимается за 1,0, эталон).

Снег чистый – 88%, лес – 5%, затемненные участки в лесу – 3%, желтые поля – 20%, песок желтый – 31%, песок мокрый – 18%.

Различные лучи спектра отражаются объектами неодинаково, и для характеристики их отражения используется *коэффициент спектральной яркости* ( $\lambda$  – длина волны).

$$r_\lambda = B_{1\lambda}/B_{0\lambda}.$$

Для оценки различия яркости объектов используются *яркостные контрасты*:

$$K = \frac{B_1 - B_2}{B_1} = \frac{r_1 - r_2}{r_1},$$

где  $B_1$  – яркость объекта с большей яркостью;  $B_2$  – яркость объекта с меньшей яркостью,  $r_1$  – коэффициент яркости первого объекта;  $r_2$  – коэффициент яркости второго объекта.

Контраст абсолютно белых и черных объектов равен 1,0. В природе таких объектов нет. В период осеннего пожелтения листвы контраст между хвойными (сосна – ель) и лиственными (береза – осина) породами достигает 0,8–0,87. Контраст между освещенными частями крон и затененными промежутками между ними даже летом в видимой области спектра составляет 0,86–0,88, а в ближней ИК – 0,94–0,97.

При выборе условий съемки определяют *интервал яркости* (относительный фотографический контраст) – отношение наибольшей яркости объектов к наименьшей (или соответствующих коэффициентов яркости):

$$U = B_{max}/B_{min} = r_{max}/r_{min}.$$

Интервал яркости ландшафта оценивают, исходя из яркости массовых или имеющих наибольшее значение объектов. Среднее значение интервалов яркости летнего ландшафта колеблется в пределах от 2 до 30, фотографических контрастов – от 0,3 до 1,48.

Глаза человека воспринимают минимальный контраст 0,01–0,02, который называется *пороговым контрастом зрительного восприятия*. Глаз человека более чувствителен к цветам, чем серым (черно-белым) тонам. Передача естественных цветов не обязательна. Необходимы лишь наибольшие различия в цветах. Поэтому дешифровочные свойства спектрозональных АФС выше, чем черно-белых и цветных.

#### 4. Электромагнитный спектр

Солнечное излучение представляет собой электромагнитные волны широкого спектрального диапазона. Электромагнитные волны можно представить в виде шкалы спектра. Основными характеристиками излучения являются: длина волны  $h$  и частота колебания  $\nu$ .

Спектр начинается с коротковолнового излучения (гамма лучи  $\lambda = 10^{-4}$ – $10^{-2}$  нм, рентгеновские лучи  $\lambda = 10^{-2}$ –10 нм). Участок спектра с длиной волн  $\lambda = 0,01$ – $0,38$  мкм относится к ультрафиолетовой (УФ) области (дальняя УФ-область 0,01–0,30 мкм и ближняя – 0,3–0,38 мкм). Спектральный диапазон  $\lambda = 0,38$ – $0,76$  мкм – область видимого излучения, воспринимаемого человеческим глазом и многими приемниками типа фотоэлементов (0,38–0,45 мкм – фиолетовый, 0,45–0,48 – синий, 0,48–0,51 – голубой, 0,51–0,55 – зеленый, 0,55–0,57 – желто-зеленый, 0,57–0,59 – желтый, 0,59–0,62 – оранжевый и красный – 0,62–0,76 мкм).

При изучении Земли дистанционными методами наблюдения можно проводить только в зонах прозрачности земной атмосферы. Пропускание атмосферы по спектру различно (рис. 1). В рентгеновской и дальней УФ-областях (до  $\lambda = 0,3$  мкм) атмосфера абсолютно непрозрачна. В пределах 0,3–0,38 мкм (ближняя УФ-область) и в ближней видимой части спектра ( $\lambda = 0,38$ –0,5 мкм) на съемку значительно влияет атмосфера, так как прозрачность ее от слабой до удовлетворительной; в остальной видимой части спектра ( $\lambda = 0,5$ –0,76 мкм) прозрачность атмосферы высокая.

#### 5. Отражательная способность лесной растительности.

Часть поглощенной энергии лучистого потока, затраченная на нагревание поверхности, отражается в виде теплового излучения, которое лежит в ИК-области спектра; на этом тепловом излучении базируется инфракрасная съемка.

Все растительные сообщества летом характеризуются в видимой области спектра максимумом поглощения в синей и оранжево-красной зонах. Форма кривых коэффициентов спектральной яркости имеет максимум в зеленой зоне спектра ( $\lambda = 540$ –580 нм), минимум – в сине-фиолетовой ( $\lambda = 400$ –470 нм) и красной ( $\lambda = 680$ –690 нм).

У большинства лиственных пород в ИК-лучах (0,7–0,9 мкм) коэффициент отражения больше в 5 раз, а у хвойных – примерно в 4 раза, чем в видимой части спектра. Именно поэтому при черно-белом фотографировании растения в ИК-области спектра изображаются более светлым тоном. Эта особенность и положена в основу многозональной съемки.

На оптические характеристики растений влияют географическое и высотное положения, погодные условия.

В ближайшей ИК-зоне спектра различия в спектральных яркостях крон основных древесных пород значительные. При этом можно выделить две группы пород: повышенной спектральной яркости, где  $r_{\lambda} = 0,6$ –0,7 (осина, береза), и с меньшей величиной  $r_{\lambda}$  (сосна, ель). В связи с этим при ИК-съемке тоновые различия

между древесными породами существенны, они надежно позволяют отделять хвойные породы от лиственных.

В течение вегетационного периода изменяется внешний вид и отражательная способность древостоя. Весной молодая хвоя и листва имеют ярко-зеленый цвет, летом – темно-зеленый вследствие насыщения хлорофиллом. Существенные различия в яркости приводят к тому, что изображения на снимках хвойных и лиственных древостоев в весенний период значительно контрастны.

## **6. Метеорологические условия и сроки проведения съемок**

АКС проводятся в ясные солнечные дни или при наличии высокой (даже сплошной) облачности, но выше полета летательных аппаратов. Очень сложно проведение КС. В любой момент облака покрывают примерно 65% Земли и около 75% стран СНГ. Изучение облачности проводится по данным многолетних наблюдений.

Аэро- и космические съемки обычно выполняют в ярике, солнечные, безоблачные дни. Перистые и перисто-слоистые облака им не препятствуют.

Фенологическое состояние деревьев и древостоев оказывает значительное влияние на их внешний вид, характер изображения на снимках и возможности дешифрирования. Для лесохозяйственных целей наиболее целесообразно увязывать сроки проведения АКС с развитием березы. Она растет повсеместно. У нее раньше других древесных пород появляется, начинает желтеть и опадать листва.

Весной на черно-белых аэропленках съемку начинают проводить через 2 недели после начала облиствления (средние многолетние данные – 5–10 мая), 15мая – на спектрзональные. Осенью съемка на спектрзональные пленки заканчивается с началом массового пожелтения листьев – 15 сентября, на черно-белые – до опадения половины листвы – середина октября.

АФС начинают проводить через 2 ч. после восхода Солнца при высоте его стояния более 25° и заканчивают за 3 ч. до захода Солнца. В течение дня съемочное время обычно не превышает 3–4 ч. После 9–10 ч. появляются кучевые облака и облачность достигает максимального развития к 13–15 ч.

## **1.2 Лекция № 2 (2 часа)**

**Тема: «Дешифрирование аэрофотоснимков».**

### **1.2.1 Вопросы лекции:**

1. Сущность и виды дешифрирования аэроснимков.
2. Дешифровочные признаки.
3. Подготовка аэрофотоснимков к измерительному дешифрированию.
4. Приборы и программные средства для измерительного дешифрирования аэрофотоснимков.
5. Измерение высот деревьев, диаметров крон и определение других таксационных показателей древостоев.
6. Автоматизированное дешифрирование аэроснимков.

### **1.2.2 Краткое содержание вопросов**

#### **1. Сущность и виды дешифрирования аэроснимков.**

*Дешифрированием* называется опознание объектов по их фотоизображениям и определение их качественных и количественных показателей. Лесное дешифрирование подразделяется на *контурное* и *таксационное*.

*Контурное* дешифрирование заключается в установлении границ лесного фонда, таксационных выделов и топографических объектов.

*Таксационное* дешифрирование заключается в определении таксационных показателей древостоев и описании других категорий земель по их фотоизображениям.

Дешифрирование подразделяется на *глазомерное* (аналитическое), *измерительное* (инструментальное) и *автоматическое* (машинное).

Первая попытка автоматизированного лесотаксационного дешифрирования у нас в стране была сделана С. В. Беловым, но в силу отсутствия высокоточных и надежных технических средств эти попытки не дали желаемого результата, хотя подтвердили мнение о возможности решения данной задачи.

За рубежом в настоящее время проводятся исследования в этом направлении, поскольку промышленностью США и некоторых других стран разработаны и освоены в серийном производстве технические средства, позволяющие проводить считывание информации со съемочных материалов с высокой точностью и стабильностью. Одним из наиболее используемых таких технических средств является система Р-1700 «Фотомейшен», выпускаемая фирмой Оптроникс (США).

Система представляет собой сканер, сопряженный с компьютером и позволяющий обрабатывать как черно-белые, так и спектрозональные снимки. Возможности автоматического определения ряда таксационных показателей насаждений непосредственно по аэрофотоснимкам основаны на наличии статистической связи между таксационными показателями насаждений и статистическими характеристиками изображения полога (СХИП) этих насаждений на аэрофотоснимках и использовании технических средств, позволяющих автоматически считывать информацию с аэрофотоснимков.

Определение связи полученных СХИП с таксационными показателями проводится на основе регрессионного анализа.

Следует отметить, что СХИП более тесно связаны с сомкнутостью полога, числом видимых деревьев и их размерами, однако поиски этих связей не представляют практического интереса, а их определение для того, чтобы через них установить корреляции СХИП с запасом, высотой, полнотой и диаметром, нецелесообразно, так как всегда более тесную связь можно получить через непосредственную корреляцию таксационных показателей с СХИП. Это происходит вследствие того, что при непосредственной корреляции минимизируется ошибка самих таксационных показателей, а при опосредованной – сначала ошибка промежуточных показателей, а уже потом окончательных.

Таким образом, определенные машинным путем по аэрофотоснимкам основные таксационные показатели (запас, сомкнутость полога, диаметр на высоте груди) по точности вполне удовлетворяют практику, ибо при наземной глазомерной таксации ошибки достигают более значительных величин, субъективны и имеют к тому же систематические ошибки, колеблющиеся в довольно больших пределах.

Если говорить о глазомерном и измерительном дешифрировании, то объекты на АФС изображаются в непривычном для человека виде сверху и сильно уменьшенных размерах. Поэтому опознать их часто довольно затруднительно, а иногда невозможно.

## **2. Дешифровочные признаки**

Для точного опознания объектов необходимо знать: форму, размеры, цвет (тон), геометрические и физические свойства, взаимосвязи с другими объектами и средой. Многие из них не находят изображения на АФС. Поэтому дешифровочные признаки делят на *прямые* и *косвенные*.

К прямым дешифровочным признакам относятся:

- цвет (тон);
- форма;
- размеры по длине и высоте;
- тени (собственные и падающие);

– рисунок изображения и т.д.

*Форма* объектов имеет важное значение для их опознавания. По форме крон опознаются породы, вырубки и кварталы по правильной прямоугольной форме.

*Размер* объектов используется для опознавания объектов и оценки их состояния. Размер крон и промежутков используется для определения возраста, полноты, класса бонитета и др.

*Цвет и тон* – для определения категорий земель, состава, возраста, бонитета, состояния и др.

*Тени собственные* дают хорошее представление о форме объектов. постепенный переход от освещенной к затененной части крон – показатель выпуклости, резкий – заостренности и т. д.

*Падающие тени* хорошо передают форму крон, когда их длина равна высоте объектов.

*Косвенные (ландшафтные) признаки* – приуроченность условий местопроизрастания, классов бонитета, преобладающих и составляющих пород к элементам рельефа, высоте над уровнем моря, крутизне и экспозиции склонов, гидрологии, взаимосвязи таксационных показателей деревьев и древостоев и т. д.

### **3. Подготовка аэрофотоснимков к измерительному дешифрированию.**

При подготовке на АФС отграничиваются рабочие площади, опознаются главные точки, проводятся начальные направления ( в левом верхнем углу), измеряется величина базисов и параллактического коэффициента, определяется высота фотографирования.

Высота фотосъемки определяется по показаниям радиовысотомеров или по данным измерений на фотоснимках и местности или топокартах.

В горной местности в показаниях радиовысотомера вводятся поправки за наклон линий.

### **4. Приборы и программные средства для измерительного дешифрирования аэрофотоснимков**

Приборы для измерительного дешифрирования АФС делятся на:

а) *увеличительные* – лупы, стекла 2–4-кратного увеличения (используются при глазомерном дешифрировании для увеличений размеров рассматриваемых объектов);

б) *измерительные* – циркуль, линейка (измерение расстояний на фотоснимке), лупа с нанесенными делениями, измерительный клин, шкала кружков (служат для измерения диаметров крон деревьев), площадные палетки (для определения единиц состава древостоев), шкалы тонов (7) и цветов (105) (для определения породного состава), шкала отрезков, точечные палетки (используются для определения сомкнутости полога и полноты древостоев) и др.;

в) *стереоскопические* – стереоскопы и стереоочки применяются для получения стереоэффекта при измерении высот древостоев, определении ярусности и т.д.;

г) *стереофотограмметрические (стереоизмерительные)* – стереоскоп с параллаксометром, стереометры, интерпретоскоп и др. (для определения высоты древостоев, отдельных деревьев и других объектов. Измерительной частью этих приборов является пара марок в виде точек, крестиков или нитей и параллактические винты.

### **5. Измерение высот деревьев, диаметров крон и определение других таксационных показателей древостоев.**

При проведении дешифрирования АФС высота деревьев и древостоев определяется по разности продольных параллаксов. Измерения повторяют несколько раз. Различия разности продольных параллаксов не должны превышать 0,05 мм, а затем вычисляют их среднюю величину. Высоты деревьев и древостоев вычисляются по формуле

$$h = \frac{H}{b} \cdot \Delta P,$$



где  $H$  – высота съемки, м;  $b$  – базис фотографирования снимков, мм;  $\Delta P$  – разность параллаксов, мм.

С наибольшей точностью измеряется средняя высота полога, близко совпадающая со средней высотой древостоя. Ошибки измерений высот в равнинной местности не выходят за пределы  $\pm 7 - 8\%$ , в горах  $\pm 9\%$ .

*Измерение диаметров крон* может проводиться измерительными лупами, измерительным клином, шкалой кружков, стереоизмерительными приборами. Под стереоскопом лучше заметны очертания проекций крон. Ошибки определения среднего диаметра крон не выходят за пределы 10–15%.

*Определение сомкнутости* полога проводится точечными палетками. Они накладываются на выдел и проводится подсчет точек, наложившихся на кроны. Сомкнутость полога вычисляют путем деления наложившихся точек на их общее число. Ошибки не выходят за пределы 10–15%.

*Состав древостоя* определяется по соотношению в % числа деревьев различных пород, видимых в пологе. Для проведения подсчетов используют палетки с круглыми или прямоугольными площадками. На площадке должно помещаться 30–50 крон деревьев. Подсчеты повторяют несколько раз. Состав получают путем деления количества деревьев одной породы, попавшей в пределы круга и квадрата палетки, на общее количество деревьев в данной площадке.

*Запасы древостоев* при проведении измерений определяют по стандартным таблицам хода роста древостоев, графикам или корреляционным уравнениям связи диаметров крон с запасом.

## **5. Автоматизированное дешифрирование аэроснимков**

В настоящее время наиболее полную и достоверную информацию можно получить при использовании человеко-машинной системы дешифрирования, сочетающей возможности дешифровщика, оптико-электронной техники и ЭВМ. При этом дешифровщик должен управлять и контролировать ход машинного дешифрирования.

В совместных технических средствах считывание и запись информации проводится тонким световым лучом в виде квадратиков с размером сторон от 12,5 до 200 мкм. Негатив (позитив) закрепляется на барабане, и при его вращении построчно сканируется и оцифровывается плотность изображения.

Точность близка к точности аналитико-измерительного дешифрирования. Границы выделов дешифрируются обычным способом в одной или нескольких зонах спектра с учетом статистики изображений сложных древостоев. Состав древостоев также определяется по тону и цвету, а остальные показатели – по специальным программам на основе их взаимосвязей со статистиками изображения пологров.

В связи с этим реальной целью разработок по автоматизации лесотаксационного дешифрирования аэрофотоснимков может быть создание человеко-машинной диалоговой системы автоматизированного дешифрирования, разумно сочетающей в себе возможности компьютера и оператора-дешифровщика. Последний должен осуществлять свои функции с помощью специально оборудованного автоматизированного рабочего места (АРМ).

В России разработана система РЕГИОН с комплексом технических средств, автоматизированного лесотаксационного дешифрирования аэроснимков, позволяющая в ходе экспериментов осуществлять оценку алгоритмов дешифрирования и обработки фотоинформации, накапливать опыт проведения такого дешифрирования и учитывать его в последующих разработках.

По своей структуре РЕГИОН представляет собой 4-уровневую иерархическую систему. В верхнем уровне находится управляющая программа системы и банк данных, далее следуют уровни функциональных блоков, служебных и рабочих процедур. Предусмотренные в программах диалоговые блоки дают возможность оператору управлять ходом дешифрирования.

Объективный характер процесса машинного дешифрирования позволяет использовать систему РЕГИОН для проведения сравнительной оценки влияния отдельных факторов на результаты машинного дешифрирования. В настоящее время система РЕГИОН используется для массовых статистических исследований при дешифрировании фотоснимков леса.

Комплекс EnsoMOSAIC фирмы разработчика StoraEnso позволяет обрабатывать и дешифрировать полученные при сканировании цифровые снимки. Возможно построение объемных изображений местности, а также автоматическое создание тематических карт земной поверхности.

PHOTOMOD – текущая версия 3.7 – система для многофункциональной прецизионной фотограмметрической обработки стереопарных изображений. Работает на персональных компьютерах в операционных средах Windows NT и Windows 95.

### **1.3 Лекция № 3 (2 часа)**

**Тема: «Использование аэрокосмических снимков и авиации в лесном хозяйстве».**

#### **1.3.1 Вопросы лекции:**

1. Обследование вырубок и состояния лесовозобновления. Авиационное регулирование состава молодняков.
2. Авиационные методы обследования санитарного состояния лесов.
3. Использование аэроснимков для обследования санитарного состояния лесов и борьбы с вредителями.
4. Использование авиации и аэрофотосъемки в охотничьем хозяйстве.
5. Аэрометоды при изыскании и проектировании лесоосушительных мелиораций и лесовозных дорог.

#### **1.3.2 Краткое содержание вопросов**

##### **1. Обследование вырубок и состояния лесовозобновления. Авиационное регулирование состава молодняков**

АКС различных масштабов используются для контроля за соблюдением правил рубок главного пользования, освоения лесосечного фонда, размеров лесосек, их расположения на склонах, наличия недорубов и перерубов.

По спектрзональным АФС масштаба 1/10 000-1/15 000 можно оценить технологию разработки лесосек, состав семенников и недорубов, крупного подроста, степень минерализации и подготовки почвы под культуры, штабеля древесины и отдельные стволы. На снимках более крупных масштабов по цвету различается возобновление старше 5 лет, и по ним можно выделить лесокультурный фонд.

Культуры на АФС имеют четкие границы и равномерный полог. Свежие борозды имеют вид синевато-зеленых или синих линий. Посадки и посев имеют вид синеватых полос на фоне желтого травяного покрова.

При использовании самолетов полеты совершаются на высоте до 200 м, вертолетов – 30 – 40 м. С такой высоты хорошо заметны недорубы, семенники, невывезенная древесина и порубочные остатки, мероприятия по содействию естественному возобновлению и подготовка почвы под культуры.

С вертолета хорошо заметно возобновление старше 5 лет, его состав оценивается по цвету (осенью). Доля хвойных пород обычно занижается. Возобновление хвойных до 5

лет и лиственных до 3 лет плохо заметно. Поэтому нужны данные для описания невозобновившихся вырубок и учета возобновления.

В случае зарастания культур хвойных пород мягколиственными используются авиационные методы регулирования состава молодняков. Для химической обработки подбираются смешанные мягколиственные молодняки I – II классов возраста с наличием 1,5–2 тыс. шт./га стволов хвойных пород высотой более 0,5 м.

Для обработки насаждений используются арборициды (древесные яды). Они должны обладать избирательным действием, т.е. уничтожать мягколиственные и оставлять хвойные породы. Для этой цели обычно используется бутиловый эфир. Его дозировка подбирается так, чтобы за 1–2 года отмерла половина лиственных пород.

Обработка древостоев проводится в конце июля – начале августа после появления верхушечных почек и одревеснения побегов хвойных пород. Технология обработки та же, что и при проведении авиаборьбы с вредителями леса.

На второй день после обработки свертываются листья, молодые побеги изгибаются, через 2–3 недели буреют и отмирают. Деревья отмирают в течение года.

При проведении обработки должны строго соблюдаться меры для предотвращения попадания арборицидов на сельскохозяйственные угодья, населенные пункты и домашних животных. В течение года запрещается сбор ягод и грибов, в течение 2–3 недель – сенокосение и пастба скота.

Для полного уничтожения деревьев и кустарников на лугах и сенокосах проводится две обработки в течение 2 лет. Усохшие деревья вырубаются и сжигаются.

## **2. Авиационные методы обследования санитарного состояния лесов**

### Обследование ветровалов и возможности лесовосстановления.

Леса нашей страны периодически подвергаются различным стихийным бедствиям, в частности ветровалам, после которых перед лесным хозяйством встает вопрос о необходимости изучения насаждений, разработки поврежденной древесины с тем, чтобы по возможности снизить ущерб, а также в минимальные сроки провести лесовосстановительные мероприятия на площади ветровала. Для оперативного решения этих задач необходимо в сжатые сроки провести лесоучетные работы, выполнение которых наиболее целесообразно дистанционными методами.

Группы пород определяются по формам и размерам крон, тону их изображения и теням, общему характеру рисунка, по породному составу уцелевших единичных деревьев и куртин. Средняя высота растущих деревьев определяется инструментально, путем измерения разности продольных параллаксов, длина упавших деревьев – путем прямых измерений и длины на снимках лупой с 10-кратным увеличением. Средний диаметр определяется по зависимостям  $d_{1,3}=f(h)$  и  $d_{1,3}=f(D_k)$ . Диаметры крон измеряются по снимкам измерительной лупой. На круговых площадках подсчитывается по снимкам число деревьев, определяется объем среднего дерева и общий запас.

### Оценка пораженных вредителями и болезнями древостоев.

Вредные насекомые и болезни наносят не меньший вред лесам, чем лесные пожары. Постоянный лесопатологический надзор за состоянием лесов проводят работники лесной охраны, согласно «Инструкции по авиационной охране лесов», согласно пункту 5: «Работы по лесозащите, проводимые базой авиационной охраны лесов, и обслуживание лесного хозяйства».

При проведении наземной таксации лесоустроители оценивают санитарное состояние каждого насаждения и намечают мероприятия по их оздоровлению.

Гусеницы наиболее опасных вредителей (сибирского соснового и непарного шелкопряда, сосновой пяденицы и др.) объедают хвою с вершин деревьев. Поэтому по окраске и густоте крон поврежденные древостои значительно отличаются от здоровых.

Эти различия хорошо заметны с летательных аппаратов и на цветных спектрозональных и синтезированных АКС.

По материалам авиационных наблюдений составляется карта-схема и намечаются пункты и маршруты наземного обследования лесов. В результате проведения наземного обследования дается детальная характеристика состояния насаждений, очагов вредителей и болезней, численности вредителей, ожидаемых повреждений насаждений, прогноз развития очагов на следующий год, а также рекомендуются мероприятия по оздоровлению насаждений.

Аэрокосмический лесопатологический мониторинг включает в себя

- дистанционную индикацию структуры, масштаба, степени и природной приуроченности очагов поражения;
- анализ и прогноз динамики измененных площадей очагов;
- пространственно-временное моделирование трансформации лесов под воздействием неблагоприятных факторов;
- природное районирование и прогнозирование лесовосстановительных процессов;
- автоматизацию тематической обработки многозональной аэрокосмической информации.

### **3. Использование аэроснимков для обследования санитарного состояния лесов и борьбы с вредителями**

Авиационно-химическая борьба с вредителями и болезнями лесов заключается в проведении опыливания или опрыскивания ядовитыми веществами с летательных аппаратов очагов размножения вредителей.

Для проведения работ вблизи объектов подготавливаются временные аэродромы или площадки. Для проведения обработки большие площадки разбиваются на однородные участки (гоны).

Длина участка (гона) устанавливается в зависимости от видимости сигналов: при использовании радио и ракет – 3–4 км, флагов и шаров-пилотов – 1,5–2 км. Сигнализация организуется в начале и в конце каждого участка (гона). Для этого намечаются линии (визеры), на которых колышками отмечаются места стояния сигнальщиков. Расстояние между колышками равно ширине обрабатываемой полосы.

Ширина захвата устанавливается так, чтобы бак опорожнялся в конце гона. В целях безопасности допускается увеличение высоты полета до 30 м при опыливании и 40 м при опрыскивании.

Обработка участков проводится челночными или заходными способами. Работы проводятся при хорошей видимости. Допустимая скорость ветра при опыливании до 2 м/сек, при опрыскивании – 3–4 м/с. Лучшее время для выполнения работ с 8 до 9 ч. и с 17 до 18 ч. В это время над пологом леса наблюдаются нисходящие потоки воздуха, с которыми препараты проникают в кроны деревьев.

Для оценки качества обработки проводится подсчет числа погибших личинок, гусениц и взрослых насекомых. Для этого на каждые 100 га подбирается по 3–4 модельных дерева. Под ними убирается подстилка и напочвенный покров. В течение 5–6 дней после обработки собирают и подсчитывают опавших и погибших гусениц. На спиленных модельных деревьях подсчитывают живых и мертвых гусениц. По этим данным вычисляют процент вредителей и оценивают качество работы: 80–95% – удовлетворительное, более 95% – хорошее.

### **4. Использование авиации и аэрофотосъемки в охотничьем хозяйстве**

Летательные аппараты и АФС используются для проведения учетов охотничьих животных, таксации охотугодий, изучения экологии животных и проведения охотхозяйственных мероприятий.

Сезон и время учетов устанавливаются с учетом образа жизни животных, состояния местности и метеорологических условий. Обычно учеты проводятся в ранние утренние или вечерние часы. Высота полета самолета 150–200 м, вертолета – до 100 м. Расстояние между маршрутами устанавливается с учетом видимости животных.

При проведении учета в лесу животные находятся в поле видимости самолета 3–5 с. За это время необходимо их обнаружить, подсчитать и определить вид. Сверху видны однотонная спина, шея и голова. Поэтому для определения вида, пола и возраста нужна предварительная тренировка и хорошие знания внешних признаков животных. Для проведения учета северных оленей, сайгаков, морских котиков, водоплавающих уток проводится их АФС.

Летательные аппараты используются для изучения гибели (смертности), миграций зверей и птиц, динамики численности и их пространственного размещения. При проведении охотхозяйственных мероприятий авиация используется для доставки охотников и вывоза продукции охоты, промыслового отстрела копытных, их обездвиживания и перевозки, аэропосева кормовых и защитных растений.

## **5. Аэрометоды при изыскании и проектировании лесоосушительных мелиораций и лесовозных дорог**

Для разработки проектов предварительно проводится обследование лесомелиоративного фонда, его пространственного размещения, гидрографической сети, рельефа и т.д. Для их составления проводятся лесоводственно-мелиоративные, почвенно-грунтовые, гидрологические и топографические изыскания преимущественно на основе дешифрирования АКС.

Топографические изыскания и рисовка рельефа в горизонталях являются наиболее важной и трудоемкой работой. Выполнение их значительно упрощается при наличии АФС, которые используются для составления карт и рисовки рельефа в горизонталях. В натуре проводится лишь небольшой объем геодезических работ для высотной привязки АФС путем прокладки нивелирных ходов. По возможности они прокладываются по пониженным местам – первичным водотокам, чтобы потом использовать в качестве трасс осушительных канав.

Положение осушительных канав намечается на картографических материалах. Обычно их совмещают со съемочными ходами. Это дает возможность получить детальные данные по каждому каналу. Затем положение каналов уточняется при вынесении осушительной сети в натуру с проведением полевых геодезических измерений по каждому каналу.

При проектировании дорог необходимо иметь данные о расположении лесных массивов, рельефе и почвенно-грунтовых условиях, наличии болот, рек, оврагов и других препятствий для строительства дорог. Обычно наиболее выгодное направление трассы дороги выбирается по АФС, т.е. составляется предварительная схема дороги. Более детальные изыскательские работы выполняются наземными методами, но их объем в 2–3 раза меньше.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).**

**Тема: «Оценка качества материалов аэрофотосъемки»**

**2.1.1 Цель работы:** составление накидного монтажа и оценка качества материалов аэрофотосъемки.

### **2.1.2 Задачи работы:**

1. Составить накидной монтаж из снимков 18х18 по вариантам.
2. Оценить качество съемки.

### **2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. рабочая тетрадь
2. линейка
3. карандаш
4. набор черно-белых стереопар аэрофотоснимков
5. бланки для выполнения задания
6. калькулятор

### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

Для выполнения задания каждый студент получает пакет с АФС участка местности. Соответственно порядковым номерам они раскладываются по маршрутам. Монтаж снимков первого маршрута производится путем совмещения изображений идентичных объектов на смежных снимках в продольном направлении, не закрывая номеров.

При монтаже снимков второго и следующих маршрутов изображения объектов совмещаются не только на смежных снимках по маршрутам, но и с предыдущими маршрутами. При этом достичь полного совмещения изображений объектов невозможно ввиду разномасштабности и искажений, достигающих максимальных величин по краям снимков.

При проведении оценки качества материалов аэросъемки на накидном монтаже определяются: величина продольных и поперечных перекрытий, углы наклона снимков, непрямолинейность маршрутов, непараллельность сторон АФС базису фотографирования («елочка») и фотографическое качество снимков.

Величина продольных перекрытий между снимками каждого маршрута измеряется монтажной линейкой по наивысшим точкам местности. Монтажная линейка представляет собой полосу прозрачной пленки длиной более 18 или 30 см с отметками 0, 5, 10, ..., 100% длины.

При измерении конец линейки с отметкой 100% совмещается со стороной правого АФС. В точке пересечения линейки со стороной левого АФС проводится отсчет величины продольного перекрытия. Передвигая линейку вправо, измеряют величину продольных перекрытий в первом, а затем в остальных маршрутах. Результаты измерений записываются в бланке задания № 1.

Для целей лесного дешифрирования величина продольного перекрытия между АФС должна быть не менее 56%. Если это требование выполнено, то на первой странице задания указывается оценка величины продольных перекрытий – в допуске. В других случаях указывается количество перекрытий меньше нормы. Аналогично проводится оценка других показателей.

Величина поперечных перекрытий между АФС соседних маршрутов измеряется монтажной линейкой. Наиболее тщательно измерения проводятся в точках местности с наибольшими высотами. Минимальная величина продольного перекрытия 25%.

Углы наклона определяются по показаниям круглого уровня, изображение которого имеется на каждом АФС. Цена деления уровня (концентрической окружности) 0,5°. Максимально допустимая величина угла наклона – 3°.

Непрямолинейность маршрута определяется в процентах, как отношение стрелы прогиба  $l$  к длине маршрута  $L$ . Длина маршрута – расстояние между главными точками крайних АФС. Стрелой прогиба называется расстояние от наиболее удаленной главной точки АФС до прямой, соединяющей главные точки крайних АФС маршрута. Непрямолинейность вычисляется по формуле

$$i = 1/L100\%.$$

Непрямолинейность маршрутов не должна превышать 3%.

Непараллельность сторон АФС базису фотографирования определяется путем измерения углов между продольными сторонами АФС и линией, соединяющей главные точки крайних АФС в маршруте. Край линейки совмещают с главными точками крайних АФС. К линейке прикладывают треугольник, а к другому катету треугольника – транспортир. Передвигая треугольник с транспортиром вдоль линейки, совмещают центр транспорта с краем АФС и по шкале транспорта определяют величину угла.

Непараллельность не должна превышать 5°.

Фотографическое качество АФС оценивается глазомерно в зависимости от качества изображения лесной растительности. Нормальный отпечаток должен иметь одинаковую резкость и контрастность изображения, сравнительно одинаковый тон (цвет) однородных объемов, хорошо заметные переходы от освещенных частей крон к затененным, ясно очерченные границы проекций крон и промежутков между ними.

Дефекты изображения: передержанные и недодержанные снимки, наличие вуали, черных и белых пятен, пузырьков, частичная нерезкость, засветы от электроразрядов, желтизна, изображение облаков, производственных дымов и теней от них, механические повреждения должны мешать проведению дешифрирования.

Дается качественная оценка фотоматериалам по проценту нормальных снимков.

Результаты оценки снимков и монтажа вносятся в бланк задания № 1.

## **2.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).**

**Тема:** «Вычисление показателей плановой аэрофотосъемки»

**2.2.1 Цель работы:** проведение измерений и вычисление показателей плановой аэрофотосъемки.

### **2.2.2 Задачи работы:**

1. Изучить основные параметры плановой аэрофотосъемки.
2. Дать характеристику отдельным параметрам; определить их место и значимость.
3. Вычислить основные показатели плановой аэрофотосъемки.

### **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. рабочая тетрадь
2. линейка
3. карандаш
4. набор черно-белых стереопар аэрофотоснимков
5. бланки для выполнения задания
6. калькулятор

### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

По данным границ снимаемого участка, масштаба съемки, фокусного расстояния АФА, величины продольных и поперечных перекрытий и лётно-техническим данным летательных аппаратов производится расчет показателей плановой аэрофотосъемки.

1. Высота фотографирования ( $H$ , м) рассчитывается

$$H = f \cdot m_c,$$

где  $f$  – фокусное расстояние АФА, м;  $m_c$  – знаменатель численного масштаба съемки.

Отклонения от расчетной высоты фотографирования не должны превышать: в равнинных районах – 3%, в горных – 5%; при высоте фотографирования до 1000 м – не более 30 м в равнинных районах и 50 м в горных.

2. Базис фотографирования ( $B$ , м) – расстояние между главными точками двух смежных АФС на местности:

$$B = l_1 \cdot m_c \cdot (100 - P_x) / 100,$$

где  $l_1$  – длина снимка, м;  $P_x$  – процент продольного перекрытия, %.

3. Расстояние между маршрутами ( $L$ , м) определяется

$$L = l_2 \cdot m_c \cdot (100 - P_y) / 100,$$

где  $l_2$  – ширина снимка, м;  $P_y$  – процент поперечного перекрытия, %.

4. Число маршрутов ( $N_m$ , шт.) находится

$$N_m = C / L + 1,$$

где  $C$  – ширина снимаемого участка, м;  $L$  – расстояние между маршрутами, м.

5. Число АФС в маршруте ( $N_c$ , шт.) определяется

$$N_c = A / B + 3,$$

где  $A$  – длина снимаемого участка, м;  $B$  – базис фотографирования, м.

6. Общее число АФС ( $R$ , шт.) вычисляется

$$R = N_m \cdot N_c \cdot K,$$

где  $K$  – коэффициент увеличения количества маршрутов съемки (в равнинной местности – 1,1).

7. Максимально допустимая экспозиция (выдержка) в долях секунды ( $t_{\max}$ ):

$$t_{\max} = B / (W \cdot m_c)$$

или

$$t_{\max} = \sigma \cdot m_c / W,$$

где  $\sigma$  – допустимый линейный сдвиг (смаз) изображения (0,05 мм), м;  $W$  – путевая скорость самолета, м/с.

8. Интервал между экспозициями ( $t$ , с):

$$t = B / W.$$

9. Погонный километраж – расстояние, которое пролетает самолет при проведении аэрофотосъемки ( $S$ , км):

$$S = A \cdot N_m + Ln,$$

где  $n$  – число переходов с маршрута на маршрут ( $n = N_m - 1$ ).

10. Время аэрофотосъемки ( $T_c$ , ч):

$$T_c = S / W.$$

11. Время полета ( $T$ , ч):

$$T = 2D / W + T_c,$$

где  $D$  – расстояние до аэропорта (30 км).

## 2.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

**Тема: «Определение горизонтального масштаба планового аэрофотоснимка и времени дня аэрофотосъемки»**

**2.3.1 Цель работы:** ознакомиться с методикой определения горизонтального масштаба планового аэрофотоснимка и времени дня аэрофотосъемки.



### 2.3.2 Задачи работы:

1. Определить горизонтальный масштаб снимка.
2. Определить время дня аэрофотосъемки.

### 2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:

1. рабочая тетрадь
2. линейка
3. карандаш
4. набор черно-белых стереопар аэрофотоснимков
5. бланки для выполнения задания
6. калькулятор

### 2.3.4 Описание (ход) работы:

По данным предварительного обследования в натуре, картографических материалов, полетных карт и летно-съемочных характеристик определяется масштаб.

Различают численный и линейный масштабы АФС. Численным масштабом ( $1/m$ ) называется отношение длины изображения отрезка линии на АФС к ее длине в натуре. Линейный масштаб ( $M$ ) показывает длину линии в натуре (м), соответствующую 1 см ее длины на АФС.

Масштаб планового АФС можно определить тремя способами:

1) по элементам ориентирования – высоте фотографирования и фокусному расстоянию:

– численный:  $1/m = f/H$ ;

– линейный:  $M = H/f$ ;

2) по соотношению длины линий на АФС ( $l_c$ ) и в натуре ( $L_H$ ):

– численный:  $1/m = l_c/L_H$ ;

– линейный:  $M = L_H/l_c$ .

Для определения масштаба в натуре проводится промер не менее двух твердоопознанных разнонаправленных линий длиной не менее 20 мм на АФС 18x18 см и не менее 40 мм на АФС 30x30 см. В качестве линий обычно используются квартальные просеки, визиры или окружные границы. По данным двух измерений вычисляется среднеарифметический масштаб;

3) по соотношению длины линий на АФС и топографической карте или плане:

– численный:  $1/m = l_c/(l_k \cdot m_k)$ ;

– линейный:  $M = l_k \cdot m_k/l_c$ ,

где  $l_k$  – длина линии на карте; мм,  $m_k$  – масштаб карты.

## 2.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

**Тема:** «Стереоскопическое зрение и стереоскопический эффект»

**2.4.1 Цель работы:** приобретение опыта получения стереоскопического эффекта;

### 2.4.2 Задачи работы:

1. Ознакомиться с основными условиями получения стереоэффекта.
2. Ознакомиться с методами получения стереоэффекта.
3. Научиться получать стереоэффект.

#### **2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. рабочая тетрадь
2. линейка
3. карандаш
4. стереоскоп
5. бланки для выполнения задания
6. калькулятор
7. набор цветных стереопар аэрофотоснимков
8. набор черно-белых стереопар аэрофотоснимков
9. набор спектрзональных стереопар аэрофотоснимков

#### **2.4.4 Описание (ход) работы:**

Для получения стереоскопического эффекта используется зеркально-линзовый стереоскоп. Основными частями его являются две пары больших и малых зеркал и пара линз с увеличением 1,2–1,5 х.

Аэроснимки под стереоскопом располагаются так, чтобы их начальные направления совпадали с линией, параллельной базису стереоскопа, а расстояние между главными точками равнялось базису стереоскопа (около 300 мм).

Устанавливаются стереоскопы, раскладываются в определенной последовательности снимки. С помощью стереоскопов студенты получают стереоэффект, одну объемную картинку на основании двух аэрофотоснимков стереопары.

При недостаточно четком восприятии стереоскопической модели один из снимков передвигают вдоль базиса или поворачивают вокруг главной точки до тех пор, пока без напряжения будет восприниматься четкая стереоскопическая модель местности.

#### **2.5 Лабораторная работа №5 (2 часа).**

**Тема: «Дешифрирование нелесных и не покрытых лесом площадей»**

**2.5.1 Цель работы:** изучение дешифровочных признаков различных категорий нелесных и не покрытых лесом земель на черно-белых и спектрзональных аэрофотоснимках.

#### **2.5.2 Задачи работы:**

1. Изучить дешифровочные признаки различных категорий земель при помощи черно-белых аэрофотоснимков.
2. Изучить дешифровочные признаки различных категорий земель при помощи цветных аэрофотоснимков.

#### **2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

1. рабочая тетрадь
2. линейка
3. карандаш
4. стереоскоп
5. бланки для выполнения задания
6. калькулятор
7. набор цветных стереопар аэрофотоснимков
8. набор черно-белых стереопар аэрофотоснимков
9. набор спектрзональных стереопар аэрофотоснимков

#### **2.5.4 Описание (ход) работы:**

На основании визуальных наблюдений (различия в цветовой гамме, положения на местности, видимых объектов и микроструктуры рельефа) определяются категории нелесных и не покрытых лесом земель.

Прежде всего выделяются и контурно дешифрируются нелесные земли. Сельские населенные пункты обычно располагаются среди угодий, вблизи рек и водоемов, к ним подходят различные виды дорог. Дома имеют вид правильных прямоугольников, расположенных рядами вдоль улиц. За домами располагаются различные хозяйственные постройки. Приусадебные участки также имеют обычно правильную геометрическую форму, и на них заметны ряды фруктовых деревьев. На аэроснимках населенные пункты отличаются пестрым рисунком изображения.

Пашни располагаются вблизи населенных пунктов, имеют правильную геометрическую форму и полосчатую структуру изображения, обусловленную обработкой почвы. В зависимости от влажности почвы и развития выращиваемых культур тон изображения меняется от светлого до темно-серого. На спектральных аэроснимках пашни имеют желто-оранжевый или светло-оранжевый цвет, свежеспаханные песчаные почвы – зеленый, более темный – темно-зеленый или сине-зеленый цвет.

Луга и сенокосы располагаются вдоль русел рек и ручьев, имеют неправильную форму. В зависимости от влажности почвы тон изображения меняется от светло-серого до темновато-серого. На спектральных аэроснимках – желто-оранжевый или светло-оранжевый цвет, после сенокоса – светло-зеленый цвет.

Стога сена имеют вид круглых светлых точек с примыкающей к ним тупой тенью, кустарники – зернистых пятен, отдельные деревья хорошо заметны по черным теням.

Болота имеют неправильную форму, серый тон изображения, изменяющийся в зависимости от наличия моховой, травянистой, кустарниковой или древесной растительности и степени увлажнения.

На спектральных аэроснимках верховые безлесные болота имеют желтый или оранжево-желтый цвет, избыточно увлажненные места – синий или сине-зеленый, кустарники – оранжевый или оранжево-бурый, сфагновые сосняки – светло-зеленый или сине-зеленый, низинные травянистые – оранжевый цвет.

Реки и водоемы выделяются резко очерченными границами и темным тоном, плотность которого зависит от условий освещения, глубины, чистоты воды и цвета дна. На спектральных аэроснимках они имеют темно-коричневый или черный цвет с коричнево-зеленым оттенком.

Железные дороги имеют вид светлых прямых полосок с большими радиусами закруглений на поворотах. Вдоль дорог имеются станции, разъезды, посты с небольшими приусадебными участками, снегозащитные посадки, выемки и насыпи.

Шосейные дороги имеют вид прямых ярко-белых полосок с отдельными резкими поворотами, крутыми подъемами и спусками. Вдоль дорог заметны снегозащитные посадки, выемки, насыпи, канавы в виде двух темных линий.

Грунтовые дороги имеют вид светлых очень извилистых линий неравномерной ширины, квартальные просеки – светлых или темных прямых линий, пересекающихся под прямыми углами; осушительные канавы имеют вид светло-серых или темных прямых параллельных линий, связанных в единую систему, направление которой определяется рельефом местности.

Следующим пунктом определяются границы не покрытых лесом земель.

Сплошные вырубки выделяются среди лесных массивов светлым тоном и прямоугольной формой. На крупномасштабных аэроснимках заметны семенники, заготовленная лесопродукция в виде светлых прямоугольников, следы трелевки и вывозки древесины, отдельные стволы и бревна в виде светлых штрихов.

На спектрональных аэроснимках свежая вырубка имеет светло-голубой, синий или зеленый цвет, заросшие травой или возобновившиеся лиственными породами – светло-желтый или светло-оранжевый цвет, хвойными – различные оттенки зеленого цвета.

Гари имеют неправильную вытянутую по направлению ветра форму, резко изорванные языковидные границы и наиболее светлый тон изображения. Сухостойные деревья и усохшие древостой на черно-белых АФС имеют светлый тон, на спектрональных – ярко-синий или зеленовато-синий цвет.

Вследствие изреженности крон проекции не имеют четких очертаний, а тени сухостойных деревьев – серые, расплывчатые. В разрывах полога просматривается поверхность земли с беспорядочно упавшими деревьями в виде светлых штрихов.

На гаях сохраняются деревья или их куртины, обычно лиственных пород. В зависимости от характера оставшегося древостоя и напочвенного покрова гари на спектрональных АФС имеют пестрый цвет – от синего до оранжевого. При разработке гарей, как и на сплошных рубках, на аэроснимках отражаются следы деятельности человека и механизмов.

Ветровалы, так же как и гари, имеют вытянутую по направлению ветра форму. В этом направлении располагаются упавшие деревья. На крупномасштабных аэроснимках заметно почти каждое дерево с глыбой земли, вывороченное с корневой системой.

Прогалины среди лесных массивов выделяются однообразным светлым тоном, неправильной формой и обычно имеют незначительные размеры. На спектрональных снимках – светло-желтым или зеленоватым цветом.

Работа проводится по черно-белым и спектрональным аэрофотоснимкам под стереоскопом. В подготовленные бланки заданий 3 и 4 вносится описание видимых категорий земель и объектов на стереопарах.