

Непременным условием безопасной работы является дисциплинированность рабочего, которая заставляет его выполнять свою работу в соответствии с требованиями существующих правил техники безопасности.

Возникновению несчастных случаев способствуют формализм соблюдения техники безопасности, непринятие адекватных мер к нарушителям правил и норм охраны труда, сокрытие несчастных случаев.

Многие рабочие сознательно пренебрегают правилами техники безопасности. Особенно это касается рабочих со стажем, считающих, что можно работать безопасно и без соблюдения действующих правил и норм охраны труда. Многие из них рассматривают свое поведение как признак мастерства и богатой практики. Этим объясняется тот факт, что большее количество травм получают рабочие со стажем более 5 лет.

Многие рабочие объясняют полученные ими на производстве травмы желанием выполнить определенное задание в кратчайший срок. Несомненно, что соблюдение предосторожности требует дополнительных усилий, и не все способны на это. Так, многие вальщики не подготавливают в лесу рабочее место, снимают зависшее дерево не с помощью лебедки, а используют запрещенные приемы снятия таких деревьев – сбивают его другим деревом, спиливают дерево, на котором зависло другое. Все это является причиной очередных несчастных случаев.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левочкин Н. И. О зависимости производственного травматизма от некоторых факторов // Охрана труда в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности: Сб. – Воронеж: ВГУ, 1973.

2. Ромма Ф. Д. Улучшение условий труда – важный фактор повышения эффективности производства и рационального использования трудовых ресурсов. – Мн.: БелНИИНТИ, 1979.

УДК 630\*585; 630\*587.5

М. А. Ильючик, аспирант

#### СПЕКТРОЗОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕСНОГО ПОЛОГА

Spectral reflective characteristics and regularity of changes of spectral brightness coefficients for various kinds of vegetation are described.

Дистанционные методы позволяют изучать леса, их территориальное размещение, динамику изменений и протекающих в них процессов в комплексе с другими природными объектами. Поэтому аэрокосмические методы следует отнести к числу наиболее значительных и эффективных достижений в лесном хозяйстве [1].

Спектральные отражательные характеристики природных образований несут в себе специфическую информацию о поверхности Земли и являются основой дистанционных методов ее исследования.

Использование данных космических съемок высокого разрешения дает уникальную возможность для исследования состояния и динамики лесов, позволяет создавать тематические лесные карты [1]. Применение дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в мониторинге техногенных и биотических повреждений древостоев должно быть основано на комплексе спектральных, поляризационных и флуоресцентных изменений, что необходимо для получения взаимно дополняющей информации о состоянии

древесных растений, выявления и оценки отклонений от нормы, включая начальные стадии повреждения.

Параметры поляризации отраженного излучения представляют независимый индикатор состояния древесного растения, отображающий повреждения, обусловленные модификацией кутикулы листа (хвои) [2].

Отметим, что в разных интервалах длин волн световой поток солнечной энергии в различной степени поглощается и отражается от поверхности лесной растительности. Отражение и поглощение солнечной энергии сильно зависят также от вида растительности. В длинноволновой части инфракрасного диапазона 1,3–2,5 мкм спектральное отражение здоровой зеленой листвы снижается. Важно отметить то, что спектральное отражение отдельных типов растительности и различных растительных сообществ имеет свои особенности в определенном интервале длин волн. Эти характерные особенности спектрального отражения позволяют проводить дешифрирование разных видов растительности по данным дистанционного зондирования [1].

Спектральные характеристики многих растений изменяются в течение периода вегетации. Немаловажно и то, что различия спектральных характеристик определенных растений в одни сезоны года более четкие, чем в другие. В целом изменения спектральных характеристик у хвойных деревьев в вегетационный период выражены менее четко, чем у лиственных. В данном случае определяющее значение в качестве признака дешифрирования имеет цвет, фиксирующий различия спектральной отражательной и излучательной способности древесных пород. Цвет также является наиболее информативным признаком дешифрирования космической информации, передающим в спектральных яркостях различия лесных объектов.

Говоря о визуальных признаках дешифрирования лесонасаждений по преобладающим породам и группам возраста, необходимо отметить и яркость изображения, значения которой в зависимости от породы и класса возраста сильно различаются. Кроме этого, уровень яркости изображения по сезонам также существенно изменяется [1].

Кривые коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) у всех древесных пород в вегетационный период имеют примерно одни и те же закономерности (рис. 1). Это характерно и для нелесных, и не покрытых лесом площадей (рис. 2). Все растительные сообщества в период вегетации характеризуются в видимой области спектра максимумами поглощения в синей и оранжево-красной зонах. Способность растений избирательно пропускать и поглощать падающую радиацию определяет специфическую форму кривых коэффициентов спектральной яркости, характерной особенностью которых является наличие в видимой области спектра максимума в зеленой (540–580 нм) и минимумов в сине-фиолетовой (400–470 нм) и красной (680–690 нм) зонах спектра (рис. 1). Резкое увеличение отражения начинается с 690 нм и достигает наибольшей величины при 740 нм, до 1200 нм отражательная способность зеленых растений не меняется.

Оптические характеристики различных растений неполностью идентичны. Они определяются составом и состоянием пигментов, растительных и покровных тканей, морфологией растений в целом, возрастом, экологическими условиями.

Из-за малого проникновения света сквозь лесной полог промежутки между деревьями имеют низкую яркость и на аэроснимках изображаются темным тоном. Поэтому для получения надежных данных о спектральных характеристиках отдельных крон или древостоев в целом необходимы интегральные коэффициенты спектральных ярко-

стей. Яркость высокополнотных чистых насаждений осины, березы, сосны близка к яркости отдельных крон вследствие относительно ровного полога [1]. У елово-пихтовых насаждений яркость полога в целом ниже яркости отдельных крон в связи с наличием разрывов в пологе и значительных затемненных промежутков.

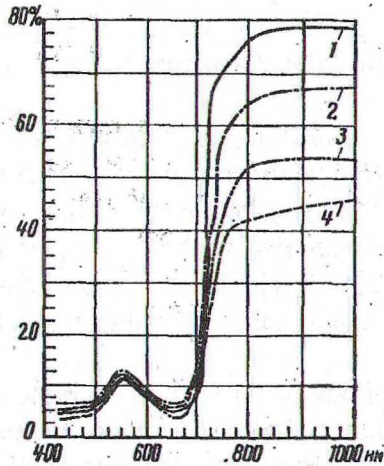


Рис. 1. Кривые спектрального отражения:

1 – осины; 2 – березы; 3 – сосны; 4 – ели

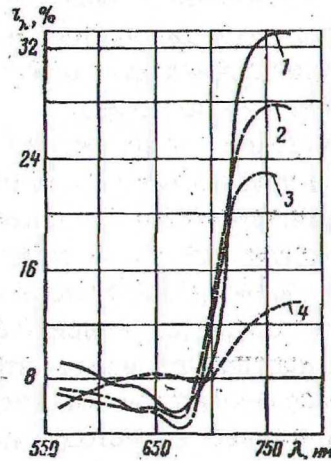


Рис. 2. Кривые спектральной яркости [1]:

1 – луга суходольного; 2 – невозобновившейся вырубке; 3 – возобновившейся вырубке; 4 – торфяного поля

Коэффициент яркости растений зависит от возраста. Молодые хвоя и листья характеризуются большей отражательной способностью. Например, молодая хвоя сосны в конце мая имеет  $r_{560\text{nm}} = 0,2$  и  $r_{760\text{nm}} = 0,43$ , а в августе 0,06 и 0,2 соответственно. В связи с этим максимумы кривых спектрального коэффициента выражены у них сильнее, чем у старых. Более резкие изменения кривых КСЯ хвоя и листьев по мере их старения наблюдаются в ИК-части спектра. В благоприятных условиях растения характеризуются меньшим коэффициентом яркости, в худших условиях этот показатель, как правило, возрастает [1]. Большой коэффициент яркости наблюдается также у растений, произрастающих при меньшей освещенности.

Оптические характеристики растений изменяются в зависимости от географического и высотного положения, погодных условий, что обуславливается их приспособляемостью. В период вегетации интегральные кривые коэффициента спектральной яркости различных древесных пород, произрастающих в однородных лесорастительных условиях, мало различаются по форме. Молодые побеги в кронах хвойных пород летом увеличивают долю отраженного света. Наибольшее количество молодых побегов сосредоточивается в верхних частях крон, поэтому на аэроснимках они имеют более светлый тон изображения, почти совпадающий с тоном лиственных пород.

Весной молодая листва всех древесных пород имеет значительно большую яркость, чем полностью распустившаяся. Постепенно интенсивность зеленой окраски увеличивается, а яркость листвы уменьшается. Хвойные породы (сосна, ель) также изменяют свой цвет в течение вегетационного периода за счет прироста молодой хвоя и

побегов. Но у хвойных пород новые побеги и молодая хвоя появляются несколько позднее и развиваются медленнее, чем у лиственных. Поэтому к моменту полного облиствения мягколиственных пород цвет хвойных определяется в основном свойствами старой хвои. За счет этого кроны ели и сосны имеют малую яркость. Значительное различие в яркости приводит к тому, что изображения на аэроснимках хвойных и лиственных древостоев в весенний период имеют значительный контраст. В осенний сезон, когда завершается вегетация лиственных пород, их цвет и оптические свойства резко изменяются. В этот период наблюдаются наибольшие цветовые контрасты между лиственными и хвойными породами.

Для регистрации изображений и излучения, отраженного под разными углами растительными покровами, и изучения анизотропии отраженного потока в начале 90-х годов в Германии компанией Daimler Benz Aerospace (DASA) был разработан и создан уникальный модульный оптоэлектронный многоспектральный стереосканер (Modular Optoelectronic Multi-Spektral Stereo-Scanner (MOMS-02)) [3, 4]. Этот прибор позволяет регистрировать изображения одновременно под разными углами (в надир и  $\pm 21,4^\circ$  от надира) и в разных спектральных интервалах.

Научно-исследовательским институтом прикладных физических проблем БГУ разработан основанный на методах дистанционной спектроскопии и спектрально-поляризационной съемки изображений аппаратно-программный комплекс ВСК-2, который предназначен для оперативного контроля состояния лесных насаждений с борта авиационных носителей. Комплекс ВСК-2 состоит из выносного блока оптических модулей, бортового управляющего вычислительного комплекса (БУВК) и стационарного комплекта аппаратуры – наземного центра обработки данных [5, 6].

В августе 2001 года было проведено сканирование лесов с борта вертолета Ми-2 с использованием ВСК-2. Сканирование проведено на части Молодечненского, Столбцовского и Воложинского лесхозов.

Спектрально-зональные изображения были получены с использованием в основном трех спектральных фильтров с центрами полос пропускания 560, 820, 655 нм. Часть изображений получена с фильтрами 560, 720, 490 нм. Выбранные полосы для получения спектрально-зональных изображений, как правило, используются в ДЗЗ для выделения растительности на фоне других подстилающих поверхностей, различных видов растительности, а также различных стадий вегетации одного и того же вида растительности.

В ходе работ проведена предварительная обработка видеоизображений, зарегистрированных обзорной телевизионной камерой в трех стандартных (R, G, B) каналах, а также обработка спектрально-зональных снимков. Различный уровень освещенности поверхности Земли на разных кадрах и трассах съемки приводит к наличию резких границ внутри мозаичных изображений. Эта проблема присуща всем методам ДЗЗ, в которых измеряются абсолютные значения яркостей СПЭЯ (спектральной плотности энергетической яркости). Для получения КСЯ-изображений необходимо измерение спектра освещающего излучения, однако и это не решит проблему полностью. Дело в том, что различные участки земной поверхности, как правило, закрыты облаками различной оптической плотности (тени от облаков), создающими различную освещенность соответствующих участков, что не поддается учету.

Некоторые программы обработки изображений (в частности, ENVI) имеют функцию сглаживания краев (выравнивание изображений по яркости). Одним из методов классификации, реализованных в программе ENVI, является метод спектрального угла

(SAM – Spectral Angle Mapper), в котором каждый спектр характеризуется лишь направлением вектора в многомерном спектральном пространстве, оси которого соответствуют спектральным каналам изображения.

Мозаичные изображения перекрывающихся кадров и трасс полетов, в которых визуально определяются одинаковые точки (объекты), строились интерактивно с использованием программных пакетов “Corel Draw”, “Corel PhotoPaint”, “PhotoShop”, а также специализированного пакета ENVI.

Тематическая обработка данных авиационных съемок состоит в выделении однородных по своим свойствам объектов изображения (групп пикселей) и отнесения их к тому или иному заранее определенному классу.

Для тематической классификации использовались следующие методы: параллелепипеда; минимального расстояния; максимального правдоподобия; расстояния Махаланобиса; спектрального угла.

Различные методы дают в разных случаях слегка отличающиеся результаты.

Эталонные участки, на базе которых рассчитывались спектральные обучающие выборки, задавались двумя способами: на основе наземного обследования отдельных участков исследуемых лесничеств и нанесения их на карты ГИС «Лесные ресурсы»; на основе визуального анализа спектрозональных и обзорных видеоизображений и выделения искоемых классов.

Значительно лучшее цветовое выделение по породному составу и по состояниям лесной растительности наблюдается на синтезированных изображениях, полученных выводом на дисплей через каналы (R, G, B) спектрозональных изображений в выбранных нами зонах спектра 560, 820, 655 нм.

Полученные обработанные спектрозональные изображения были проанализированы и на основании цветовых различий на изображениях был выделен ряд классов лесных территорий: а) свежие вырубki (желтого цвета); б) вырубki с возобновлением лесной растительности (желтого цвета с зеленоватым оттенком); в) чистые еловые насаждения (темно-коричневого цвета); г) лиственные насаждения (зеленого цвета); д) поврежденные насаждения (красно-малинового цвета); е) пашни.

По лесопатологическому состоянию насаждений на изображениях были выделены следующие классы объектов: здоровые насаждения, усыхающие насаждения сильной и средней степени повреждения, свежий сухостой, сухостой прошлых лет.

В ходе выполнения работ были получены тематические карты по разным категориям лесных земель и по разным классам повреждения.

Исследования на ЭКУ (эталонно-калибровочных участках) наглядно продемонстрировали возможность достоверного выявления степени повреждения насаждений по спектральным изображениям. На основе анализа изображений был разработан метод оценки состояния древостоев и необходимость проведения лесохозяйственных мероприятий. Метод оценки состояния лесов на основе анализа спектральных характеристик древесного полога позволяет с высокой степенью достоверности выделять вырубki, чистые хвойные насаждения, смешанные насаждения и другие категории земель, используемые при учете лесного фонда.

Выполнен сравнительный анализ повреждений участков лесных насаждений, определенных на основе компьютерной обработки данных, подкрепленных наземными обследованиями для установления признаков дешифрирования деревьев различной степени повреждения. Результаты сравнительного анализа показали, что данные обра-

ботки позволяют достаточно надежно оценивать насаждения, содержащие большую (более 80%) долю поврежденных деревьев.

Таким образом, материалы ДДЗ могут весьма эффективно использоваться для определения состояния и текущих изменений в лесах, для мониторинга лесных ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сухих В. И., Гусев Н. Н., Данюлис Е. П. Аэрометоды в лесоустройстве. М., 1977.
2. Харук В. И. Индикация биотических и техногенных повреждений древесных растений и древостоев в оптической части спектра: Автореферат дис. на соискание ученой степени д-ра биол. наук. Красноярск, 1993.
3. Schneider T., Bunk R., Ammer U. Investigation on synergy and complementarity of multi-spectral and anisotropy information from MOMS -02/ D2-Mode 3 -data for land use classification in the Sinaloa district of Mexico. - *Int. J. Remote Sensing*, 1999. Vol. 20, No. 8. P. 1499–1526.
4. Schneider T., Manakos I., Reinartz P., Muller R. The evaluation of spectral and angular signatures from MOMS -2/P mode D data sets an application case study for land use purposes.- *Proceedings of Workshop of ISPRS Working Groups I/1, 1/3, and IV/4: «Sensors and Mapping from Space 1999»* (Hanover, Germany, September 27n-30th 1999).
5. Атрощенко О. А., Беляев Б. И., Ильючик М. А. Применение аппаратно-программного комплекса и спектральных изображений лесного полога с летательных аппаратов для оценки и мониторинга лесов // *Ресурсосберегающие технологии в лесном хозяйстве, лесной и деревообрабатывающей промышленности: Материалы Международ. науч.-техн. конф., 24–25 ноября 1999 г. Мн., 1999. С. 15–18.*
6. Беляев Б. И., Катковский Л. В., Тяшкевич И. А., Ильючик М. А. Обработка материалов дистанционного зондирования для мониторинга лесов // *Труды БГТУ. Серия I. Лесное хозяйство. Мн., 2001. Вып. IX.*

УДК 630\*585; 630\*587.5

М. А. Ильючик, аспирант; В. Г. Матюшонок, аспирант

#### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

Technological process of obtaining and processing of space images is described.

Автоматизация обработки материалов дистанционного зондирования лесов – это повышение производительности обработки информации, увеличение точности и объективности результатов и в конечном итоге эффективное решение проблемы изучения лесных ресурсов и состояния лесов дистанционными методами [1]. Реальный путь достижения указанной цели состоит в создании автоматизированной системы обработки аэрокосмической информации о лесах.

Можно выделить следующие специфические этапы обработки аэрокосмической информации: ввод материалов дистанционного зондирования и данных в систему; тематическое дешифрирование космических снимков; создание и обновление баз данных; формирование и выдача обработанных материалов.

Организация эффективного использования данных дистанционного зондирования приводит к необходимости разработки информационной технологии их получения, об-