

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

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве

Направление подготовки 35.03.01 Лесное дело

Профиль образовательной программы Лесное хозяйство

Форма обучения очная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
1.1 Лекция № 1 Введение в дисциплину.	3
1.2 Лекция № 2 Природные условия съемок.	6
1.3 Лекция № 3 Технические средства аэросъемки.	9
1.4 Лекция № 4 Основы теории аэрофотоснимка.	14
1.5 Лекция № 5 Дешифрирование аэрофотоснимков.	18
1.6 Лекция № 6 Космическая съемка.	22
1.7 Лекция № 7 Использование аэрокосмических снимков и авиации в лесном хозяйстве.	25
1.8 Лекция № 8 Применение аэрокосмических методов при устройстве рекреационных лесов и при лесохозяйственных обследованиях.	29
2. Методические материалы по выполнению лабораторных работ	40
2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Оценка качества материалов аэрофотосъемки	40
2.2 Лабораторная работа № ЛР-2,3 Вычисление показателей плановой аэрофотосъемки.	41
2.3 Лабораторная работа № ЛР-4,5 Определение горизонтального масштаба планового аэрофотоснимка и времени дня аэрофотосъемки.	43
2.4 Лабораторная работа № ЛР-6,7 Стереоскопическое зрение и стереоскопический эффект.	44
2.5 Лабораторная работа № ЛР-8,9,10 Дешифрирование нелесных и не покрытых лесом площадей.	44
2.6 Лабораторная работа № ЛР-11,12 Подготовка аэрофотоснимка (фотоабриса) к таксации.	46
2.7 Лабораторная работа № ЛР-13,14 Дешифрирование древостоев основных пород. Дешифрирование таксационных показателей древостоев.	48
2.8 Лабораторная работа № ЛР-15,16 Измерение таксационных показателей древостоев.	51

1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

1. 1 Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Аэрофотосъемка. Введение в предмет».

1.1.1 Вопросы лекции:

1. Содержание и определение предмета.
2. Краткая история развития и перспективы применения аэрокосмических методов в лесном хозяйстве.
3. Виды аэрофотоснимков и их использование.

1.1.2 Краткое содержание вопросов

1. Содержание и определение предмета.

Лес имеет огромное значение для всех отраслей народного хозяйства, улучшения окружающей среды, повышения благосостояния и культурного уровня народа. Рациональное использование лесов является основной целью ведения лесного хозяйства. Для научно обоснованного решения этих вопросов нужны достоверные и оперативные методы и средства изучения лесного фонда, оценки и контроля его состояния. В настоящее время регулярный учет лесов и ведение лесного хозяйства на больших площадях невозможен без использования материалов аэрокосмических съемок.

Для получения информации о лесах специальными приемниками в летательных аппаратах и искусственных спутниках земли (ИСЗ) регистрируется отраженное от поверхности земли электромагнитное излучение. Поэтому методы для получения информации о лесах на расстоянии получили название дистанционных, или аэрокосмических, методов.

Вопросы проведения, изготовления и использования материалов аэрокосмических съемок и применения авиации в лесном хозяйстве являются основными частями курса – аэрокосмических методов в лесном хозяйстве.

2. Краткая история развития и перспективы применения аэрокосмических методов в лесном хозяйстве.

В 1794 г. была опубликована инструкция, лично составленная М.В.Ломоносовым, в которой рекомендовалось применять камеру-обскуру для съемки местности в экспедиционных условиях.

В 1839 г. Дагер (Франция) сообщил о том, что оптическое изображение, воспринятое в камере-обскуре, можно фиксировать не графически на бумаге, а фотографически на серебряной пластине, на поверхности которой нанесено светочувствительное йодистое серебро.

В 1858 г. во Франции был проведен опыт по фотографированию местности с привязанного аэростата. Это было сделано французским фотографом Надаром при землемерных работах с высоты в 80 м. Однако снимок оказался весь в пятнах от действия газа, выделяемого из аэростата на мокрый светочувствительный слой пластинки.

В 1887 – 1889 гг. были созданы возможности использования в качестве подложки для броможелатиновой эмульсии не только стеклянные пластинки, но и целлулоидные пленки.

В 1885 г. в Красном селе построен первый самолет Александром Федоровичем Можайским (Красное село 1885). Для определения размера крыла, угла его установки и скорости, необходимых для подъема человека в воздух, поднимался сам на воздушном

змее. Самолет Можайского имел: крылья (длина 23 м, площади 330 м²), корпус, силовую установку (две нефтяные паровые машины на 20 и 10 лошадиных сил), три четырехлопастных воздушных винта (диаметром около 4м), хвостовое оперение и шасси, т.е. все основные части современного самолета.

1913 г. – инженер Потте создал полуавтоматический пленочный аэрофотоаппарат.

Аэрофотосъемка получила значительное развитие в годы Первой мировой войны 1914 – 1918 гг. Первое фотографирование с самолета с ясно поставленными географическими целями было выполнено 1 ноября 1914 г.

1925 г. – отдельные лесоустроительные партии губернских отделов лесного хозяйства переданы в подчинение Центральному Управлению лесами Наркомзема.

1925 г. – проведена первая АФС для целей лесоустройства. Снижение стоимости и повышение качества таксационных работ способствовало значительному увеличению объемов АФС. К началу Великой Отечественной войны материалы АФС стали основой составления и подновления карт и проведения лесотаксационных работ.

1929 – 1930 гг. – организуются отдельные лесоустроительные районы в разных лесопромышленных ведомствах.

1932 г. – первые опыты тушения пожаров с воздуха.

1935 г. – приказом Наркомлеса СССР организована «Контора лесотранспортных изысканий, проектирования и лесоустройства «Леспроект».

1935 г. – создан Трест лесной авиации «Вселесавиа».

1937 г. – приказом Главлеспрома образована Всесоюзная лесоустроительная контора «Леспроект».

1947 г. – постановлением Совета Министров СССР создано Всесоюзное аэрофотолесоустроительное объединение «Леспроект».

1948 г. – начало производства цветных фотоматериалов.

1954 г. – для аэротаксации начинают применяться вертолеты. Параллельно с развитием авиации развивается и АФС

1954 г. – разрабатываются спектрозональные (демаскирующие, цветные, инфракрасные фотоматериалы).

1956 г. – закончено полное обследование территории СССР, составлена карта лесов, получены первые данные о лесном фонде СССР.

1971 г. – начало автоматического дешифрирования.

1980 г. – создание геоинформационных систем, основанных на аэро– и космических снимках.

2002 г. – разработка технологии цифровой обработки аэрофотоснимков и автоматизированного изготовления планово-картографических материалов лесоустройства, создание FORMOD.

АКМ используются для картографирования и инвентаризации лесов, обнаружения и тушения лесных пожаров, наблюдения за облачностью, обнаружения очагов вредителей и болезней и борьбы с ними.

В настоящее время аэрокосмические снимки являются технической основой для разработки автоматизированных систем управления лесным хозяйством. В этих системах аэрокосмические методы в сочетании с наземными методами являются основным средством получения информации о лесах и их состоянии. На основе этой информации составляются два повыведельных банка картографических и таксационных данных. На основе этих данных в автоматическом режиме будут выдаваться ежегодные объемы и карты проведения лесохозяйственных работ.

3. Виды аэрофотоснимков и их использование

Широкое внедрение фотограмметрии и стереофотометрии при картографировании привело к тому, что к настоящему времени у нас применяются различные виды съемок,

основанные на геометрических и физических свойствах как одиночных снимков, так и стереопар.

В тех случаях, когда в результате съемки требуется получить план или карту с изображением только контуров (без рельефа) сфотографированной местности, применяется фотометрическая съемка, получившая у нас название контурной аэрофотосъемки, конечной продукцией которой является графический план или фотоплан.

Для получения плана с изображением не только контуров, но и рельефа применяются: *контурно-комбинированная съемка*; *дифференцированный метод высотной аэрофотосъемки* (рисовка рельефа на оригинальных аэроснимках производится стереофотометрическим способом, а перенос контуров и горизонталей с аэроснимков на план производится методами фотограмметрии; *стереофотометрические съемки*.

В настоящее время фотографирование местности производится главным образом с самолетов. Фотографирование с самолетов, или аэрофотосъемка, выполняется преимущественно при положении оптической оси аэрофотоаппарата, возможно близком к отвесному. Этот случай аэрофотосъемки называется *плановой аэрофотосъемкой*, а снимки, полученные в результате плановой аэрофотосъемки, называются *плановыми аэроснимками*.

Плановые аэроснимки каждого маршрута могут быть соединены между собой (*смонтированы*) по контурам взаимно перекрывающихся частей. В результате получают так называемые *фотомаршруты*.

В некоторых случаях применяется не только плановая аэрофотосъемка, но и *перспективная*, когда оптическая ось фотоаппарата отклонена от отвесной прямой на величину угла, заданную заранее. Аэроснимки, полученные в результате перспективной аэрофотосъемки, называются *перспективными*.

Аэроснимок представляет собой *центральную проекцию* сфотографированной местности и является ее планом только в том случае, когда в момент фотографирования оптическая ось фотоаппарата занимала не приближенно, а строго отвесное положение ($\alpha=0$) и поверхность сфотографированной местности не отличается от горизонтальной плоскости. В общем случае эти условия не выполняются. Поэтому плановые и перспективные аэроснимки необходимо преобразовать в такую центральную проекцию, которая может быть принята за план определенного масштаба.

Аэрофотосъемкой (АФС) называется комплекс работ по фотографированию земной поверхности с летательных аппаратов и изготовлению аэрофотоснимков.

Минимальным съемочным объектом является трапеция международной картографической разграфки (масштаб карты 1/10 000), минимальный съемочный участок – трапеция масштаба 1/25 000

Многозональная съемка. Многозональная съемка основана на разделении всего спектрального диапазона на зоны, в которых и получают изображение. Вместо одного снимка получают несколько, каждый содержит изображение заданного спектрального диапазона, что облегчает анализ и интерпретацию изображения. При использовании цифровых методов обработки изображения из спектрального изображения легко получить обычное. Однако спектральные изображения значительно проще анализировать, особенно с применением методов автоматической обработки данных. В настоящее время многозональная съемка реализуется с использованием сканирующих систем.

Инфракрасная съемка. Инфракрасная, или тепловая, съемка основана на получении снимков, фиксирующих излучение в тепловом диапазоне. В результате этой съемки невидимые излучения становятся доступными для визуального анализа. Она дополняет другие виды съемок. Эта съемка незаменима при обнаружении пожаров и мониторинге различных физических явлений, связанных с выделением тепловой энергии.

В то же время следует отметить недостаток инфракрасных съемок – более низкую метрическую точность по сравнению с фотограмметрической.

Болезни растений повышают их температурный фон. Разные виды растений различаются по температуре на 1–2 градуса.

Инфракрасные снимки, получаемые в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, составляют около 80% всей информации от всех видов космических съемок.

Двумасштабная съемка.

Для получения более полной картины ситуации без наземного дешифрирования используется *двумасштабная* АФС. Она, в основном, применяется для таксации низкобонитетных лесов со сравнительно небольшой изменчивостью таксационных показателей, что позволяет интерпретировать признаки, полученные при дешифрировании крупномасштабных аэрофотоснимков, в том числе и методом стратификации.

1.2 Лекция № 2 (2 часа)

Тема: «Природные условия съемок»

1.2.1 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.

3. 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 калки, 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 альбедо A , коэффициенты яркости r и спектральной яркости r_λ , яркостный контраст K и интервал яркости U .

Альбедо – 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_λ альбедо:

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

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 серноокислым 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* (λ – 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 спектрально-зональных 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 ν .

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 ($\lambda = 400\text{--}470$ нм) и красной ($\lambda = 680\text{--}690$ 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 $r_\lambda = 0,6\text{--}0,7$ (осина, береза), и с меньшей величиной r_λ (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 яркие, 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 облиствения (средние многолетние данные – 5–10 мая), 15 мая – на спектрально-инфракрасные 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.

1.3 Лекция № 3 (2 часа)

Тема: «Технические средства аэрофотосъемки».

1 Вопросы лекции:

1.1 Аэрофотосъемочное оборудование. Аэрофотопленка и фотобумага.

1.2 Нефотографические съемочные системы: сканирующие, телевизионные и радиолокационные.

1.3 Аэрофотосъемочные работы.

1.4 Требования к качеству материалов аэрофотосъемки для целей лесоустройства.

3. Краткое содержание вопросов

1. Аэрофотосъемочное оборудование. Аэрофотопленка и фотобумага.

Для проведения АФС используются самолеты АН-30, вертолеты МИ-2 и КА-26 и аэрофотокамера РС-300 с размером кадра 25×25 см. Масштаб съемки 1/10 000. Стоимость 1 км^2 (100 га) примерно 10 у.е.

В комплект аэрофотосъемочного оборудования входит: аэрофотоаппарат (АФА), гиросtabilизирующая установка, электронный командный прибор, набор светофильтров, аэроэкспонетр и др.

АФА – автоматический оптико-механический прибор для фотографирования земной поверхности с летательных аппаратов. В АФА имеется оптическая система – объектив, устройство для хранения и транспортировки пленки – кассета, корпус для крепления различных частей АФА. В конусной части расположен объектив, светофильтры, диафрагма, система для предотвращения запотевания линз объектива. В корпусе располагаются регистрационные приборы, распределительный механизм и электродвигатель.

По своему назначению АФА подразделяются на *топографические* (предназначенные для проведения точных съемок) и *специальные* – для получения АФС с высокими дешифровочными свойствами.

Аэропленка – лавсановая (целлулоидная) лента, покрытая слоем светочувствительной эмульсии (слой желатина, в котором взвешены кристаллики бромистого (AgBr) с примесью йодистого (AgI) серебра. Аэропленки подразделяются на черно-белые, цветные и спектрзональные.

Черно-белые аэропленки подразделяются на обыкновенные *несенсибилизированные*, чувствительные к фиолетовым, синим и голубым лучам спектра (длина волны – 390–505 нм), и *сенсибилизированные*, чувствительные к различным лучам спектра (*ортохроматические* – зеленым и желтым (500–525 нм), *панхроматические* – ко всем видимым лучам (400–730 нм) с понижением чувствительности в зоне зеленых лучей (500–550 нм), *изопанхроматические* – ко всем видимым лучам (400–730 нм), *инфракрасные* – к инфракрасным лучам (длина волны более 750 нм), *панинфрахроматические*, чувствительные ко всем лучам видимой области спектра и частично к ИК-зоне невидимого спектра).

Сенсибилизация – введение в светочувствительный слой фотопленки специальных органических красителей – сенсибилизаторов. Под их воздействием бромистое серебро приобретает чувствительность к определенным лучам спектра.

Цветные пленки (ЦН-1, ЦН-3, ДС-5) состоят из трех эмульсионных слоев. Верхний – светочувствительный слой, представляющий несенсибилизированную эмульсию, – наиболее чувствителен к синей зо-не спектра, средний – ортохроматический – к зеленым лучам, а ниж-ний – панхроматический – к красным. Сочетая синий, зеленый и красный спектр, можно получить все имеющиеся в природе цвета и оттенки. Для устранения влияния фиолетово-сине-голубых лучей на средний и нижний слои между верхним и средним светочувствительными слоями пленки введен тонкий желтый фильтровый слой, а под подложку – лаковый зеленый противоореольный. Все три светочувствительных слоя имеют химические вещества – компоненты, которые во время проявления окрашивают изображение в три цвета: верхний слой – в желтый, средний – в пурпурный, нижний – в голубой. В результате фотолабораторной

обработки получают негативы с изображениями объектов в дополнительных цветах.

Спектрозональные пленки – двухслойные СН-6, СН-6М, СН-8, СН-10 и трехслойные СН-15 и СН-23. В лесном дешифрировании наиболее часто применяют аэропленку СН-15. Она имеет три светочувствительных слоя: верхний – инфрахроматический, чувствительный к синим и красным лучам, с зоной светочувствительности 680 – 840 нм, средний – панхроматический, с зоной спектральной светочувствительности 530 – 700 нм (видимая область спектра), и нижний – ортохроматический, светочувствительный в зоне 510 – 600 нм. Эффективная светочувствительность за светофильтром ЖС-18 – 170 ед., разрешающая способность 110 лин/мм.

При изготовлении спектрозональной пленки в каждый светочувствительный слой вводят красители, которые после экспонирования и проявления пленки окрашивают фотоизображение в различные цвета. В инфрахроматический слой вводят сине-зеленый краситель, в панхроматический – пурпурный. Поэтому объекты на спектрозональных снимках окрашены обычно в условные (ложные) цвета, но различия в цветах древесных пород достигают максимальных величин. Хвойные породы фиксируются в основном панхроматическим слоем. На негативе пленки СН-15 они имеют пурпурный цвет. Лиственные породы изображаются на негативе сине-зеленым цветом, фиксируются в основном инфрахроматическим слоем.

Фотографические свойства пленки характеризуются общей и спектральной светочувствительностью, вуалью, контрастностью, шириной и разрешающей способностью.

Светочувствительность пленки устанавливают по результатам сенситометрических испытаний. При испытаниях пленку помещают в сенситометр и подвергают действию света, проходящего через оптический клин со ступенями различной плотности.

Общая светочувствительность пленки – способность ее после экспонирования и проявления чернеть, т. е. достигать определенной оптической плотности. Численно светочувствительность есть величина, обратно пропорциональная экспозиции, создающей на фотографической эмульсии некоторую плотность. Светочувствительность аэропленки определяют по экспозиции, которая создает почернение, превышающее плотность вуали на величину, равную 0,85.

Спектральная чувствительность, или *цветочувствительность* (чувствительность пленки к определенным зонам спектра), определяет свойства эмульсии передавать цвета фотографируемых объектов различными цветовыми оттенками на цветных и спектро-зонально-цветных пленках.

Контрастность пленки характеризует способность эмульсии передавать различие в яркости отдельных частей снимаемых объектов. Фотопленки различают по степени контрастности: мягкие с контрастом 1,0 и ниже, нормальные – от 1,1 до 1,4, контрастные – от 1,5 до 1,9, особо контрастные – выше 2,0. Разрешающая способность пленки определяется фотоэмульсией и зависит от светочувствительности и размеров кристалликов йодистого серебра. Пленки, применяемые для аэрофотосъемки, имеют разрешающую способность 60–250 лин/мм.

Разрешающую способность эмульсионного слоя, как и разрешающую силу объектива, выражают количеством линий на 1 мм. Разрешающая способность обычных аэропленок составляет 80 лин/мм. Мелкозернистые тонкослойные аэропленки фотомеханической репродукции имеют разрешающую способность, иногда превышающую 200 лин/мм.

Для изготовления аэрофотоснимков (отпечатков) применяют черно-белую, спектрозональную двухслойную и цветную трехслойную бумагу.

Черно-белую фотобумагу изготавливают путем полива светочувствительной бромосеребряной эмульсии на бумажную основу. Поверхность фотобумаги может быть глянцевая, полуматовая и матовая.

Двухслойная спектрзональная фотобумага предназначена для печати с негативов спектрзональных пленок. Верхний слой наиболее чувствителен к зеленым лучам, нижний – к красным. На такой фотобумаге листовые породы зеленого или голубовато-зеленого цвета, хвойные – буровато-коричневого.

Для печати с цветных и спектрзональных аэропленок применяют трехслойную цветную. В каждом слое имеются свои цветные компоненты. Для лесного дешифрирования предпочтительнее аэрофотоснимки, изготовленные на трехслойной цветной фотобумаге, поскольку она ярче и передает больше различий в цветовых оттенках древесных пород.

2. Нефотографические съемочные системы: сканирующие, телевизионные и радиолокационные.

Недостатком фотосъемки является необходимость доставки фотопленки для ее обработки. Этот недостаток устраняется при сканерной и телевизионной съемке. Они дают возможность систематического получения изображений поверхности Земли при быстрой передаче его на приемные станции. При выполнении этих съемок используют кадровые и сканирующие системы.

При кадровой телевизионной съемке используется миниатюрная телевизионная камера, в которой оптическое изображение, построенное объективом на экране, при считывании электронным лучом переводится в форму электросигналов и фиксируется на носителе или передается на землю.

При сканировании каждый сигнал (пиксел) передает обобщенные характеристики элемента земной поверхности. Колебание зеркала создает строку изображения. Поступательное движение носителя формирует совокупность строк, в свою очередь, формирует снимок. Эта технология напоминает целевую аэрофотосъемку.

За рубежом разработан EnsoMOSAIC. Оба сканирующих комплекса основаны на совместном использовании цифровых фотокамер и компьютеров для обработки информации. Используемый компьютер в комплексе EnsoMOSAIC имеет навигационный контроль за самолетом за счет GPS-приемника, оснащен боксом для цифровой камеры и конвертером для передачи информации с камеры. В комплексе используется две цифровые камеры: Nikon D1 со светочувствительностью 24 бита и разрешением 2012×1324 и Minolta RD-175 с разрешением 1528×1146 и имеющая два зеленых, голубой и красный сенсора. Система работает в видимой зоне спектра, а также в инфра-красной зоне. Разрешение на местности составляет 0,3–3 м. Полученная информация совместима и может использоваться в ARCINFO, ARCVIEW, MAPINFO, ERDAS.

Полученные путем сканирования снимки могут передаваться в цифровом виде и являются основой для последующего дешифрирования и создания картографических материалов.

Преимуществом радиодиапазона является окно прозрачности атмосферы, которое включает длины волн от 1 см до 10 м. Благодаря этому радиолокационная съемка освобождается от влияния атмосферы. Однако большая длина волны не дает необходимой для ведения лесного хозяйства точности обследования земной поверхности, вследствие чего радиолокационное исследование лесных массивов не нашло широкого использования.

3. Требования к качеству материалов аэрофотосъемки для целей лесоустройства

Фотографическое качество аэрофотоснимков оценивают, последовательно просматривая их и глазомерно определяя степень удовлетворения требованиям, которые предъявляются к ним действующими инструкциями.

Резкость и проработка деталей в затененных и освещенных местах должны быть достаточными по всему полю изображения. На аэрофотоснимках должны отображаться все детали, которые имеются на негативе. Плотность и контрастность должны быть достаточными и равномерно распределены в центре и на краях. Для спектрозональных негативов максимальная плотность деталей на негативе не должна превышать 1,8–2,0 единицы. Коэффициент контрастности должен находиться в пределах 1,4–1,8, при этом разбалансировка слоев не должна быть выше 0,4–0,5 единицы. Вуаль не должна препятствовать получению качественной печати, т. е. должна соответствовать техническим условиям, предусмотренным фабрикой на данный тип аэропленки: для спектрозональных негативов вуаль голубая – не более 0,6, вуаль пурпурная – не более 0,4.

Не подлежат приемке спектрозональные негативы, снятые при повышенной дымке. Они характеризуются передержкой для пурпурного слоя, малым контрастом, монотонностью всего изображения (тени от деревьев имеют на них ярко выраженную пурпурную окраску вместо серой). Изображения облаков и теней от них, царапины, пятна, полосы и другие дефекты не должны препятствовать дешифрированию и выполнению фотограмметрических работ. Спектрозональные аэронегативы должны иметь ярко выраженное цветоделение, изображения хвойных и лиственных пород должны заметно различаться по цвету на всей площади, ограниченной изображением контрольных нитей. Нельзя допускать разницу цветового тона как между аэрофотоснимками одного маршрута, так и различных маршрутов. Цветопередача по всему объекту должна быть одинаковой.

4. Аэрофотосъемочные работы.

После утверждения всех документов начинаются непосредственно аэрофотосъемочные работы.

Подготовительные работы:

- 1) изучение местности,
- 2) подготовка карт,
- 3) расчет показателей плановой АФС,
- 4) проектирование маршрутов и т.д.

По литературным и отчетным данным изучаются климатические и метеорологические показатели и результаты фенологических наблюдений для установления начала и конца съемочного периода, количество съемочных дней и их распределения по месяцам, определения количества летательных аппаратов.

При предварительных работах используются *карты полетные и съемочные*. *Полетные* служат для ориентирования во время полетов от аэродромов до объектов съемки и обратно, *съемочные* – для точного ориентирования во время проведения АФС.

Оформление полетной карты проводится прежде чем приступить к проведению маршрутов: на полетную карту наносят границы участка, подлежащего съемке.

Начальный маршрут должен проходить по меньшей мере через два контура полетной карты.

Основными ориентирами могут служить крутые изгибы реки, населенные пункты, отдельные сооружения и др. При нанесении на полетную карту крайних маршрутов необходимо, чтобы они перекрывали границу участка, подлежащего съемке, не менее чем на четверть маршрута

Летно-съемочные работы. Для проведения АФС на самолетах дополнительно устанавливаются: автопилот с автоматом программного разворота (автоматическое самолетовождение), компас и курсовая система (направление полета), измеритель

скорости и угла сноса, радиовысотомер, статоскоп и др. Точность полета по маршруту 0,5⁰ и по высоте ± 10 м.

Самолет подводится к первому маршруту с хорошо заметными ориентирами. АФА нивелируется по уровню и включается за 1 – 2 базиса до границы объекта, далее работает автоматически и выключается через 1 – 2 базиса после прохода границы объекта. В конце пленки делается 2 – 3 снимка в качестве пробных для фотолаборатории. В процессе съемки самолетовождение осуществляется по приборам и контролируется по наземным ориентирам.

Полевые фотолабораторные работы состоят из негативного и позитивного процессов. *Негативный процесс* включает проявление, фиксирование, промывку экспонированной аэропленки на специальных ручных или автоматизированных приборах. Затем аэрофильм поступает в фотолабораторию для изготовления позитивных отпечатков. *Позитивный процесс* заключается в получении контактных аэрофотоснимков, применяемых в последующем.

Полевые фотограмметрические работы включают нумерацию аэрофильмов, статограмм и высотограмм; контроль качества аэрофотосъемки по всем показателям в соответствии с техническими требованиями; составление накидных монтажей; выявление необходимых исправлений и доделок; изготовление репродукции накидных монтажей; оценку качества съемки по законченным участкам, составление паспортов; подготовку, оформление и сдачу готовой продукции.

Накидной монтаж (соединение контактных отпечатков по их общим контурам) выполняют на деревянных щитах в границах съемочных трапеций международной разграфки или лесхоза.

Камеральные работы являются проверкой выводов по использованию полевых материалов съемок для целей лесоустройства. Обработка полевых материалов состоит из последовательных процессов:

- а) сгущения планового обоснования;
- б) составление географической основы лесоустроительных планшетов по отдешифрированным в поле аэрофотоснимкам;
- в) накладка квартальной сети на лесоустроительные планшеты.

1.4 Лекция № 4 (2 часа)

Тема: «Геометрические свойства аэрофотоснимков».

1.4.1 Вопросы лекции:

1. Аэрофотоснимок – центральная проекция. Элементы ориентирования аэрофотоснимков.
2. Трансформирование аэрофотоснимков.
3. Искажения изображения на аэрофотоснимках.
4. Информационные и изобразительные свойства аэрофотоснимков.

1.4.2 Краткое содержание вопросов

1. __Аэрофотоснимок – центральная проекция. Элементы ориентирования аэрофотоснимков

Существует два основных метода съемки местности, основанных на ортогональной и центральной проекциях.

В основу ортогональной проекции положен принцип переноса точек местности на плоскость с помощью пучка параллельных лучей, перпендикулярных плоскости проекции.

Этот метод в основном используют при топографической съемке. В лесном хозяйстве наибольшее применение нашел второй метод съемки.

Аэрофотоснимок представляет собой позитивное изображение центральной проекции сфотографированной местности. Он получается в результате проецирования конического пучка лучей от точек местности, проходящих через центр проекции (объектив аэрофотоаппарата), на плоскость аэрофотоплёнки.

При работе с аэрофотоснимком необходимо знать не только центральную проекцию, но также положение его главной точки относительно плоскости аэроснимка в момент фотографирования.

Элементы ориентирования аэрофотоснимка

Величины, определяющие положение аэроснимка в плоскости и пространстве в момент фотографирования, называются *элементами ориентирования* аэрофотоснимка.

Элементы внутреннего ориентирования аэрофотоснимка определяют положение центра проекции относительно плоскости аэрофотоснимка. К ним относятся: положение главной точки на аэрофотоснимке в системе ее координат x_0, y_0 и фокусное расстояние аэрофотоаппарата. Начало координат o' в плоскости снимка определяется координатными метками, расположенными по сторонам кадра.

Элементы внутреннего ориентирования обеспечивают восстановление связи проектируемых лучей, существовавшей в момент фотографирования, и служат данными при обработке на стереоприборах и вычислении координат по аэрофотоснимкам.

Элементы внешнего ориентирования аэрофотоснимка определяют положение его плоскости и центра проекции относительно местности. Элементов внешнего ориентирования шесть, из них три линейных (X_s, Y_s, Z_s) и три угловых. Линейные координаты дают представление о пространственном положении центра проекции.

К числу угловых величин относят: угол отклонения главной оптической оси от горизонтальной линии (угол наклона аэрофотоснимка), угол поворота аэроснимка в своей плоскости (угол между осью uu и главной вертикалью vv) и дирекционный угол A (азимут линии направления съемки).

Определение элементов внешнего ориентирования выполняется в процессе последующей фотограмметрической обработки аэрофотоснимков.

2. Трансформирование аэрофотоснимков

Вследствие отклонения оптической оси АФА от вертикали, влияния рельефа местности, сдвигом во время съемки, изменения высоты фотографирования, рефракции (преломления) атмосферы и деформации аэроплёнки на аэроснимке возникают искажения в изображении предметов. Величина этих искажений на аэроснимке тем больше, чем дальше предмет расположен от главной точки аэроснимка.

Для приведения снимков к заданному масштабу и устранению искажений используется метод трансформирования (преобразования аэрофотоснимков). Этот процесс позволяет восстановить пучок проектирующих лучей, привести его главную ось к строго горизонтальному положению и внести поправки из-за несоответствия высот фотографирования. Но при этом не исправляются искажения из-за рельефа.

Существует несколько способов трансформирования: аналитический, графический, оптико-механический и др. При оптико-механическом трансформировании с помощью специальных проекторов совмещают проекционное изображение аэронегатива с опорным планшетом, добиваясь полного совмещения трансформационных точек.

Это достигается за счет изменения положения объектива фототрансформатора, негатива и экрана относительно друг друга. Ошибка совмещения не должна превышать

0.4 мм. После совмещения опорный планшет заменяется фотобумагой, на которой после экспонирования и проявления получают исправленный отпечаток. Исправление искажения из-за рельефа производят по зонам или на ортофототрансформаторах.

3. Искажения изображения на аэрофотоснимках.

Искажения изображения на АФС обуславливаются наклоном съемки, рельефом и изменением высоты съемки. Они разделяются на линейные и угловые. При наклоне аэрофосъемки угол между оптической осью и направлением на визируемую точку увеличивается и они смещаются к краю АФС. Величина смещения зависит от величины угла наклона, квадрата расстояния до точки нулевых искажений и обратно пропорциональна величине фокусного расстояния. Смещение точек приводит к искажению углов. Для уменьшения искажений при проведении АФС стремятся сохранить вертикальное положение оптической оси АФА.

В результате влияния рельефа визируемая точка изобразится в смещенной точке. Отрезок между смещенной точкой и точкой действительного нахождения представляет смещение точки за рельеф.

Искажения изображений на аэрофотоснимке существенно проявляются только в периферийной части. Поэтому при работе со снимком обычно используют его среднюю часть, в которой выделяют рабочую или полезную площадь

Рабочая площадь - это наименее искаженная центральная часть аэроснимка получаемая в результате отграничения линий, проведенных посередине продольных и поперечных перекрытий. Эта часть снимка представляет наибольший интерес при дешифрировании и составлении фотопланов. При съемочных работах стороны рабочей площади проводят по опознаваемым точкам местности. При отсутствии таких точек линии проводят под стереоскопом.

Если искажения могут быть допущены только до конкретных размеров, то выделяют не рабочую, а полезную площадь каждого аэроснимка. На аэроснимке она будет иметь форму круга и определение ее размеров сведется к вычислению радиуса этого круга.

Характеризуется эта площадь лучшим фотографическим качеством изображения и меньшим искажением по сравнению с краями аэроснимка. При использовании полезной площади аэроснимка можно получить фотоплан сфотографированной местности без разрывов, так как стороны четырехугольников, ограничивающих полезные площади смежных аэроснимков, являются стыковыми линиями. При современном состоянии фотограмметрических работ аэроснимок может быть использован не только в пределах полезной площади, но и за ее пределами.

4. Информационные и изобразительные свойства аэрофотоснимков.

Рисунок фотоизображения формируется сочетанием цветов или черно-белых тонов (плотностей). Общий вид рисунка определяется формой и размерами объектов, их взаимным расположением, цветовым и тоновым различиями. На характер рисунка изображения значительное влияние оказывают: особенности местности, масштаб, разрешающая способность, тип фотоматериалов, условия съемки и т.д.

На сверхкрупномасштабных аэрофотоснимках характер рисунка определяется изображением крон отдельных деревьев и их теней. На них хорошо заметны форма и индивидуальные особенности крон деревьев, даже крупные ветви.

На крупномасштабных АФС кроны деревьев изображаются в более обобщенном (слаженном, генерализованном) виде.

На средне- и мелкомасштабных АФС изображаются кроны групп деревьев, но общая структура полога хорошо заметна.

На космических снимках леса воспринимаются как единое целое со специфическим рисунком, характер которого определяется особенностями почвенно-типологическим комплексам различных рангов.

С уменьшением масштаба изменяются все элементы рисунка (цвет, тон, размеры, форма), вызывая изменения характера изображения. При этом постепенно исчезают мелкие контура с малыми контрастами. Объекты разных оттенков изображаются обобщенным (интегрированным) цветом. Границы контуров выпрямляются и становятся более четкими и линейными.

Информационные свойства снимков. АКС представляет собой документальное изображение местности, на котором объекты передаются скоплением отдельно различимых точек – ее носителей. Поэтому количество получаемой информации зависит от размера точек (зерен эмульсии) и числа различимых тонов, которые определяются разрешающей способностью и контрастностью. Поэтому объем информации зависит в основном от *масштаба и разрешающей способности*.

По крупномасштабным АФС можно получить подробную информацию об объектах, которой нельзя получить по планам и картам одинаковых масштабов.

На спектрзональных снимках цветов и оттенков больше, чем тонов на черно-белых. Поэтому объем получаемой информации в несколько раз больше. Это дает возможность точнее устанавливать границы выделов и таксационные показатели насаждений.

С уменьшением масштаба исчезают мелкие объекты, особенно их детали. При этом резко уменьшается просматриваемость полога в глубину и значительно затрудняется использование измерительных приборов. В результате снижается объем получаемой информации.

С увеличением масштаба увеличивается объем информации, но значительно возрастает стоимость снимков и их использование становится экономически невыгодным. Для уменьшения стоимости проводится выборочная крупномасштабная съемка.

Разрешающая способность аэроснимка связана с различием в цветах и размерах дешифрируемых объектов. Элементы ландшафта, которые служат содержанием топографической карты, изображаются на аэроснимке различными тонами (черные, серые, белые) и различными размерами.

Благодаря различию тонов смежных объектов – так называемому *пограничному контрасту* – распознаются границы контуров. Если тона будут почти одинаковыми, т.е. если величина пограничного контраста будет слишком мала, глаз не различит границу между ними и два контура сольются в одно целое. Точно так же, если размеры элементов ландшафта окажутся настолько малыми, что в масштабе аэроснимка будут иметь величины, соизмеримые с величиной зерен фотографической эмульсии и не изобразятся на аэроснимке, то нельзя будет судить об их существовании.

Предельно малое значение пограничного контраста и предельно малая величина объекта фотографирования определяют *разрешающую способность аэроснимка*. Существует ряд объектов, которые изображаются на аэроснимке, несмотря на то, что размер их изображения (по одному направлению) в масштабе съемки лежит за пределами разрешающей способности. Такими объектами могут быть узкие тропинки, рельсы и даже телеграфные провода.

Узкие, но длинные объекты возбуждают большое количество светочувствительных элементов сетчатки, вызывая зрительное ощущение объекта. Эта особенность является весьма выгодной при дешифрировании троп, железных дорог и т. п.

Величина разрешающей способности аэроснимка должна выражаться разнородными физическими единицами (мерой контраста и мерой величины объекта фотографирования), она зависит от:

- 1) оптических характеристик объектива,
- 2) фотографического слоя,

3) величины сдвига оптического изображения в момент фотографирования и, наконец,

4) условий фотохимической обработки.

Солнечный свет, отраженный от объектов ландшафта (леса, реки, луга и т. п.), попадает через объектив аэрофотоаппарата на поверхность светочувствительного эмульсионного слоя пластинки или аэропленки, где получается оптическое изображение.

Световые лучи не останавливаются на поверхности, проникают внутрь эмульсионного слоя и, в результате фотохимического эффекта, создают скрытое изображение. Наконец, для того чтобы получить видимое изображение, аэроснимок подвергают фотографической обработке. При этом самые яркие участки оптического изображения получают самыми черными и наоборот.

1.5 Лекция № 5 (2 часа)

Тема: «Дешифрирование аэрофотоснимков».

1.5.1 Вопросы лекции:

1. Сущность и виды дешифрирования аэроснимков.
2. Дешифровочные признаки.
3. Подготовка аэрофотоснимков к измерительному дешифрированию. Приборы и программные средства для измерительного дешифрирования аэрофотоснимков.
4. Измерение таксационных показателей древостоев.
5. Автоматизированное дешифрирование аэроснимков.

1.5.2 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 спектрально-цветные 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 опознания. По форме крон опознаются породы, вырубki и кварталы по правильной прямоугольной форме.

Размер объектов используется для опознания 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. Приборы и программные средства для измерительного дешифрирования аэрофотоснимков

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.

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.

4. Измерение 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; ΔP – 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.

1.6 Лекция № 6 (2 часа)

Тема: «Космическая съемка».

1.6.1 Вопросы лекции:

1. Сущность космической съемки. Классификация космических снимков.
2. Общая характеристика методов дистанционного зондирования.
3. Порядок приема и обработки информации с космических спутников.

1.6.2 Краткое содержание вопросов

1. Сущность космической съемки. Классификация космических снимков

Космической называется съемка земной поверхности с космических летательных аппаратов (КЛА) с минимальной высоты 140 – 150 км, максимальная высота определяется минимально целесообразным масштабом съемки. КЛА подразделяются на искусственные спутники земли (ИСЗ) без экипажа, пилотируемые космические корабли с экипажем (ПМК), межпланетные автоматические станции и спутники.

Для получения близких по масштабу снимков обычно используются круговые орбиты с высотой для ПМК – 200–400 км, для метеорологических спутников – 600–1500 км. Значительная высота орбиты и малое фокусное расстояние (20–300 мм) определяют мелкие масштабы космических снимков ($1/1\,000\,000$) и мельче.

Классификация космических съемок проводится: по обзорности, масштабу, разрешению на местности, детальности и т.д.

По обзорности космические снимки разделяются на:

глобальные снимки – изображают части планеты или материков с масштабом $1/M=1/10\,000\,000$ и мельче, имеют разрешение от нескольких километров до десятков метров;

региональные – части материков и крупных регионов, при масштабе от $1/5\,000\,000$ до $1/10\,000\,000$, разрешении – сотни метров (широко используются в метеорологии);

локальные – отдельные страны, регионы, с масштабом $1/1\,000\,000$ – $1/5\,000\,000$, разрешением – десятки метров (применяются для составления мелкомасштабных карт);

детальные – районы, области, при масштабе $1/100\,000$ – $1/500\,000$ и разрешении 5–10 м (получают с высоты до 200 км, длиннофокусными космическими фотоаппаратами (КФА) для изучения лесного фонда и оценки его состояния).

По масштабу космические снимки делятся на: мелкомасштабные – с масштабом $1/10\,000\,000$ и мельче; среднемасштабные – $1/1\,000\,000$ – $1/10\,000\,000$; крупномасштабные – $1/1\,000\,000$ и крупнее.

По разрешению на местности:

очень малого разрешения – десятки километров (такое разрешение характерно для снимков, полученных с межпланетных автоматических станций, высокоорбитальных ИСЗ, а также с метеорологических ИСЗ с помощью сканирующих радиометров);

малого разрешения – 1 км (преимущественно телевизионные, сканерные и радиолокационные съемки с метеорологических ИСЗ);

среднего разрешения – около 100 м (сканерные и телевизионные снимки с ресурсных ИСЗ (Метеор, LANDSAT) и фотографические, получаемые с ПМК широкоугольной фотоаппаратурой);

высокого разрешения – десятки метров и *очень высокого разрешения* – 1 м и менее (такое разрешение характерно для снимков, получаемых с ПКК, АКК, ИСЗ LANDSAT, Космос, SPOT высококачественной фото- и сканерной (телевизионной) аппаратурой или высококачественной длиннофокусной фотоаппаратурой с низких орбит).

По детальности изображения, которая взаимосвязана с разрешающей способностью, снимки могут быть разделены на три группы:

малой детальности – около 5 линий/мм (преимущественно телевизионные и сканерные снимки с метеорологических ИСЗ. Работу по их дешифрированию целесообразно выполнять с оригиналами и при увеличении 2 – 5раз);

средней – около 10 линий/мм, позволяют работать при увеличении в 5–10 раз (снимки фототелевизионные, а также с ресурсных ИСЗ и фотоснимки, полученные стандартной аппаратурой, аналогичной применяемой при аэрофотосъемке);

информативные – 20 и более линий/мм (несут очень большой объем информации и позволяют работать при увеличении оригинальных снимков 10–30 раз).

2. Общая характеристика методов дистанционного зондирования

В широком смысле дистанционное зондирование Земли (ДЗ) – это получение любыми неконтактными методами информации о поверхности Земли, объектах на ней и в ее недрах. Примером может являться АФС.

Длины волн оптического диапазона меньше длин волн теплового или радиолокационного. Поэтому оптические наблюдения, фиксируемые на фотопленку или с помощью сканирующих устройств, более информативны и точны.

Дальнейшая задача обработки заключается в интерпретации имеющихся данных для получения информации о свойствах исследуемых объектов. Однако сложность и особенность получения ДДЗ определяется значительным влиянием помех на полезный сигнал.

Кроме того, величина помех при космических съемках может на порядки превосходить помехи при наземной съемке (физические характеристики слоев воздуха и воды, оптические характеристики слоев воздуха и воды, активность Солнца и влияние этой активности на атмосферу и др.).

Все эти факторы не влияют на съемку с поверхности Земли, но становятся источниками помех при дистанционных космических исследованиях.

В настоящее время для съемок из космоса используются различные виды технических средств, которые включают:

- системы традиционной фотографической регистрации изображения (фотопленка, отснятая в космосе, на земле проявляется и сканируется на прецизионных просветных сканерах для использования в геоинформационных технологиях);

- многозональные съемочные системы;

- системы получения инфракрасных (тепловых) снимков;

- сканирующие системы реального времени, оперативно передающие информацию на Землю по каналам связи;

- радиометрические съемочные системы, в том числе так называемые радары с синтетической аппаратурой (РСА);

- системы когерентного оптического зондирования.

В настоящее время для лесохозяйственных целей наиболее широко используются материалы **сканерных съемок**.

Сканерный снимок состоит из отдельных элементов – пиксел, свет от которых (яркость) преобразуется в электрические шкалы и по радиоканалам передается на Землю или записывается на носители. Сканерные съемки проводятся для получения оперативной информации для охраны лесов от пожаров, оценки санитарного состояния и антропогенной деятельности человека. Сканерные снимки могут передаваться на Землю в

режиме реального времени (on-line) в цифровой форме, что облегчает ее машинную обработку.

Сканерная съемка проводится с ИСЗ LANDSAT (США), SPOT (Франция), Метеор – Природа и Космос-2000 (Россия). Чаще она поступает в виде многозональных изображений. Разрешение русских систем от 1,5 км до 40м.

Размер пиксела определяет детальность (разрешение) изображения на местности. **Радиометрическое обследование** – пассивная и активная съемка в радиодиапазоне. Традиционно съемку в радиодиапазоне относят к активной, т.е. использующей аппаратуру, посылающую излучение на объекты земной поверхности и фиксирующую отраженный сигнал.

Работа космических микроволновых систем, дающих изображение, началась с 1973г. на метеорологических спутниках «Нимбус-5», «Нимбус-7», система «Зенит». Пассивные радиометрические снимки относятся к снимкам низкого разрешения до 12 км.

Радиолокационная съемка. Радиолокационные снимки получают на основе облучения объекта наблюдения активной станцией (радаром) и фиксации отражения этого излучения. В отличие от других космических съемочных систем, регистрирующих отраженное оптическое или тепловое излучение, радар – активный сенсор. Не нуждается во внешних источниках освещения. Гладкие поверхности (пески, пляжи) изображаются темным тоном, более неровные и зернистые – светлее. Растительность – светлый тон.

Лазерное зондирование. Лазерным зондированием, или лазерной локацией, называют съемку, занимающуюся обнаружением и определением местоположения различных объектов при помощи электромагнитных волн оптического диапазона, излучаемых лазерами. Она может быть пассивная и активная. Чем меньше длина волны, тем меньше объект, который можно обнаружить с помощью активной локации. Поэтому преимуществами лазерной локации являются более высокая точность определения положения объекта и более высокое разрешение. Предшественниками лазерных локаторов были лазерные дальномеры. Достоинством ЛЗ является возможность не только запеленговать объект, но и получить изображение зондируемого участка поверхности. Системы ЛЗ установлены на ИСЗ НАСА Explorer-22.

Космовизуальные наблюдения проводятся для изучения наземных объектов, метеорологических явлений и оптических процессов в атмосфере, выявления грозовой и ресурсной облачности. Глазомерно хорошо различаются природные ландшафты, леса, лесные пожары по шлейфам дыма, пылевые бури и т.д. При высоких контрастах уверенно различаются объекты – 60 м, умеренных – 600 м, малых – 1200 м. Однако космонавты различают и более мелкие объекты: железные и шоссейные дороги, поезда, шлейфы пыли за автомобилями, крупные самолеты на большой высоте, мосты, повреждения лесов, грозовую и ресурсную облачность.

Информация, полученная при визуальных наблюдениях циклонов, облачных вихрей, тропических штормов, области активной грозовой деятельности и прочих метеорологических явлений, поступает в Гидрометеоцентр, где ее используют при составлении синоптических сводок и передают заинтересованным организациям.

Во время визуальных наблюдений опознают заранее намеченные объекты фотографирования и спектрометрирования.

3. Порядок приема и обработки информации с космических спутников

В настоящее время данные дистанционного зондирования ДДЗ являются самым оперативным источником получения геоинформационных данных. Они являются основным источником для поддержания информации ГИС в актуальном состоянии, особенно если фактор актуальности играет решающую роль.

На первом этапе обработки осуществляется либо импорт данных, полученных со спутника, либо сканирование.

Второй этап предполагает обязательный анализ данных для последующего составления плана обработки изображений,

На третьем этапе осуществляется регистрация изображений. В случае необходимости они могут быть переведены в заданную картографическую проекцию.

В технологии ДДЗ ведущую роль на стадии сбора играют цифровые методы обработки изображений.

На четвертом этапе – объединение, или комбинирование, нескольких изображений с целью получения целостной картины исследуемого объекта или явления.

На следующем этапе изображение, синтезированное из нескольких разных изображений, подвергается обработке с целью улучшения качества и приведения разных характеристик исходных объектов к единым характеристикам одного синтезированного изображения.

Для повышения качества дешифрирования объектов и улучшения качества векторизации растрового изображения на шестом этапе осуществляется автоматизированная классификация объектов изображения и их группирование по свойствам. Благодаря этому существенно упрощается организация атрибутивных данных.

Следующий этап создает основу для применения ГИС-технологий. В нем происходит создание структур атрибутивных данных в соответствии с требованиями конкретной ГИС и формируется структура связей позиционных и атрибутивных данных.

На восьмом этапе осуществляется векторизация растрового изображения с использованием данных классификации и организованной связи координаты-атрибуты. На этом этапе осуществляется существенное сжатие исходных данных при сохранении информативности о выбранных объектах (в 2–3 раза).

На девятом этапе осуществляется построение цифровой модели как основы хранения данных и моделирования в ГИС.

На десятом этапе осуществляются процедуры геоинформационного моделирования, цель – полное исследование объектов ГИС.

На последнем этапе результаты геоинформационного моделирования оформляются в виде отчетов, презентаций, справок, карт и других документов.

В целом уровень автоматизации комбинированной ГИС-технологии, включающей методы обработки ДДЗ, выше, чем многих других ГИС-технологий. Он является наиболее перспективным, поскольку способствует расширению возможностей геоинформационных систем как систем обработки.

1.7 Лекция № 7 (2 часа)

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

1.7.1 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.

1.7.2 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 пастьба 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 шелкопрядов, 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 лесосушительных 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.

1.8 Лекция № 8 (2 часа)

Тема: «Применение аэрокосмических методов при устройстве рекреационных лесов и при лесохозяйственных обследованиях»

1.8.1 Вопросы лекции:

1. Применение аэроснимков при устройстве рекреационных лесов
2. Оценка порядка лесопользования
3. Оценка состояния лесовозобновления
4. Оценка состояния полезащитных лесных насаждений
5. Выявление и учет текущих изменений в лесном фонде

1.8.2 Краткое содержание вопросов

1. Применение аэроснимков при устройстве рекреационных лесов

Рекреационные леса по их народнохозяйственному значению, местоположению и выполняемым функциям подразделяются на несколько категорий.

Пригородные леса, входящие в зеленый защитный пояс городов. В них выделяют лесные массивы, предназначенные для отдыха населения, - лесопарковые части зеленых зон. Как правило, в крупных городах разрабатывается и осуществляется государственный перспективный план развития, в котором намечается и комплекс мероприятий по преобразованию и рациональному использованию лесов зеленой зоны.

Пригородный лес постепенно благоустраивается и трансформируется в лесопарк. Загородные лесопарки также входят в систему зеленых юн городов и являются местами массового периодического отдыха городского населения.

Городские лесопарки. Это переходная категория от загородных лесопарков к городским паркам. Их появление связано с расширением городов и застройкой прилегающих к городу территорий. Хозяйственные мероприятия в городских лесопарках направляются на сохранение природной среды. При умелом ведении хозяйства лесопарк может длительное время выполнять свои функции. На определенном этапе, когда рекреационная нагрузка превышает нормативно допустимую, свободный режим пользования сказывается отрицательно на состоянии природной среды. Лесопарк приближается к городскому парку.

Историко-мемориальные объекты и памятники садово-паркового искусства. Мемориальность объекта всегда связана с определенным периодом мемориализации, т.е. временем, на которое фиксируется облик данного объекта. Например, мемориальный облик Пушкинского Государственного заповедника в Псковской области связывается с

годами ссылки поэта (1824 - 1826 гг.). Облик памятника садово-паркового искусства воссоздается на время наибольшего расцвета парка или определенного периода его создания.

В отдельные категории рекреационных лесов выделяют национальные парки, лесные массивы вокруг курортов, домов отдыха, санаториев, детских лагерей. Эти леса предназначены для создания благоприятных условий для отдыха и выполняют, кроме того, защитные и санитарно-гигиенические функции.

В зависимости от хозяйственного назначения объекта устройство его включает различные задачи. Например, устройство объектов с ведением хозяйства по насаждениям может характеризоваться следующим составом полевых работ и изысканий:

- съемочно-геодезические работы,
- уточнение геодезической основы планово-картографических материалов,
- ландшафтная таксация,
- почвенно-типологическое обследование,
- изыскания с целью проектирования элементов благоустройства в рекреационных лесах.

Хозяйство в парковых и особо ценных мемориальных объектах ведется на подеревной основе садово-парковыми приемами.

Устройство этих объектов характеризуется следующим составом натурных изысканий:

- съемочно-геодезические работы М 1:500-1: 2000,
- инвентаризация древесно-кустарниковой растительности, включающая описание отдельных деревьев (порода, возраст, санитарное состояние, декоративные показатели) и групп кустарников,
- почвенное обследование,
- изучение геологических и гидрологических условий,
- оценка хозяйственного состояния существующих на территории объекта архитектурных и инженерных сооружений,
- технико-экономические исследования.

Наиболее распространенными в практике устройства рекреационных лесов являются плановые аэрофотосъемки. Масштаб фотографирования для объектов с ведением хозяйства по насаждениям -1:5000-1:10000, а для объектов с подеревным ведением хозяйства-1:500-1:1500. При съемке используют топографические аэрофотоаппараты с фокусным расстоянием 200-500 мм. Для таксации и определения санитарного состояния насаждений съемку ведут в летний период на спектрально-аэрофотоплёнку.

При устройстве объектов, где требуется составление или значительное обновление планово-картографических материалов, аэрофотосъемку выполняют весной, до распускания листьев, или осенью, после листопада. Съемку проводят в солнечную погоду или при легкой слоистой облачности верхнего яруса на черно-белую аэрофотоплёнку. В этом случае перед съемкой обязательна наземная маркировка геодезических знаков, имеющихся в объекте. Целесообразна и маркировка отдельных мемориальных деревьев, если намечается их картирование.

При устройстве объектов с ведением хозяйства по насаждениям основные сведения о лесном фонде дает таксация. Особенность же устройства рекреационных лесов заключается в том, что данных, полученных в результате лесной таксации, бывает недостаточно: требуются сведения для решения вопросов архитектурно-планировочной и ландшафтной организации устраиваемого объекта, для чего устанавливают ряд дополнительных показателей, т.е. ландшафтную характеристику таксационного выдела. Поскольку в большинстве случаев определение таксационной и ландшафтной

характеристик выдела проводит одновременно один и тот же исполнитель, этот процесс называют «ландшафтная таксация».

Перечень определяемых таксационных показателей насаждений включает состав древесных пород, их возраст, средние высоту и диаметр деревьев, полноту, бонитет, тип леса, запас, а также описание подроста, подлеска, напочвенного покрова и пр. Ландшафтная характеристика таксационных выделов имеет следующие показатели: сомкнутость полога, длину и ширину крон, проходимость и просматриваемость участка, характер размещения деревьев, жизнеустойчивость древостоев, эстетическую и санитарно-гигиеническую оценку, а также оценку совершенства существующего и проектируемого ландшафтов. Последняя устанавливается на основе двух показателей - типа ландшафта (существующий и проектируемый) и стадии рекреационной деградации. Ландшафтную таксацию лесных и нелесных участков выполняют при натуральном осмотре с предварительно подготовленным абрисом. Обычно абрисом служит спектрзональный аэрофотоснимок М 1:5000-1:10000. Аэрофотоснимки позволяют определять некоторые показатели непосредственно по снимкам на основе аналитического и инструментально-измерительного дешифрирования, в том числе в интерактивном режиме на экране компьютера: среднюю высоту деревьев или среднюю высоту полога древостоев, сомкнутость полога, состав древостоев, густоту и размещение деревьев и пр.

Степень усыхания насаждений устанавливают на основе процентного соотношения числа деревьев, отнесенных к категории жизнеспособных, усыхающих и усохших деревьев. На спектрзональных аэрофотоснимках изображение здоровых, ослабленных, усыхающих и усохших деревьев различают по цвету.

Основная цель ведения хозяйства в лесах рекреационного назначения - формирование жизнеустойчивых высокопродуктивных насаждений, обладающих хорошими эстетическими и декоративными качествами. Поэтому перед лесоустройством ставится задача разработки схем рационального размещения насаждений и древесных пород в лесорастительных условиях, максимально отвечающих их биолого-генетическим свойствам. Почвенное обследование М 1:10000 является составной частью участкового метода устройства на почвенно-типологической основе, которая предусматривает направленное проектирование всех лесохозяйственных мероприятий на целевую древесную породу.

Для обследования применяют плановые спектрзональные аэрофотоснимки М 1:10000. В процессе подготовительных работ по снимкам дешифрируют границы таксационных выделов. На снимки наносят контуры изученных ранее почв, а также выходов и названий почв смежных землепользователей. Затем с учетом отдешифрированных участков на снимках составляют проект заложения почвенных разрезов и прикопок. Полевое почвенное обследование выполняют с заложением разрезов и взятием образцов для химических анализов по генетическим горизонтам.

После получения результатов химического анализа почв окончательно редактируют полевую почвенную карту, вычисляют площади контуров почвенных участков, составляют окончательный систематический список почв и изготавливают почвенно-типологическую карту.

В объектах с подеревным ведением хозяйства для картографирования элементов внутренней ситуации и инвентаризации древесно-кустарниковой растительности применяют аэрофотоснимки, выполненные в весенний или осенний период, когда листопадные породы находятся в безлиственном состоянии.

В зависимости от уровня подготовки исполнителей и сложности объекта работ намечают предварительное камеральное дешифрирование рабочих аэрофотоснимков или же весь объем работ выполняют в полевой период. Если проводится камеральное дешифрирование, то дешифровщики должны располагать фототекой типичных изображений дешифрируемых элементов внутренней ситуации и пород деревьев, а также

пройти соответствующую тренировку. Полевое дешифрирование проводят непосредственно при натурном обследовании объекта.

Спектрозональные снимки М 1:500-1:1000 могут быть использованы для ландшафтно-исторического анализа мемориальных объектов и оценки планировочной и композиционно-пространственной структуры парковой территории.

Классификация ландшафтов основана на характере размещения деревьев и сомкнутости древесного полога. Значение сомкнутости полога можно определить автоматизированными способами на экране компьютера: а) измерением ширины крон и просветов между ними на прямых взаимно перпендикулярных линиях; б) измерением площадей, занятых проекциями крон деревьев, и др. В результате составляют схему распределения территории объекта на закрытые, полукрытые и открытые ландшафты.

Материалы спектрозональных крупномасштабных аэрофотосъемок М 1:500-1:1000, выполненных в летний период, могут быть использованы для определения жизнеустойчивости деревьев. Для опознавания здоровых, ослабленных, сильноослабленных, усыхающих и усохших деревьев проводят тщательное стереоскопическое рассматривание крон деревьев и выявление аномалий в строении крон. К основным признакам дешифрирования ослабленных и сильноослабленных деревьев относятся: наличие в кроне сухих ветвей, нарушение формы кроны, изменение густоты кроны, изменение цвета и цветовой структуры кроны.

Крупномасштабные аэрофотоснимки используют для составления планово-картографической документации. Наиболее доступный и дешевый в изготовлении вид топоосновы - это фотосхема. Фотосхему равнинной местности можно рассматривать как приближенный фотоплан. Точность фотосхемы существенно зависит от углов наклона аэрофотоснимков, колебаний высоты полета, погрешностей монтажа аэроснимков. Фотосхемы, составленные из контактных снимков, используют иллюстративных целей. Более точной считается уточненная фотосхема, составленная из аэрофотоснимков, полученных с применением гиростабилизирующей установки и приведенных к заданному масштабу. Уточненные фотосхемы можно использовать как для проектирования, так для наглядного оформления проектных решений. Фотоплан - основной измерительный фотограмметрический материал. Учитывая, однако, довольно значительную стоимость составления фотопланов, их использовали как топографическую основу при проектировании новых лесопарков или при разработке проектов реставрации особо ценных мемориальных объектов.

В большинстве случаев на объекты рекреационного устройства имеется планово-картографическая документация прошлых лет. В этом случае в задачу устройства входит только внесение текущих изменений в плановые материалы. Дополнительно могут быть составлены иллюстративные фотосхемы в разных масштабах.

Внедрение в практику устройства рекреационных лесов, как и лесоустройства, современных ГИС-технологий позволяет автоматизировать весь процесс работы с аэрофотоснимками и составления самых разнообразных планово-картографических материалов, всесторонне характеризующих объект устройства, в том числе и фотосхем и фотопланов.

Перспективными при устройстве рекреационных лесов, в том числе парков, следует считать и космические снимки сверхвысокого пространственного разрешения.

Использование аэро- и космических снимков при устройстве объектов рекреационного значения существенно повышает уровень выполняемых работ, расширяет круг решаемых задач. Немаловажное значение имеют наглядность и иллюстративные качества предоставляемого заказчику материала. В этом отношении иллюстративные фотосхемы, изготавливаемые из цветных или спектрозональных снимков, удовлетворяют самым высоким требованиям заказчика.

2. Оценка порядка лесопользования

Рубки главного пользования в лесах в России ежегодно проводятся на площади около одного миллиона га (в последней четверти прошлого столетия - до двух млн. га). Преимущественно это сплошнолесосечные рубки (85-90 %), которые существенно влияют на экологическое состояние лесных экосистем в районах их проведения. Помимо рубок главного пользования сплошнолесосечные способы применяются при проведении сплошных санитарных рубок, относимых лесным законодательством к прочим рубкам. Ежегодно сплошные санитарные рубки проводятся на десятках тыс. га.

Лесное законодательство и ведомственные нормативные документы определяют порядок лесопользования, исходя из необходимости бережного отношения к лесным ресурсам и экологии. Однако лесозаготовительные организации нередко, стремясь к получению максимальной прибыли при минимальных затратах, нарушают порядок лесопользования и, в частности, правила рубок, определенные действующими нормативными документами, чем наносится существенный ущерб ресурсному потенциалу лесов и окружающей среде. В связи с этим на работников лесного хозяйства возложена обязанность по обеспечению контроля за порядком лесопользования и проведению освидетельствования всех без исключения мест рубок после завершения рубки леса. Однако во многих случаях, особенно в таежных, удаленных от путей транспорта, районах, при наличии больших площадей вырубок, сильно захламленных и заболоченных, лесная охрана физически не в состоянии выполнить качественно освидетельствование мест рубок. В связи с этим нередко они проводятся формально, без осмотра всей территории вырубок, без применения инструментальных методов. В результате нарушения прав рубок занижаются порой на порядок и, соответственно, с лесозаготовителями не взыскиваются крупные суммы штрафов, что в свою очередь не способствует улучшению работы лесозаготовителей.

Поэтому для контроля за порядком лесопользования нужны более эффективные, объективные и независимые методы. Такими являются методы, базирующиеся на применении данных дистанционного зондирования, при которых основную часть наиболее трудоемких работ могут выполнять специализированные лесоустроительные подразделения.

Освидетельствование вырубок. В основу технологии освидетельствования мест сплошнолесосечных рубок положено дешифрирование аналитико-измерительное или автоматизированное (интерактивное) крупномасштабных аэрофотоснимков. Предусматривается проведение аэрофотосъемки с легкомоторного самолета (АН-2) или вертолета (Ми-2) двумя АФА с различными фокусными расстояниями. По аэрофотоснимкам первого АФА (например, ТЭ-55, $f_k = 55$ мм) масштаба 1:5500 (разрешение 0.5-1 м) устанавливают истинные контуры вырубок и сравнивают их с данными отвода лесосек. По аэроснимкам второго АФА (например, БАФ-210, $f_k = 210$ мм) масштаба 1:1400 (разрешение 10-15 см) на основе аналитико-измерительного или автоматизированного дешифрирования определяют площади и запасы недорубов или перерубов, объемы не вывезенной древесины; оценивается сохранность напочвенного покрова, количество и качество подроста, при необходимости подсчитывается на отдельных участках количество пней. Аэросъемка может проводиться цифровой камерой высокого пространственного разрешения (не хуже 10-15 см) и полосой обзора, превышающей ширину вырубок. В этом случае при анализе изображения на экране компьютера оцениваются как контуры вырубок и завизирных рубок, так и наличие и размер всех основных нарушений порядка лесопользования.

Лесонарушения, которые невозможно определить по аэроснимкам (нерациональная разделка древесины, высота пней более допустимых, повреждение деревьев за пределами лесосеки, столбов, клейм и др.), выявляются путем проведения выборочного наземного контроля лесной охраной. Аэрофотосъемку вырубок проводят, как правило, весной после

схода снежного покрова, но до начала развития травяного покрова и облиствения древесной растительности.

Оценку состояния лесосек по снимкам М 1:1400 проводят на учетных площадках размером 30х30 м, равномерно размещаемым в направлении длинной стороны вырубki. В зависимости от ее ширины количество лент перечета принимается следующее: 100 м - 2 ленты, 250 м - 3, 500 м - 4. Две ленты намечаются по краям вырубki (при трех лентах и более), а остальные - внутри, на равном расстоянии между лентами. Общая площадь учетных площадок должна составлять 8-10 % от площади вырубki. Объем выборки должен обеспечивать 10 % точность определения выявляемых нарушений.

На аэрофотоснимках в пределах учетных площадок под стереоскопом при 3-5-кратном увеличении подсчитывают оставленную древесину, подразделяя ее по категориям: хлысты, бревна, откомлевки, вершинки. Перед началом дешифровочных работ с исполнителями ежегодно проводят тренировку продолжительностью до трех дней на двух-трех типичных для района работ вырубках. Контроль за точностью работ проводится наземным способом на 3-5 % площади вырубok, обследованных на основе дешифрирования аэроснимков.

Метод экономичен и эффективен. Он обеспечивает повышение качества работ по освидетельствованию мест рубок, при минимальных трудовых затратах. В таежных районах страны он является единственным, способным обеспечить достаточную точность и объективность контроля за лесозаготовительными работами, учитывая труднодоступность и трудоемкость наземного контроля. Аэрофотосъемка может быть заменена видеосъемкой.

Контроль порядка лесопользования по космическим снимкам. Метод разработан в 80-х гг. прошлого столетия с целью выявления и картографирования мест проведения сплошнолесосечных рубок (вырубok) и оценки соответствия их параметров принятым нормативам.

При проведении рубок главного пользования необходимо соблюдать нормативы, регламентирующие порядок рубок, что должно способствовать рациональному освоению лесозаготовительного фонда и сохранению и усилению водоохранных и других защитных функций лесов. Нормативами определяются размеры и количество лесосек в квартале (число зарубов), сроки и способы их примыкания друг к другу, ориентированность длинной стороны лесосек по отношению к меридиану Ю-С в равнинных лесах или по отношению к горизонталям - в горных лесах, направление рубки, т.е. направление поступательного движения освоения лесных массивов, характер размещения семенных куртин и полос, обеспечивающих успешность семенного лесовосстановления после рубки, допустимую степень минерализации почв на вырубках от воздействия лесозаготовительной техники.

Метод контроля за порядком лесопользования по космическим снимкам предусматривает:

- выявление возникших за анализируемый период (от 1 года и более) вырубok;
- площадь, длина, ширина и направление вырубok, сроки и способы примыкания, число зарубов в квартале и соответствие этих параметров нормативным, принятым для контролируемого региона, группы лесов, рельефа, породного состава насаждений и т.п.;
- определение границ новых выделов, возникших в результате рубки;
- оценка соответствия контуров вырубok контурам отвода лесосек, выделение недорубов, перерубов (завизирной рубки), мест несанкционированной рубки, отклонений от нормативов по размещению, размерам, направлению, срокам примыкания лесосек и направлению рубки и т.д.;
- актуализация на основе полученных границ вырубok лесоустроительной и таксационной информации.

Решение данной задачи актуально прежде всего для многолесных районов таежной зоны России с интенсивным характером лесопользования (Европейско-Уральская часть,

Центральные и южные районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока, прилегающие к Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожным магистралям).

Технологическое решение данной задачи основывается на совместной обработке средствами ГИС космической разновременной информации высокого разрешения и материалов наземной инвентаризации прошлого лесоустройства.

Чтобы обеспечить требуемую точность картографирования вырубок для территорий с третьим разрядом лесоустройства, пространственное разрешение материалов дистанционных съемок должно быть не хуже 10 метров (лучше 1-5 м). Желательно применение спектрозональных или многоспектральных космических изображений, получаемых в видимой и ближней ИК зонах спектра.

Космические снимки позволяют получить основной объем информации о порядке лесопользования: местах размещения сплошных рубок, их площади, параметрах вырубок, числе зарубов в квартале, направлении лесосек и направлении рубки, недорубах, завизирной рубке, некоторых нарушениях технологии рубок (размещение волоков, сохранение подроста и др.).

При необходимости более детальной оценки мест рубок с определением массы невывезенной древесины, качества очистки лесосек, сохранности напочвенного покрова и др. показателей производится крупномасштабная аэрофото- или телевизионная съемка либо натурные обследования.

Периодическое проведение дистанционного контроля лесопользования обеспечивает:

- своевременное обнаружение и регистрация нарушений правил рубок лесозаготовителями для применения к ним санкций в соответствии с Правилами отпуска леса на корню;
- упорядочение лесопользования;
- своевременную актуализацию учета лесного фонда и обновление материалов лесоустройства при непрерывном лесоустройстве;
- снижение затрат на проведение последующей лесоинвентаризации.

3. Оценка состояния лесовозобновления

Оценку успешности лесовосстановлений на вырубках, гарях и других не покрытых лесом землях по аэрофотоснимкам проводят при проведении лесоустроительных работ, а также при специальных обследованиях. В интенсивной зоне ведения лесного хозяйства при наличии небольших площадей вырубок и других не покрытых лесом земель и достаточно развитой дорожной сети наиболее целесообразным способом оценки состояния лесовосстановления на них является наземный на основе глазомерной оценки лесоводственного состояния обследуемой площади и имеющихся подроста, возобновления, обсеменителей, подкрепляемой при необходимости данными пересчетов на выборочных площадках, равномерно размещаемых по обследуемой площади. В таежной же зоне страны, при отсутствии транспортных путей и наличии больших площадей вырубок или гарей, обычно сильно захламленных и трудно проходимых, обследование лесовосстановления на них наземным способом - задача исключительно трудоемкая. Поэтому для этих целей могут использоваться материалы аэрофотосъемки, а также космической съемки в сочетании с некоторым объемом наземных работ.

Цветные спектрозональные аэрофотоснимки с разрешением на местности 1 м и лучше (1:10000 - 1:15000 и крупнее) позволяют при полевом и камеральном дешифрировании довольно подробно охарактеризовать состояние обследуемой площади: подразделить территорию по условиям местопроизрастания (группам типов леса); выявить наличие подроста, последующего возобновления, семенников или семенных куртин и их размещение по территории; оценить степень захламленности территории и минерализации или задернения почвы, в том числе на волоках, подготовку почву под

лесные культуры бороздами, полосами или крупными площадками, а также сами лесные культуры при достижении ими высоты более 1 м.

Основными дешифровочными признаками являются цвет, форма, размещение, структура и текстура изображения. Группы типов леса и типов вырубок дешифрируются по приуроченности к элементам рельефа и цвету изображения. Так, свежие рубки в сухих борах изображаются сине-зеленым цветом, а разнотравные - желто-оранжевым. По мере зарастания вырубок травяной растительностью увеличиваются площади с желтым цветом изображения, что может быть косвенным признаком давности рубки или гари. Цвет трелевочных волокон и лесовозных дорог на свежих рубках голубовато-синий, по мере зарастания становится желтовато-оранжевым, близким к цвету прилегающих площадей.

Различимость состояния лесовозобновления зависит от его возраста, характера размещения, высоты и количества, наличия травяного покрова, его густоты и высоты и времени проведения аэрофотосъемки, разрешающей способности и фотографического качества аэрофотоснимков. С увеличением масштаба снимков (улучшением их разрешающей способности) повышается степень детализации, полнота и точность дешифрирования. На аэрофотоснимках масштаба 1:5000-1:8000 территорию вырубок и гарей можно разделить на участки с разной степенью возобновления при достижении им высоты 1-1,5 м. По цвету изображения на снимках при данной высоте различают хвойные (зеленый цвет) и лиственные (оранжевый цвет) древесные породы. Осину от березы можно отличить по куртинному расположению ее поросли.

По снимкам можно также оценить степень густоты лесовозобновления в разных местах рубки или гари, влияние на него стен леса, семенников и недорубов. Однако по летним снимкам нельзя с достаточной достоверностью определить состав смешанных, особенно высоко-полнотных молодняков и тем более возобновления, потому что хвойные древесные породы, особенно ель, имеют, как правило, меньшую высоту и в значительной части находятся под лиственными породами.

Достоверность дешифрирования хвойного возобновления может быть повышена при съемках на черно-белые пленки, выполненных в весенний период при сохранившемся снежном покрове, особенно при аэрофотосъемке при сплошной облачности, при которой можно получить «бестеневые» снимки. На таких снимках при масштабе порядка 1:2000 хвойный молодняк хорошо выделяется на фоне снега за счет разности контрастов. Видны также оставленная древесина, недорубы, семенники и семенные куртины, и их породный состав. Хвойный подрост просматривается также под пологом необлиственных лиственных насаждений всех возрастов.

Аэрофотоснимки можно использовать для составления проекта лесокультурных мероприятий, оценки качества проведенных работ по подготовке почвы под лесные культуры и обследования лесных культур. По снимкам может быть оценена пригодность каждой конкретной рубки или гари для механической подготовки почвы под лесные культуры с учетом ее транспортной доступности, степени захламленности, рельефа и гидрологических особенностей, а также намечено наиболее рациональное размещение плужных борозд по территории и разработаны предложения по наиболее рациональному использованию техники на выполнении различных циклов лесокультурных работ.

На аэрофотоснимках масштаба 1:10000-1:15000 (разрешение около 1 м) свежие борозды, полосы, площадки, подготовленные вспашкой и боронованием для посадки и посева леса, хорошо видны и отличаются от окружающего фона по форме и цвету (тону). Они изображаются в виде полос, линий, пятен синевого-зеленого или синего цвета на спектрально-белом и белом - на черно-белых аэрофотоснимках. По снимкам можно определить протяженность, ширину и число борозд на всей площади рубки (гари) или в расчете на 1 га.

Лесные культуры дешифрируют по резко очерченным на снимках границам, наличию плужных борозд или площадок, а в сомкнувшихся культурах - рядов (полос)

молодых деревьев зеленоватого цвета (для хвойных пород) на желтом фоне окружающего травяного покрова. На аэрофотоснимках дешифрируются и некоторые изменения на площади лесных культур: изреживание в рядах, появление прогалинок в связи с гибелью лесных культур и пр. По изменению цвета возможна оценка санитарного состояния культур. Исходя из состояния лесных культур и лесовозобновления, можно определить необходимость в сохранении или уборке семенников и семенных куртин и наметить наиболее рациональные способы их уборки с наименьшим повреждением культур и ценных пород естественного возобновления.

Обследование вырубок и гарей и оценку состояния лесовозобновления на них можно проводить и аэровизуальными методами с вертолетов или легкомоторных самолетов при полете на высоте около 200 м. В процессе обследования вырубок характеризуется состояние вырубки (степень освоенности лесосеки, наличие и размеры недорубов, невывезенной древесины, захламленности, нарушенность почвенного покрова, количество и качество семенников и пр.), характер и состояние сохраненного подроста и последующего естественного и искусственного лесовозобновления. При обследовании гарей характеризуют сухостой, сохранившиеся в пределах гари участки сырораствующего леса, валеж, подрост и последующее лесовозобновление. При описании подроста, лесовозобновления и лесных культур по различию в цвете хвои и листьев определяют их состав, размеры, густоту, размещение по площади. Качество аэровизуального обследования вырубок и гарей существенно повышается при использовании в качестве абриса аэро- или космических снимков высокого разрешения, которые позволяют по цвету и комплексу других прямых и косвенных признаков характеризовать пространственное размещение и параметры лесовозобновления, семенников, недорубов, невывезенной древесины. Перспективным является применение при аэровизуальных обследованиях крупномасштабной телевизионной съемки с помощью ручных камер, материалы которой позволяют получить данные о пространственных и количественных характеристиках всех основных элементов, являющихся объектами обследования.

Комплексное использование материалов космических и аэросъемок для оценки состояния лесовосстановления на рубках и гарях таежной зоны.

Решение этой задачи включает:

- выявление и картографирование не покрытых лесом земель (вырубки, гари);
- определение наличия лесовозобновления хвойных или лиственных пород и оценка его степени сомкнутости;
- формирование базы таксационных и картографических данных и проектных материалов.

Объектами обследования являются лесохозяйственные предприятия многолесных районов страны (районы промышленных лесозаготовок, неохраемая зона лесов), в которых лесовосстановление происходит преимущественно естественным путем, устарели материалы лесоинвентаризации и накоплены большие площади вырубок и гарей.

При решении рассматриваемой задачи определяются:

- участки гарей и места сплошных рубок, отсутствующие в базе данных;
- классификация гарей и вырубок по классам: а) невозобновившиеся вырубки и гари; б) возобновившиеся вырубки и гари с подразделением на три группы - с лиственным возобновлением, с хвойным возобновлением и смешанным по составу возобновлением;
- площадь вырубок и гарей, а также их частей с разной степенью лесовозобновления.

Космические съемки для решения данной задачи должны выполняться в летний период с разрешением на местности 1-2 м (7 - 10) м в зонах спектра - 0,8-0,9; 0,6-0,7; 0,5-0,6 мкм и обеспечивать точность классификации вырубок и гарей с вероятностью не менее 0,8 (рис. 13.8).

При необходимости дополнительно применяют выборочные спектрально-крупномасштабные аэрофотоснимки (с разрешением 0,2-0,5 м) или видеосъемку, по

которым получают детальные количественные данные о составе и состоянии среднего и крупного подроста.

4. Оценка состояния полезащитных лесных насаждений

В 80-х гг. прошлого столетия был разработан метод оценки состояния полезащитных лесных насаждений на основе дешифрирования космических снимков, предусматривающий определение их местоположения и состояния.

Полезащитные лесные насаждения - полосы на землях сельскохозяйственных предприятий создавались в соответствии с нормативными положениями, изложенными в инструктивных указаниях по их проектированию и выращиванию. Линейная, сильно вытянутая форма лесных полос наиболее важный дешифровочный признак, позволяющий организовать их агролесомелиоративную оценку.

Метод предусматривает выявление и картографирование в масштабах 1:25000-1:100000 защитных насаждений и оценку их следующих параметров и характеристик:

- длины, ширины, конструкции полезащитных лесных полос;
- расположения полезащитных лесных полос относительно форм рельефа;
- отклонения основных полос от направлений, перпендикулярных наиболее вредоносным ветрам, а также наличие острых или прямых углов в полосах;
- расстояния между основными полезащитными полосами;
- расстояния между вспомогательными полосами;
- наличия разрывов в полосах и их размеры;
- преобладающих древесных пород;
- наличия или отсутствия законченной системы лесных полос в границах хозяйств и районов.

При этом определяются:

- площади выделов, значения которых колеблются от 3 до 35 га, при минимальной площади в 0,5 га для лесных и 0,1 га нелесных земель;
- минимальные размеры участков сомкнувшихся лесных полос 15100 м с вероятностью 0,85 - 0,95;
- разделение защитных насаждений по преобладанию хвойных или лиственных пород с достоверностью не хуже 90 %.

Предусматривается использование спектрозональных или зональных космических снимков в диапазонах спектра - 0,5-0,6; 0,6-0,7 и 0,8-0,9 мкм с разрешением на местности не хуже 7-10 м.

Для целей инвентаризации и картографирования защитных лесных насаждений могут быть использованы также снимки более низкого пространственного разрешения (20-40 м), получаемые с ИСЗ типа «Ресурс-О» (МСУ-Э), Landsat-7, SPOT и др., в том числе в зимнее время. На зимних снимках контрастно на фоне снега отображается система всех защитных насаждений и отображается их роль в распределении на полях снежного покрова (рис. 13.11).

Космические снимки являются уникальным техническим средством для оценки эффективности взаимного влияния агролесомелиоративных насаждений и понимания мелиоративной значимости полезащитных систем в целом или отдельных ее частей, а также для оценки законченности систем защитных насаждений внутри природно-территориальных комплексов.

5. Выявление и учет текущих изменений в лесном фонде

Для своевременного выявления пространственных изменений в лесном фонде многолесных районов страны, вызванных хозяйственной деятельностью и стихийными

бедствиями, их оценки и актуализации лесоучетных материалов разработаны и апробированы методы, основанные на дешифрировании материалов космических съемок.

В ходе обследования регистрируются пространственные изменения, вызванные сплошнолесосечными рубками, лесными пожарами, горными разработками, развитием инфраструктур нефтяной и газовой промышленности, строительством дорог, линий электропередачи, гидротехнических и других сооружений и т.п., а также участки ветровалов (буреломов).

Решение этой задачи включает:

- выявление изменений, определение их вида, картографирование и определение величины количественных и качественных изменений в лесном фонде;
- корректирование статистических данных инвентаризации лесов и учета лесного фонда;
- разработка рекомендаций по сокращению величины нанесенного лесному хозяйству ущерба.

Предусматривается совместное использование космической информации и материалов наземной инвентаризации или использование разновременной космической информации, полученной до и после возникновения изменений в составе лесного фонда, либо сочетание дешифрирования космических снимков и аэровизуальных наблюдений.

Космические съемки должны выполняться в оперативном режиме в летний период с разрешением на местности не хуже 10 - 20 м в зонах спектра - 0,8-0,9; 0,6-0,7; 0,5-0,6 мкм и обеспечивать точность дешифрирования с вероятностью не менее 0,8 (рис. 13.12).

Регистрации подлежат все текущие изменения в лесном фонде, происшедшие в период с момента предыдущего учета или лесоинвентаризации, площадью от 5 гектаров и более. Вид и характер текущих изменений, а также другие характеристики определяют при аналитическом, интерактивном или автоматизированном дешифрировании в среде ГИС материалов космических съемок на основе системы признаков дешифрирования с использованием имеющихся лесоустроительных баз данных.

Регулярное выявление и учет текущих изменений в охраняемой зоне лесов обеспечивает:

- актуализацию данных государственного учета лесов на основе обновления баз данных и лесных карт и материалов лесоинвентаризации в межревизионный период между проведением повторной инвентаризации лесов;
- увеличение в 1,3 - 1,5 раза продолжительности ревизионного периода лесоинвентаризации и снижение тем самым затрат на проведение повторных лесоустроительных работ;
- совершенствование системы охраны, в том числе авиапатрулирования лесов;
- своевременное проведение необходимых лесохозяйственных мероприятий по разработке гарей и ветровалов и предупреждение развития в горельниках и ветровальниках лесопатологических очагов;
- своевременное принятие мер по предотвращению негативного влияния на состояние лесов последствий проведения горных разработок, строительства и других видов хозяйственного воздействия;
- накопление интегральной информации о последствиях крупных лесных пожаров в неохраняемой зоне лесов.

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

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

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 транспортира с краем АФС и по шкале транспортира 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 №2,3 (4 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 летно-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 σ – 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):

$$S = A \cdot N_m + L n,$$

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 №4,5 (4 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-съёмочных 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 (m), 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 №6,7 (4 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 №8,9,10 (6 часов).

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 спектрональных 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 спектрональных 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 спектрональных 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 спектрональных 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 спектрональных 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.

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

На спектрзональных 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 спектрзональных – 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 гарях сохраняются деревья или их куртины, обычно лиственных пород. В зависимости от характера оставшегося древостоя и напочвенного покрова гари на спектрзональных АФС имеют пестрый цвет – от синего до оранжевого. При разработке гарей, как и на сплошных вырубках, 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 спектрзональных снимках – светло-желтым или зеленоватым цветом.

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

2.6 Лабораторная работа № 11,12 (4 часа).

Тема: «Подготовка аэрофотоснимка (фотоабриса) к таксации»

2.6.1 Цель работы: оформление лицевой и обратной стороны аэрофотоснимка.

2.6.2 Задачи работы:

1. Научиться определять границы кварталов и выделов по аэрофотоснимкам.
2. Иметь опыт оформления фотоабриса для таксации.

2.6.3 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

2.6.4 Описание (ход) работы:

С помощью стереоскопов, исследуя стереопару аэрофотоснимков студенты получают стереоэффект.

На основании визуальных наблюдений: различия в цвете, тоне, характера сомкнутости полога, формы видимых крон и других признаков определяют границы кварталов, выделов. Разделение покрытых лесом площадей на таксационные выделы выполняется студентом под стереоскопом по видимым различиям в:

- тонах и цветах;
- составе;
- высоте;
- размерах и формах крон;
- сомкнутости полога;
- других особенностях строения видимого полога древостоя.

Выразительность и видимость границ выделов определяется величиной различия в таксационных показателях смежных древостоев. При незначительной разнице или постепенной смене таксационных показателей границы выделов плохо определяются и слабо заметны на аэрофотоснимках. При дешифрировании таких границ выделов надо старательно изучить и проанализировать стереомодели полога древостоя.

Дешифрирование границ выделов проводится в следующем порядке:

- 1) не покрытых лесом и нелесных площадей;
- 2) четко очерченных границ покрытых лесом площадей;
- 3) генеральных выделов, объединяющих несколько таксационных со слабо

выраженными границами.

Границы генеральных выделов обычно совмещаются с природными рубежами: водоразделами, сломами рельефа, гидрологией района и др. и хорошо опознаются на аэрофотоснимках. При этом используется разница в таксационных показателях древостоев и отличия, обусловленные хозяйственной деятельностью человека (рубки, создание культур и т. д.) и стихийными бедствиями (гари, ветровалы, снеголомы и т. д.).

В соответствии с требованиями по контурному дешифрированию, студентом на лицевой стороне ксерокопий аэрофотоснимков белой гуашью (или корректором) наносятся номер квартала (в центре); просматриваемые квартальные просеки и границы (удлиненным пунктиром); непросматриваемые квартальные просеки и границы (сплошными линиями); дороги – соответствующим условным знаком; реки, ручьи, озера, их название и направление стрелками синей тушью (ручкой); проколы твердо опознанных ориентиров в кружках красной тушью (ручкой).

На лицевой стороне АФС в центре выделенного таксационного выдела проставляется только порядковый номер выдела белой гуашью, на обратной стороне АФС проставляются пункты таксации.

При детальном рассмотрении находят визиры, точки ориентирования, тропинки и другие линейные объекты. Дополняют рисунок.

На обратной стороне АФС студенты определяют масштаб горизонтальный, вертикальный и средний по данным собственных измерений и промерам линий, указанных на обратной стороне снимков. Подписывают название лесхоза, лесничества и номер квартала; проводят квартальные просеки, границы; отмечают сотенные пикеты на промеренных ходовых линиях; меры линий в горизонтальном проложении и направление промера; проколы твердо опознанных точек в кружках; привязку ориентиров к просекам с указанием промера. Ставят дату и фамилию исполнителей.

2.7 Лабораторная работа № 13,14 (4 часа).

Тема: «Дешифрирование древостоев основных пород. Дешифрирование таксационных показателей древостоев»

2.7.1 Цель работы: изучение дешифровочных признаков и приобретение опыта дешифрирования древесных пород; изучение дешифровочных признаков и приобретение опыта дешифрирования таксационных показателей древостоев.

2.7.2 Задачи работы:

1. Изучить дешифровочные признаки древесных пород.
2. Приобрести опыт дешифрирования таксационных показателей древостоев.

2.7.3 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 спектрональных стереопар аэрофотоснимков

2.7.4 Описание (ход) работы:

Устанавливаются стереоскопы, раскладываются в определенной последовательности снимки. С помощью стереоскопов студенты получают стереоэффект, одну объемную картинку.

На основании визуальных наблюдений: различия в цвете, тоне, характере сомкнутости полога, форме видимых крон и других признаков определяют древесные породы, находящиеся на снимках.

Еловое насаждение. Ель значительно отличается от остальных пород преобладанием конусовидных форм крон с острой или закругленной вершиной. Кроны отличаются значительной густотой, их длина (50–85%) в 1,5–2,0 раза больше, чем у сосны, березы и осины. С возрастом и ухудшением условий местопроизрастания густота крон уменьшается, вершины их затупляются и становятся все более круглыми.

Вследствие ветровальности и теневыносливости ели в насаждениях старших возрастов наблюдается значительная разновысотность, изменчивость размеров и неравномерное распределение деревьев по площади, обуславливается неравномерная сомкнутость и наличие различных по величине и формам разрывов в пологе.

Морфологические особенности еловых насаждений определяют характер их изображения на аэроснимках.

На аэроснимках изображаются только верхние освещенные части крон. Поэтому даже в спелых высокополнотных еловых насаждениях проекции крон имеют небольшие размеры, а полог – незначительную сомкнутость.

Плотные тени крупных деревьев закрывают кроны части меньших и средних, и они не изображаются на аэроснимках. В результате этого увеличивается неравномерность распределения деревьев по площади и уменьшается сомкнутость полога.

При рассматривании в стереоскоп хорошо заметны различия в высотах деревьев и размерах крон, зубчатость полога.

Наличие глубоких провалов чередуется с участками с густым расположением деревьев. Примесь сосны выделяется по высокой приподнятости крон, их выпуклой

форме и более светлому тону. Лиственные породы выделяются более светлым тоном и обычно куртинным расположением.

Сосновое насаждение. В спелых насаждениях средней густоты кроны деревьев высоко подняты над землей. Форма крон выпуклая, параболоидная или яйцевидная, в плане округлая. Деревья равномерно распределяются по площади, размеры их изменяются незначительно, диаметры крон изменяются в пределах 1:3.

На черно-белых аэроснимках изображение спелых сосновых насаждений состоит из светло-серых примерно одинаковых по размерам округлых проекций крон, равномерно распределенных по площади, и темновато-серых промежутков между ними, примерно одинаковой формы и размеров. Вследствие выпуклости наблюдается постепенный переход от освещенной к затененной части кроны, собственные тени просматриваются в виде полумесяца в периферийной части кроны с плавным переходом к освещенной части.

Тон крон на панхроматических аэроснимках светло-серый, теней – темновато-серый, на инфрахроматических – серый, промежутков и теней – темный, почти черный. На спектрзональных аэроснимках освещенные части крон светло-зеленые, затененные – сине-зеленые, промежутки между кронами темно-синего цвета.

Березовое насаждение. В спелых березовых насаждениях форма крон деревьев параболоидная, яйцевидная или полушаровидная. Кроны деревьев средней густоты, увеличивающейся с улучшением условий местопроизрастания и снижением полноты.

Расположение крон в пологе и по площади равномерное. Размеры крон изменяются незначительно в пределах 1:2. Промежутки между кронами небольших размеров. Разновысотность деревьев незначительная. Полог березовых насаждений ровный, с однородной высокой сомкнутостью.

Переход от освещенной части крон к затененной постепенный нерезкий. Затененная часть серого или темновато-серого тона занимает не более 1/3 ширины кроны. Общий вид изображения – равномерный гладкий, на черно-белых аэроснимках – светло-серого тона, на спектрзональных – желто-оранжевого или светло-оранжевого цвета.

Осиновое насаждение. В спелых осиновых насаждениях форма крон деревьев округлая или неправильно-округлая с плоской вершиной. Листья постоянно колеблются и сильно отражают солнечный свет. Поэтому кроны хорошо «сияют» под солнцем и не имеют выраженной собственной тени.

Средней густоты кроны деревьев занимают не более 1/4–1/3 высоты дерева. Диаметры крон больше, чем у остальных пород, но размеры их изменяются незначительно в пределах 1:2.

По площади деревья распределяются равномерно, при порослевом возобновлении – куртинно. Разновысотность деревьев незначительная. Полнота и сомкнутость полога насаждений во всех возрастах высокая.

На черно-белых аэроснимках изображение осиновых насаждений состоит из одинаковых по размерам округлых или неправильно-округлых с неровными или волнистыми краями проекций крон яркого светло-серого тона и небольших промежутков между кронами.

Различия между освещенными и затененными частями крон незаметны. Общий вид полога равномерный, гладкий с высокой сомкнутостью и незначительной просматриваемостью в глубину.

Черноольховое насаждение. В спелых черноольховых насаждениях форма крон деревьев обратнаяйцевидная или эллипсовидная, в порослевых группах с плоской вершиной. Средней густоты крона занимает примерно 1/3 высоты. Различия в размерах крон (1:2) и высотах деревьев незначительны, но сомкнутость полога высокая. Характерной особенностью черноольховых насаждений является их приуроченность к сырым и мокрым участкам долин и поймам рек.

На черно-белых аэроснимках изображение черноольховых насаждений состоит из неправильно-округлых или угловатых проекций крон светло-серого или серого тона и небольших темновато-серого тона промежутков между кронами.

Изменчивость размеров проекций кроны не превышает 1:2. Различия освещенных и затененных частей крон слабо заметны. Проекция не имеет четких очертаний и тесно соприкасаются одна с другой. В порослевых группах кроны располагаются одна вблизи другой по кругу. Поэтому обособленность крон выражена плохо.

Дубовое насаждение. В спелых дубовых насаждениях преобладают неправильно-округлые узорчатые с рассеченными краями и сложные кроны, состоящие из нескольких небольших крон вокруг наиболее крупных ветвей. Форма и размеры крон деревьев изменяются в широких пределах в зависимости от возраста и условий местопроизрастания.

В чистых древостоях различия в формах и размерах крон незначительны. Вершины крон слабо закруглены или плоские. Разновысотность деревьев слабо выражена. В смешанных древостоях дуб имеет максимальные размеры крон. При куртинном расположении хорошо заметны различия в высотах пород.

Проекция крон на аэроснимках имеют неправильно-округлую или узорчатую форму. Между кронами выделяются неправильной формы промежутки. В смешанных насаждениях заметны различия в формах крон и промежутках между ними. Тон изображения крон изменяется от светло- до темновато-серого, промежутки между кронами темно-серого тона. На спектрально-зональных аэроснимках дубовые насаждения имеют оранжево-бурый или коричневатый-бурый цвет.

В бланк задания вносятся дешифровочные признаки древесных пород, присутствующих на дешифрируемых аэрофотоснимках:

- характер изображения проекций крон,
- форма проекций крон (в плане),
- абрисы проекций крон,
- размеры проекций крон (соотношение),
- формы крон (вид сбоку),
- форма верхних частей крон (вид сбоку),
- густота крон,
- переход от светлых к темным частям,
- степень выпуклости крон,
- цвет (тон) проекции кроны,
- форма собственных теней,
- форма падающих теней,
- протяженность кроны,
- размещение крон в пологе,
- характер сомкнутости полога,
- общий рисунок полога,
- место размещения древостоя,
- заметность различия между породами.

В зависимости от степени обособленности крон и заметности их формы, протяженности и размерам крон, их выпуклости и густоты, по соотношению размеров крон и промежутков, средней высоте, длине теней, разновысотности и особенностям состава устанавливается группа класса возраста.

По степени сомкнутости и просматриваемости полога, обособленности и заметности крон, густоте, рисунку полога, заметности второго яруса и поверхности земли определяется полнота древостоя.

Особенности состава, смеси пород, участие их в пологе, характер сомкнутости, разновысотность, пестрота изображения и особенности размещения смежных насаждений позволяют определить класс бонитета и тип леса дешифрируемых насаждений.

В подготовленные бланки задания вносится таксационное описание групп выделов (фаций).

2.8 Лабораторная работа № 15,16 (4 часа).

Тема: «Измерение таксационных показателей древостоев».

2.8.1 Цель работы: подготовка аэрофотоснимка, проведение измерений и вычисление средней высоты и диаметра древостоев; определение состава и полноты древостоев измерительными методами.

2.8.2 Задачи работы:

1. Изучить основные дешифровочные признаки насаждений.
2. Научиться вычислять таксационные показатели древостоев.

2.8.3 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

2.8.4 Описание (ход) работы:

Измерение диаметров крон может проводиться измерительным клином. Палетку накладывают на аэрофотоснимок, сдвигая клин вдоль кроны, добиваются соприкосновения краев кроны со сторонами клина и снимают отсчет в миллиметрах. Для проведения измерений методом случайной выборки подбирается не менее 3 крон на выдел, а затем вычисляют среднюю величину. Умножив ее на знаменатель масштаба снимка, получают средний диаметр крон в натуре.

Для определения средних диаметров исследуемых древостоев средний диаметр крон подставляется в уравнение зависимости диаметров стволов от диаметров крон. Вычисление коэффициентов уравнения производится методом наименьших квадратов. Студенты в соответствии с вариантом выбирают показатели средних диаметров крон (D_k , х, мм) и средних диаметров древостоев ($D_{1,3}$, у, см) различного возраста, измеренных в натуре.

Подставив в уравнение значение средних диаметров крон, получают средние диаметры древостоев на соответствующих выделах. Результаты измерений расчетов вносятся в бланк задания.

Определение состава древостоя проводится в тех же выделах, в которых измерялись ранее высоты и диаметры. На выдел накладывается прозрачная палетка и производится подсчет всех видимых проекций крон, находящихся в выделе с разделением их по породам. Размер площадки подбирается так, чтобы на ней помещалось не менее 30 крон деревьев. Сдвигая палетку, подсчеты повторяют несколько раз. Определяется отношение числа крон определенной породы к общему числу крон в площадке.

Доля участия пород в составе определяется пропорционально количеству видимых крон деревьев. Состав получают путем деления количества деревьев одной породы, попавшей в пределы круга или квадрата палетки, на общее количество деревьев в данной площадке.

Для установления фактического дешифровочный состав корректируется с учетом биологических особенностей древесных пород и характера их изображения на аэроснимках. Величина корректировок предварительно устанавливается в натуре на основе сопоставлений фактического и дешифровочного составов насаждений.

Так как основные древесные породы (сосна, береза, дуб) имеют достаточно крупные кроны, то их участие в пологе спелых древостоев на 0,1–0,2 выше действительного. Процент осины в древостоях визуальнo завышается на 0,1–0,3 от действительного участия в связи с крупными и яркими кронами данной древесной породы. Участие ели, имеющей узкие и темные в основании кроны, в древостоях при определении состава по аэрофотоснимкам, напротив, занижается на 0,1–0,2 единицы.

В соответствии с данными факторами производится корректировка состава.

Определение сомкнутости полога проводится точечными палетками. На выделы, исследованные студентами ранее, накладываются палетки и проводится подсчет точек, наложившихся на кроны, на края крон и всех попавших на выдел.

Сдвигая палетку, подсчеты повторяют несколько раз. Сомкнутость полога вычисляют путем деления суммы точек, наложившихся на кроны и половины, попавших на края крон, на их общее число на выделе. Ошибки не выходят за пределы 10–15%.

При установлении полноты дешифрируемого сомкнутость, аналогично составу, корректируется с учетом биологических особенностей древесных пород и характера их изображения на аэроснимках. В спелых древостоях основных древесных пород полноту следует брать на 0,1–0,2 выше определенной по аэрофотоснимкам сомкнутости, в осинниках и более молодых насаждениях остальных пород полнота определяется на 0,1–0,2 ниже сомкнутости.

Вычисленные сомкнутость и полноту наряду с определенным ранее составом записывают в бланк задания № 10.

В том же задании оформляется Сводная ведомость дешифровочной таксации, в которую заносятся материалы из заданий 8, 9 и 10, а также скорректированные данные 7 задания.

Таким образом вносятся номера выделов, состав и возраст древостоев, их средний диаметр и средняя высота, класс бонитета и тип леса, полнота и запас.

Запасы древостоев при проведении измерений определяют по стандартным таблицам хода роста соответствующих древостоев. На основании определенных возраста и бонитета, а также средних высоты и диаметра определяется запас древостоя при полноте 1,0; умножив его на полноту древостоя, вычисляем запас дешифрируемого древостоя.