

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ МНОГОЗОНАЛЬНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ С ЦЕЛЮ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

О. Н. Бейчук, С. В. Парахин

ЦЧФ ФГУП «Госземкадастръемка» – ВИСХАГИ, г. Воронеж

Проанализирован комплекс дистанционных и наземных наблюдений различных по времени, масштабу, видам и техническим параметрам, рассмотрен разновременный мониторинг земель лесного фонда Белгородской области.

Динамика лесов оценивалась на основе визуального сопоставления аэроснимков 1993 г. и КФС 2002, 2005 гг. Экспериментальные работы по дешифрированию, классификации участков лесного фонда выполнены в границах Новооскольского лесхоза Белгородской области по материалам многозональной космической съемки с использованием программного продукта ERDAS IMAGINE, позволяющего решать задачи по обработке и анализу данных дистанционного зондирования.

Леса на территории Белгородской области расположены неравномерно. Большой частью они произрастают по оврагам, балкам, водоразделам, правым берегам рек, выполняя преимущественно защитные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и природно-заповедные функции.

Общая площадь лесного фонда, закрепленного за лесхозами области, составляет 215,8 тыс. га, в том числе покрытая лесной растительностью – 204,1 га. Лесистость области составляет – 9,2 %. Весь лесной фонд отнесен к лесам I группы и следующим категориям защитности: противозерозионные 175,6 тыс. га – 81,4%; леса зеленых зон 38,9 тыс. га – 18,0%; заповедные лесные участки 1,3 тыс. га – 0,6%.

За период с 2001 г. по 2005 г. по данным Агентства лесного хозяйства динамика площадей вредителей и болезней леса Белгородской области имеет явную тенденцию увеличения.

Помимо плановых рубок в 2004 году работниками лесной охраны лесхозов было зарегистрировано 149 случаев незаконных порубок леса, объем которых составил 911,3 м³. Сумма материального ущерба, причиненного лесному хозяйству, составила 14 455,3 тыс. рублей.

В настоящее время Агентство лесного хозяйства Белгородской области нуждается в информации об общих условиях роста, состоянии лесных ресурсов и их динамике. Оперативная информация об изменении лесных площадей необходима для обновления данных о состоянии земель лесного фонда и динамике лесных экосистем в целом [8]. Изменения в окружающей среде (такие как проведение вырубок или восстановительных посадок, повреждение леса, загрязнение водных объектов) могут быть выявлены на основе применения дистанционных методов [2].

Таблица 1
Динамика площадей вредителей и болезней леса

Год	Площадь очагов (га)	
	вредителей	болезней
2001	3778	1473
2002	3374	1401
2003	8295	2049
2004	11104	2377
2005	9695	5571

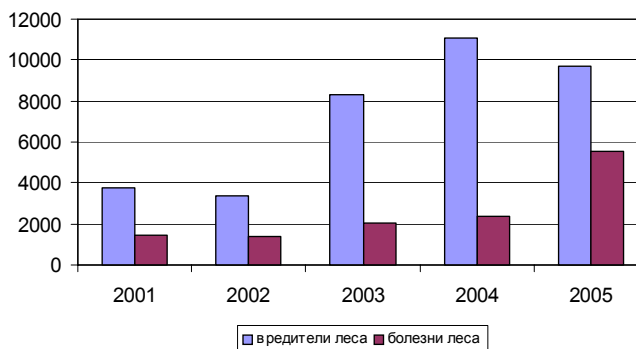


Рис. 1. Динамика площадей вредителей и болезней леса Белгородской области в 2001-2005 гг.

Особым преимуществом космических снимков является то, что они содержат полную информацию о лесных ресурсах на обширной площади, а также то, что эта информация содержится в цифровом формате.

Космические снимки Landsat Thematic Mapper 5 и 7 были выбраны как наиболее подходящие для выполнения задач данного исследования. Сенсоры Landsat TM и ETM+ обеспечивают получение полезной и достоверной информации о растительности, благодаря своему пространственному разрешению (30 м для спектральных каналов Landsat 7) и спектральным характеристикам (1 канал – 0,45-0,52 мкм; 2 канал – 0,52-0,6 мкм; 3 канал – 0,63-0,69 мкм; 4 канал – 0,76-0,90 мкм; 5 канал – 1,55-1,75 мкм; 6 канал – 10,4-12,5 мкм, 7 канал – 2,08-2,35 мкм; панхроматический канал) [6]. Съемка была выполнена в 2002 году.

Визуальное дешифрирование проводилось на основе европейской классификации CORINE Landcover с использованием цветовых композиций RGB, составленных из сочетания 4, 5, 3 и 7 каналов.

В Техническом Руководстве CORINE (ЕС 1993) рекомендуется использовать следующие композиции каналов RGB Landsat TM: 1) 4, 3, 2 (изображение как на цветном инфракрасном фотоснимке): хорошее обозначение дорог, водоемов, различий между лиственными и хвойными породами, 2) 4, 5, 3 (изображение как на цветном инфракрасном фотоснимке, но в более оранжевом цвете): хорошее выделение типа и состояния растительности. Можно использовать сочетание каналов 5, 4, 3, которое дает почти натуральные цвета (оттенки зеленого цвета вместо оранжевого) и более чувствительно к выявлению поврежденной растительности.

Необходимо также учитывать следующие зависимости, установленные между характеристиками лесов и сигналом, регистрируемым в различных диапазонах электромагнитного спектра. В-первых, ТМ6 – тепловой канал с самым низким разрешением (120 м или 60 м в ETM+), который может быть использован при оценке испаряемости и биомассы. Если биомасса больше, то и испарение больше, а температура ниже. Погодные условия и специфика земной поверхности могут повлиять на значения ТМ6.

Во-вторых, ТМ4 – канал ближней инфракрасной области спектра. Чем зеленее растительность, тем интенсивнее ближнее инфракрасное отраже-

ние. ТМ4 может быть использован для разделения хвойных, смешанных и лиственных лесов.

В-третьих, ТМ3 – канал красной области спектра. Чем больше биомасса, тем меньше красное отражение.

В-четвертых, ТМ3 и ТМ4 (красный сравнивается с ближним инфракрасным) представляют очень важную комбинацию. Поэтому это отношение может быть использовано при отделении лесов от другой растительности зеленого цвета. Яркий зеленый объект имеет низкие значения отражения в красном диапазоне. Ближнее инфракрасное отражение изменяется в зависимости от того, сколько участков без растительности находится в поле зрения. Совместное использование ТМ4 и ТМ5 также подходит для того, чтобы отделить лесные участки от нелесных (в дополнение к использованию каналов ТМ3 и ТМ4).

Канал ТМ5 полностью подходит для использования в лесном хозяйстве. Вместе с ТМ7 он находится в определенном соотношении с подростом и влажностью.

В результате проведения визуального дешифрирования цветовых композиций различных каналов снимков были составлены предварительные фрагменты ортофотопланов на территорию 5 тестовых участков Белгородской области по состоянию на 2002 год. Было выделено 25 классов в соответствии с европейской классификацией CORINE Landcover и несколько дополнительных классов для того, чтобы отразить специфику изучаемой территории области [5].

Динамика лесов оценивалась на основе визуального сопоставления аэроснимков 1993 года и КФС 2002 г. Изменения фиксировались на тематической карте лесонасаждений 1994 года. Дополнительно для определения природы выделяемых объектов использовались панхроматические и спектральные аэрофотоснимки 1993 г. масштаба 1:15000 и космические снимки со спутника Ikonos 2005 г., имеющие более высокое пространственное разрешение (5,6 м), а также цифровые топографические карты.

Сплошные вырубки хорошо выделялись в красном (3 канал) и среднем ИК (5 канал) диапазонах. Несплошные или зарастающие вырубки отражались примерно с равной интенсивностью во всех диапазонах длин волн, что обуславливает почти белый цвет на цветовой композиции. Насыщенно красным, синим и зеленым цветами фиксировались изменения в пределах сельхозугодий, светло-зеленым цветом – изменения на пойменных

участках, вызванные, по-видимому, высотой уровня воды в различные годы. Изменения на переувлажненных участках (красный цвет на цветовой композиции) фиксировались наиболее интенсивно в ближнем ИК диапазоне (4 канал).

Для эффективного решения задач оперативно-го получения информации о состоянии лесных ресурсов, ее качественной обработки и анализа в современных условиях требуется собирать и анализировать значительные объемы данных с высокой периодичностью, что можно выполнить только с использованием космической съемки и эффективных автоматизированных процедур обработки получаемых параметров, реализуемых в геоинформационных системах [3, 4]. Обработка и анализ такого рода данных являются сложными инженерно-техническими задачами, требующими использования самых современных методов обработки информации, в том числе методов математического моделирования и прикладной статистики [1].

Основными этапами обработки и анализа данных о лесных ресурсах, получаемых дистанционными методами, являются: отображение, улучшение, геометрическое трансформирование, географическая привязка, классификация, ГИС-анализ [7].

В данном исследовании использовался программный продукт ERDAS IMAGINE, позволяющий на самом высоком уровне решать все задачи по обработке и анализу данных ДЗ. Особое внимание в работе уделено вопросам дешифрирования космических снимков на основе классификации объектов изображения.

Классификация – это процесс разбиения пикселей, составляющих непрерывное растровое изображение, на несколько категорий на основании их файловых спектральных значений. Таким образом, классификация – это процесс преобразования непрерывного растрового изображения в тематическое, которое в результате может содержать такие классы, как, например, различные типы растительного покрова или ландшафтов.

Качество классификации во многом зависит от исходных данных. Лучшие результаты получают-

ся при использовании многозональных данных с разрешением от 5 до 8 м.

Для эталонных классов создается легенда, использующаяся при классификации и включающая название класса, цвет, которым он будет фиксироваться на результирующем изображении, и другие характеристики. В результате классификации создается изображение в виде тематического растрового слоя, отражающее распределение пикселей по классам.

На основе данных визуального дешифрирования был создан список эталонных классов снимков 2002 г. для проведения классификации.

Экспериментальные работы по дешифрированию, классификации участков лесного фонда были выполнены в границах Новооскольского лесхоза Белгородской области по материалам многозональной космической съемки.

Перед процессом классификации необходимо было определить каналы, которые будут в ней участвовать (в нашем случае это 1, 2, 3, 4, 5, 6-1, 6-2, 7) и провести их синтез. Это связано с тем, что каждый канал представляет собой отдельный растровый файл 8-битного изображения в формате GeoTIF (с координатной привязкой). В процессе синтеза все 8 слоев комбинируются в единое многоканальное изображение.

Вторым подготовительным этапом явилось ортотрансформирование синтезированного космического снимка и перевод его в требуемую систему координат.

После завершения подготовительных работ выполнен непосредственно процесс классификации данных в следующей последовательности: 1) определение местоположения древесно-кустарниковых массивов, относящихся к лесхозу (или выбранные нами); 2) классификация свойств лесной растительности (видового состава, возрастных характеристик, вырубок и т.д.).

Целесообразность такого метода классификации обуславливается схожестью по цветовой гамме некоторых видов сельскохозяйственных угодий с вырубками в лесных массивах, а так же наличием большого количества незначительных участков

Таблица 2

Основные классы для проведения классификации

Номер класса	Название класса	Цвет класса
1	Хвойные леса (сосновые)	красный
2	Лиственные леса (дубовые)	синий
3	Зарастающие вырубки в лиственных лесах	зеленый
4	Молодой лиственный лес	коричневый
5	Древесно-кустарниковая растительность	желтый

древесно-кустарниковой растительности, расположенных в поймах рек, в оврагах, по берегам прудов и т.д. которые будут создавать помехи при анализе и классификации. Выполнение работ в такой последовательности позволит исключить эти ошибочные данные и повысить точность проводимых исследований. Наличие двух этапов объясняется тем, что в регионе незначительная лесистость – около 9%.

В процессе анализа различных комбинаций каналов мы пришли к выводу о целесообразности использования для первой стадии классификации 5, 6-1, 6-2 и 7 каналы, то есть использовать данные тепловой и ближней инфракрасной области спектра. При такой комбинации каналов наиболее четко читается древесно-кустарниковая растительность.

Вторым набором сведений, необходимых для успешного определения местоположения древесно-кустарниковой растительности, является векторная информация, создание которой производилось в следующей последовательности: 1) сканирование имеющегося в распоряжении лесхоза планов лесоустройства, планшетов; 2) перевод полученного растрового изображения в необходимую систему координат с максимальным совмещением его с фотоизображением космического сним-

ка; 3) оцифровка необходимых лесных массивов с целью получения векторного слоя данных.

После получения растрового изображения фактического расположения древесно-кустарниковой растительности и векторного слоя лесных массивов на базе ERDAS производится пространственно-математическая обработка этих данных для отсеивания мелких незначительных контуров и определения местоположения крупных массивов, на территорию которых и будет производиться исследование. Вместе с этим производится генерализация лесных массивов с целью получения однородного растрового изображения без учета внутренних контуров: вырубок, просек, полей и т.д.

Таким образом, после выполнения первого этапа классификации мы получаем информацию о местоположении и конфигурации отобранных лесных массивов.

Классификация свойств лесной растительности выполняется на основе эталонов, т.е. определяются массивы с характерными свойствами, такими как видовой состав растительности, возрастной состав, места характерных вырубок и их тип, выявляются массивы, подверженные заболеваниям и на основе этих эталонных участков на космическом снимке схожие по цветовому составу пиксели соотносятся к тому или иному классу. Про-

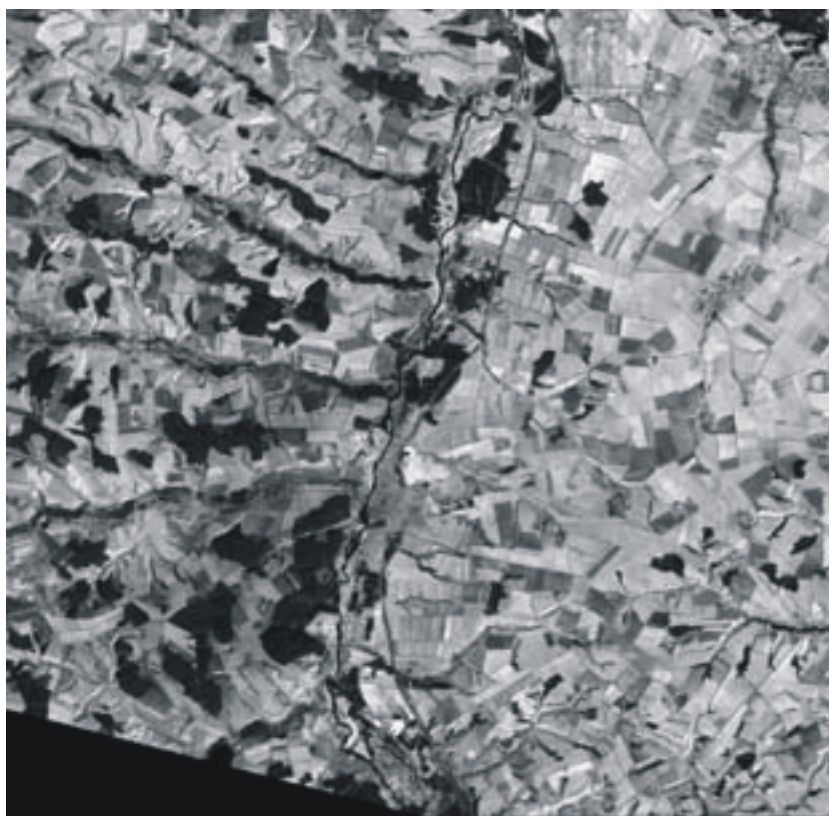


Рис. 2. Комбинированное изображение 5, 6 и 7 каналов

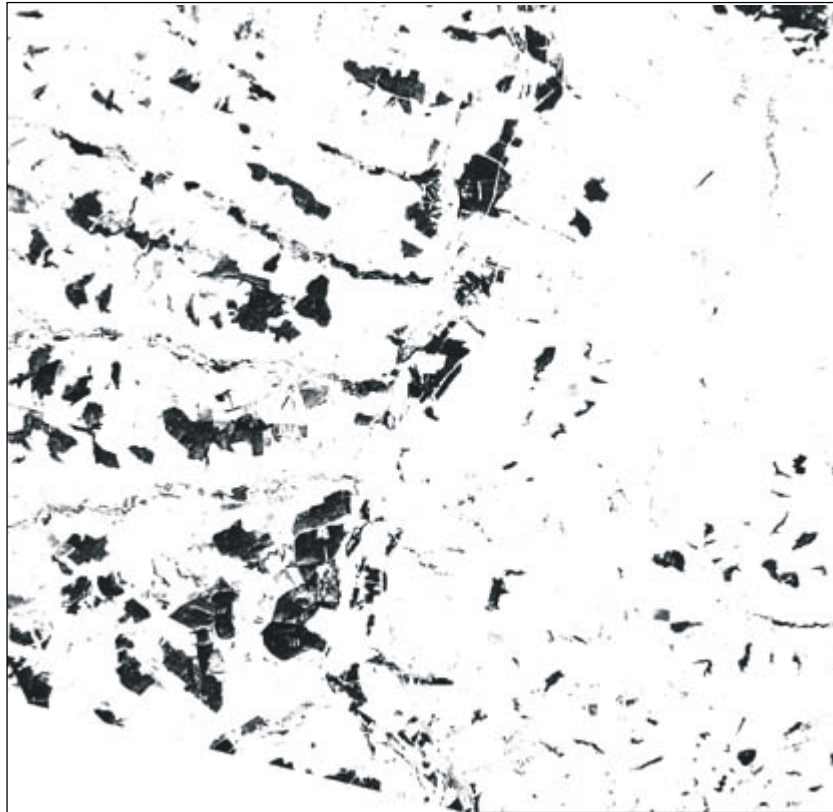


Рис. 3. Массивы древесно-кустарниковой растительности, выявленные в процессе классификации по 5, 6 и 7 каналам

Процесс классификации представляет собой следующую последовательность действий: 1) создание набора эталонов; 2) оценка эталонов; 3) непосредственно классификация.

Процесс создания эталонов представляет собой экспертное определение на фотоизображении классов объектов, например, вырубок посредством «выращивания региона из затравки» по цветовой гамме с последующим присваиванием классам соответствующих имен.

После определения набора эталонов производится их оценка посредством сравнения гистограмм по всем каналам синтезированного фотоизображения; статистическим данным эталонов и графикам среднего значения спектральной яркости. Все это позволит определить степень неоднородности определенных классов (всего было выделено 25 классов) или, в противном случае, провести их корректировку.

Классификация многозонального снимка с обучением производится по методу наибольшего правдоподобия и представляет собой процесс определения на снимках точек соответствующих по цветовым и яркостным характеристикам эталонным участкам.

Сопоставление результатов классификации «с обучением» и визуального дешифрирования в пре-

делах тестовых участков позволило заключить, что они хорошо совпадают. Общие площади контуров лесных массивов по данным обоих методов имеют близкие значения. Расхождения наблюдаются при определении видового состава и качественных характеристик лесных и древесно-кустарниковых насаждений.

Проведенный анализ результатов автоматической классификации позволил сделать вывод о том, что наилучшим образом выделяются вырубки в лиственных и сосновых лесах. Неточности в картировании изменений в лесном фонде могут быть вызваны различными ошибками в дешифрировании. Например, объекты, обладающие близкими спектральными характеристиками, могут быть неверно классифицированы как вырубки. Это происходит, в частности, при определении заросших сельскохозяйственных угодий, молодых лесных посадок, а также территорий, занятых сенокосами, пастбищами.

Классификация лесных насаждений является наиболее достоверной при определении чистых сосновых насаждений, а также лиственных лесов. Процент достоверности в этом случае достигает 80%.

Результаты классификации. Во-первых, проведена актуализация имеющихся в лесхозе сведе-

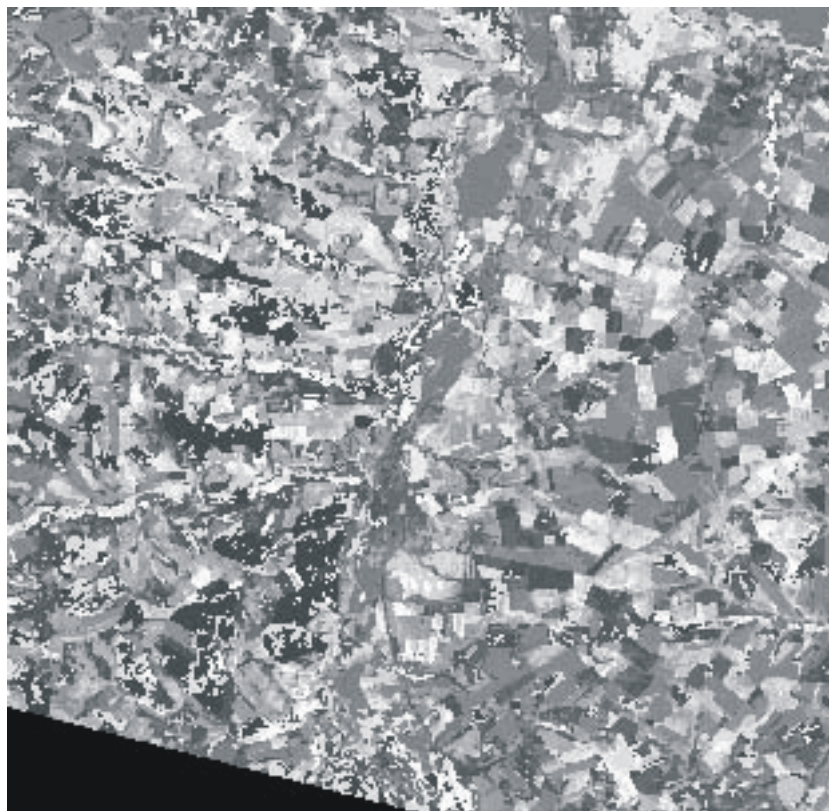


Рис. 4. Результат классификации

ний о местоположении, площади и конфигурации лесных массивов (определены примерные площади тестовых участков и выполнено сравнение их с имеющимися в лесхозе данными, площадь определялась с учетом внутренних пустот: вырубок, гарей, просек, полей и т.д.). Во-вторых, выполнено зонирование по характеру древесных пород – лиственные и хвойные. В-третьих, получены данные о возрастных характеристиках лесных массивов. В-четвертых, определены участки, подверженные заболеванию корневой губкой. В-пятых, выявлены и определены площади вырубок, гарей, подтопляемых участков, занятых древесно-кустарниковой растительностью.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Многозональные космические снимки могут быть использованы для обновления карт лесных экосистем, планов лесонасаждений, при планировании эксплуатации лесов, для уточнения результатов полевых работ, а также как источник информации при проведении экологических исследований – определении объема биомассы, выявления состояния лесных насаждений и определения зоны угнетения под влиянием антропогенного воздействия.

Дешифрирование снимков, полученных за определенный период времени, и анализ статисти-

ческих данных лесного управления показывают фактическую площадь вырубок. Эта информация помогает выстроить точную картину коммерческого использования леса.

Вырубки, обнаруженные в ходе выполнения данного исследования, были произведены в течение последних 12 лет и выявлены с использованием снимков разных лет, т.е. в динамике.

Для более оперативного, объективного, технически точного получения информации об участках земельного и лесного фонда, их использования и эксплуатации, состояния растительного покрова (в том числе лесных и древесно-кустарниковых насаждений), проведения лесотаксационных и лесоустроительных работ необходимо использовать: 1) космическую съемку более высокого разрешения ($R < 8$ м); 2) программное обеспечение ERDAS; 3) априорную информацию (актуальные данные о рельефе, влажности почвогрунтов, материалы почвенных обследований, планы лесонасаждений последнего лесоустройства, сведения о погодных условиях и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вуколова И.А. Геоинформатика в лесном хозяйстве : учеб. / И.А. Вуколова. – М. : ВНИИЛМ, 2002. – 216 с.

2. Дистанционное зондирование в лесном хозяйстве / Е.П. Данюлис [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989. – 223 с.
3. Ершов Д.В. Оценка и картографирование поврежденных лесов по данным дистанционного зондирования : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Ершов. – М., 1997. – 24 с.
4. Исследования путей создания мониторинга природной среды из космоса в интересах природопользования (Метод. материалы : Опыт проектирования электронных кадастровых модулей) : науч.-техн. сб. – М. : ЦНИИГАИК, 2001. – 164 с.
5. Классификатор тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды, решаемых с использованием материалов дистанционного зондирования Земли. Редакция 6. – Иркутск-М. : АМА-ПРЕСС, 2002. – 52 с.
6. Методические рекомендации по дешифрированию космической информации для картографического обеспечения мероприятий по охране окружающей среды / под ред. Е.А. Востоковой. – М., 1988. – 120 с.
7. Сухих В.И. Основы комплексной аэрокосмической системы изучения лесов и контроля за их состоянием / В.И. Сухих // Лесные экосистемы и рациональное использование лесных ресурсов : сб. – М., 1987. – С. 6-7.
8. Филипчук А.Н. Концепция лесного мониторинга в современных условиях / А.Н. Филипчук // Лесохоз. Информ. – М., 2002. – № 10. – С. 2-8.