

9 17-5/973

На правах рукописи

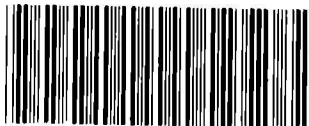
Хамедов Владимир Александрович



Разработка методики мониторинга лесных земель на основе
космических снимков оптического и радарного диапазонов

25.00.26 – Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук



006655413

Новосибирск – 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ).

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент Мазуров Борис Тимофеевич.

Официальные оппоненты:

Брынь Михаил Ярославович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», заведующий кафедрой инженерной геодезии;

Лебедева Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», старший преподаватель кафедры геодезии и кадастров.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (г. Москва).

Защита диссертации состоится 30 марта 2017 г. в 13.00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, д. 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»: <http://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/hamidov-vladimir/>

Автореферат разослан 10 февраля 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



А. В. Дубровский

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 25.01.2017. Формат 60 × 84 1/16.
Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ 245.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 8.



2016156357



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Существующая в настоящее время система управления земельными ресурсами предполагает ведение учета земель лесного фонда на государственном уровне в соответствии с требованиями государственного кадастра недвижимости (ст. 70 Земельного кодекса Российской Федерации и ст. 92 Лесного кодекса Российской Федерации) и государственного лесного реестра (ст. 91 Лесного кодекса Российской Федерации). Важное значение при учете таких земель имеет их подразделение на лесные и нелесные земли, а также достоверная и оперативная оценка состояния лесных земель, в том числе с учетом воздействия природных и антропогенных факторов.

Приказом Министерства экономического развития Российской Федерации от 26.12.2014 г. № 852 «Об утверждении Порядка осуществления государственного мониторинга земель, за исключением земель сельскохозяйственного назначения» утвержден порядок осуществления государственного мониторинга земель, в рамках которого должны проводиться систематические наблюдения за фактическим состоянием и выявлением изменений количественных и качественных характеристик земель.

Очевидно, что для оперативного получения информации о состоянии земель территории регионов необходима организация многоуровневой системы мониторинга, основанной на комплексных наземных и дистанционных наблюдениях с применением современных возможностей геоинформационных технологий. В особенности это относится к системам мониторинга состояния земель севера Западной Сибири, территория которой из-за активного процесса заболачивания относится к одной из наиболее труднодоступных в стране.

В связи с большим количеством облачных дней в году, в течение которых невозможно обеспечить оперативный мониторинг территорий севера Западной Сибири космическими снимками (КС) оптического диапазона, актуальным является использование снимков радарного диапазона. Независимость радарной

съемки от условий освещенности и экранирования поверхности Земли облачностью или дымовыми шлейфами дает ряд преимуществ при осуществлении оперативных наблюдений в ходе мониторинга земель с использованием дистанционного зондирования (ДЗ). Однако радарные снимки требуют более сложной обработки, а для их достоверного дешифрирования необходимо получение дополнительной информации об исследуемой территории. В качестве решения в диссертационной работе предлагается комплексное использование комбинаций разновременных космических снимков оптического и радарного диапазонов, совместная обработка которых повышает достоверность результата их дешифрирования и обеспечивает проведение оперативных наблюдений, необходимых для определения времени воздействия на лесные земли факторов природного или антропогенного характера.

Степень разработанности темы. Решению вопросов дистанционного мониторинга территорий, занятых лесными землями, посвящено большое количество научных работ. Основы теории использования космических снимков в задачах лесной отрасли заложены Седых В. Н., Сухининым А. И., Коровиным Г. Н., Исаевым А. С., Данилиным И. М. и др. С целью разработки методических вопросов использования космических снимков оптического и радарного диапазонов для мониторинга состояния лесных земель автором использовались теоретические концепции и практические рекомендации отечественных ученых: Лупяна Е. А., Барталева С. А., Лебедева Ю. В., Карпика А. П., Асмуса В. В., Ершова Д. В., Гука А. П., Захарова А. И., Жарникова В. Б. и др., а также зарубежных ученых: Гонсалеса Р., Вудса Р., Прэтта У.

Научные исследования в области изучения состояния лесных земель проводятся с использованием существующих современных средств дистанционного мониторинга. Однако комплексного решения, позволяющего обеспечить с достаточной точностью практическую реализацию задач мониторинга состояния лесных земель севера Западной Сибири, до сих пор нет. Объединение известных методов обработки космических снимков, получаемых с использова-

нием съемочной аппаратуры ДЗ различных диапазонов с разработкой новых алгоритмов обнаружения изменений, позволит обеспечить оперативное и достоверное получение информации о состоянии лесных земель.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка методики оперативного мониторинга лесных земель на территориях севера Западной Сибири на основе комплексного использования оптических и радарных космических снимков.

Основные задачи диссертационного исследования:

- анализ предметной области и обзор существующих решений в области мониторинга лесных земель дистанционными методами;
- разработка методики обработки космических снимков оптического и радарного диапазонов с учетом воздействия отдельных внешних факторов, влияющих на оперативный мониторинг;
- разработка алгоритма обработки комбинаций разновременных оптических и радарных космических снимков и его программная реализация с целью обнаружения изменений на лесных землях;
- формирование базы данных изменений лесных земель на территории Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО), обнаруженных по космическим снимкам;
- разработка подсистемы мониторинга для получения информации о количественных и качественных показателях лесных земель.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- разработанная методика мониторинга состояния лесных земель на основе комплексного использования космических снимков оптического и радарного диапазонов, в отличие от существующей практики, обеспечивает эффективность проведения оперативных наблюдений дистанционными методами за состоянием лесных земель в условиях севера Западной Сибири;
- разработанная подсистема мониторинга позволяет обеспечить региональные органы государственной власти (ОГВ) актуальными и достоверными

сведениями по количественным и качественным показателям мониторинга лесных земель при проведении базовых, периодических и оперативных наблюдений, получаемых с использованием дистанционного зондирования.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость заключается в разработке методики мониторинга лесных земель и способа комплексного использования комбинаций оптических и радарных космических снимков для обнаружения изменений на лесных землях в условиях низкой освещенности и при наличии облачности на исследуемой территории, позволяющих осуществлять системный подход в обеспечении оперативных наблюдений за состоянием лесных земель.

Практическая значимость работы заключается в создании общедоступной актуальной базы данных объектов с описанием их основных качественных и количественных характеристик, находящихся на лесных землях ХМАО и испытывающих природные и антропогенные воздействия.

Методология и методы исследования. Теоретические и прикладные исследования выполнялись на научной основе при использовании методов анализа изображений, анализа пространственных данных ДЗ, положений системного анализа, последних достижений в области современных технологий геоинформационных систем (ГИС).

Положения, выносимые на защиту:

- методика мониторинга лесных земель с использованием космических снимков оптического и радарного диапазонов позволяет повысить оперативность получения информации о состоянии территорий в условиях их недостаточной освещенности или при наличии облачности;
- алгоритм комплексной обработки комбинаций разновременных космических снимков оптического и радарного диапазонов и его программная реализация позволяют достоверно выявлять изменения на лесных землях;
- созданные подсистема мониторинга и база данных предоставляют общий доступ к количественным и качественным показателям изменений состоя-

ния лесных земель на территории ХМАО, полученных по разработанной методике.

Степень достоверности и апробация работы результатов исследования. Достоверность результатов, полученных в работе, основана на использовании существующих, теоретически обоснованных и проверенных на практике методов обработки данных ДЗ. Прикладное применение полученных результатов в обеспечении контрольно-надзорной деятельности служб автономного округа подтверждает обоснованность выводов данной работы. Проверка работоспособности и эффективности разработанной методики мониторинга лесных земель на основе комплексного использования космических снимков, а также оценка достоверности полученных результатов осуществлялись путем проведения численных экспериментов с использованием материалов лесоустройства и натуральных (полевых) данных.

Разработанная методика мониторинга лесных земель на основе комплексного использования комбинаций космических снимков оптического и радарного диапазонов реализована в Центре космических услуг (ЦКУ) ХМАО в целях обеспечения региональных органов исполнительной государственной власти и контрольно-надзорных служб и ведомств оперативной и достоверной информацией.

Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международном симпозиуме «Контроль и реабилитация окружающей среды» (г. Томск, 2004, 2008 гг.); международной научно-практической конференции «Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты» (г. Томск, 2005 г.); Всероссийской конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (г. Москва, 2005, 2006, 2008 и 2010 гг.); международной конференции «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве» (г. Москва, 2007, 2013 гг.); научно-практической конференции, посвященной А. А. Дунину – Горкавичу (г. Ханты-Мансийск, 2005, 2006, 2008, 2011, 2016 гг.);

Международном научном конгрессе «ГЕО-Сибирь-2007» (г. Новосибирск, 2007 г.); совещании рабочей группы неправительственной научной организации «Северный Форум» (г. Сент-Джонс (Канада), 2010 г.); IX Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013» (г. Новосибирск, 2013 г.); Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования» (г. Ханты-Мансийск, 2013, 2015 гг.); научно-практической конференции «Опыт комплексного использования результатов космической деятельности в интересах регионов России» (г. Москва, 2016 г.).

Результаты диссертационной работы внедрены в надзорной деятельности Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзора) по Ханты-Мансийскому автономному округу – Югре и в настоящее время успешно используются с целью получения информации о состоянии нарушенных земель на территории автономного округа.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследования представлены в 9 опубликованных научных работах, в том числе 4 статьи напечатаны в рецензируемых журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 1 статья – в издании, входящем в международную реферативную базу данных Scopus, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ (номера свидетельств: № 2016660062 и № 2016660081), 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных (номер свидетельства № 2016620648).

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 121 страницу машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 191 наименование, содержит 8 таблиц, 38 рисунков, 2 приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и степень разработанности темы исследования, определены цель и задачи, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, отмечены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о достоверности апробации результатов работы.

В первом разделе выполнен обзор существующей нормативно-правовой базы, используемой при проведении работ по мониторингу лесных земель на территории Российской Федерации, приведена информация об осуществлении ведения государственного лесного реестра и представлен обзор ранее выполненных исследований по использованию космической съемки оптического и радарного диапазонов для оценки последствий воздействия на лесные земли природных и техногенных факторов.

Второй раздел посвящен разработке методики мониторинга лесных земель на основе использования комбинаций космических снимков оптического и радарного диапазонов и выявления на основе их дешифрирования изменений количественных и качественных характеристик в результате лесных пожаров, лесных рубок и других природных и антропогенных воздействий.

Для проведения диссертационного исследования были использованы космические снимки оптического диапазона с космических аппаратов (КА) Метеор-3М, Landsat-7, Landsat-8, Sentinel-2A, БКА, Канопус-В, Ресурс-П и радарного диапазона с КА ERS-2, Sentinel-1A. Организация ежедневного приема данных с КА ERS-2 и Метеор-3М центром дистанционного зондирования Земли в Югорском научно-исследовательском институте информационных технологий (г. Ханты-Мансийск) обеспечила получение необходимой информации для проведения диссертационной работы. Космические снимки с КА Канопус-В, БКА и Ресурс-П в настоящее время предоставляются Федеральным космическим агентством (Роскосмос), а общедоступные данные с КА Landsat-7, Landsat-8, Sentinel-2A и Sentinel-1A получают из распределенных источников.

Исследования данной работы включали в себя оценку решения практических задач использования методов ДЗ в условиях ХМАО. В теории принятия решений не найдено общего метода выбора критериев оптимальности. В основном руководствуются опытом или рекомендациями. В диссертационной работе с учетом цели мониторинга состояния лесных земель была выбрана двухкритериальная оптимизация с критериями «качество» и «цена». Это позволяет учесть как производственно-технические (качество продукции), так и экономические (цена), требования. Отметим, что продукцией решаемой задачи является информация о состоянии лесных земель.

В рамках рассматриваемой задачи автором предложен и реализован следующий критерий оптимальности

$$E = \frac{fT}{S} = \min, \quad (1)$$

где T – время, необходимое для выполнения работы по тематическому анализу;

S – площадь исследуемого объекта;

f – показатель формы объекта, определяемый отношением квадрата периметра объекта (p^2) к его площади (S)

$$f = \frac{p^2}{4\pi S}. \quad (2)$$

Исследование зависимости (2) показателя формы объекта f от пространственного разрешения (дискретизации) космических снимков было проведено для выборки из 185 объектов различной формы и площади, в том числе 113 объектов природного характера (лесные гари) и 72 объекта антропогенного характера (линейные и площадные объекты обустройства нефтегазового комплекса (НГК)).

Минимизация критерия (1) с учетом формулы (2) позволяет выбрать оптимальный вариант использования системы мониторинга лесных земель на основе данных ДЗ для конкретного лесного участка.

При умножении критерия (1) на стоимость космического снимка, формируемую оператором космической системы ДЗ, возникает вариант оценки затрат получения полезной информации о состоянии земель с использованием космических снимков.

На основе анализа требований к геоинформационной технологии комплексного мониторинга состояния лесов, сформулированных в первом разделе диссертационной работы, определен состав программно-информационной подсистемы мониторинга лесных земель. На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема разработанной подсистемы мониторинга, ориентированной на совместном использовании программного обеспечения ГИС, данных ДЗ и результатов их тематической обработки.



Рисунок 1 – Обобщенная схема подсистемы мониторинга лесных земель

В состав программного обеспечения включены стандартные пакеты программ ГИС и разработанное специальное программное обеспечение мониторинга состояния лесных земель.

Для обеспечения пользователей полученной в результате обработки данных ДЗ информацией о количественных и качественных показателях лесных земель используется общедоступный геопортал ЦКУ ХМАО. В таблице 1 приведен перечень основных показателей мониторинга, сформированных с учетом требований Приказа Министерства экономического развития Российской Федерации от 26.06.2015 г. № П/343 «Об утверждении Порядка организации деятельности и взаимодействия территориальных органов и структурных подразделений Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии при осуществлении государственного мониторинга земель».

Таблица 1 – Показатели мониторинга состояния лесных земель

Наблюдаемый процесс на лесных землях	Показатель мониторинга состояния земель		Используемые данные ДЗ
	Количественный	Качественный	
Нарушение земель, в том числе в результате лесной вырубki или лесного пожара	Общая площадь и изменение площади в наблюдаемый период времени	Степень развития процесса	Оптический и радарный диапазон
Захламление, в том числе порубочными остатками		Степень развития процесса	Оптический и радарный диапазон
Подтопление		-	Оптический и радарный диапазон
Проведение рекультивационных работ с посадкой лесных насаждений		Степень развития процесса	Оптический и радарный диапазон
Загрязнение химическими веществами		Степень развития процесса	Оптический и инфракрасный диапазон
Загрязнение нефтью и нефтепродуктами		-	Оптический и инфракрасный диапазон

В связи с большим числом дней в году, в течение которых территория севера Сибири экранирована облачностью или недостаточно освещена, в авторских работах проведены исследования по выявлению изменений состояния лесных земель с помощью снимков радарного диапазона. Признаком дешифрирования в этом случае становится изменение характера отражения радиосигнала из-за появления в лесном массиве неоднородностей, вызванных воздействием факторов природного или техногенного характера. При этом радарные снимки могут использоваться автономно либо в комбинации с оптическими снимками, что повышает достоверность обнаружения изменений на лесных землях. Эти исследования показали перспективность использования радарных снимков для мониторинга состояния лесных земель территорий Западной Сибири.

Одним из вариантов использования радарных снимков является их синтез с оптическими снимками, обеспечивающий более информативное цветосинтезированное изображение, используемое для последующего дешифрирования. Достоверность дешифрирования объектов на земной поверхности, а также полученные оценки геометрических свойств, радиометрического и линейного разрешения на местности позволяют обеспечить совместное использование радарных данных с данными КА Ресурс–П для создания и обновления тематических карт-схем участков лесных земель масштаба 1 : 10 000, данными КА БКА и Канокус–В масштаба 1 : 25 000, данными КА Landsat–7, Landsat–8 и Sentinel–2А масштабов 1 : 50 000 и 1 : 100 000.

Погрешность определения пространственных характеристик наблюдаемых объектов на карте-схеме зависит не только от масштаба карт, но и от величины погрешности, допускаемой при подготовке карты-схемы и нанесении на нее пространственных объектов с различными по сложности формами. Координаты пространственных объектов определяются с той же погрешностью, как они наносятся на карту-схему. Для карт-схем масштаба 1 : 25 000 погрешность со-

ставляет 5–7 м, для карт-схем масштаба 1 : 50 000 погрешность составляет 10–15 м, масштаба 1 : 100 000 погрешность составляет 20–30 м.

В таблице 2 представлены возможные комбинации КС оптического и радарного диапазонов для создания разновременных синтезированных изображений, используемых в дальнейшем при проведении тематической обработки.

Таблица 2 – Комбинации снимков оптического и радарного диапазонов

Канал	Возможные комбинации синтеза RGB изображения													
	1		2		3		4		5		6		7	
Red	КС ₂		КС ₂		КС ₂		КС ₂		КС ₂		КС ₂		КС ₂	
Green	КС ₁		КС ₁		КС ₁	КС ₂			КС ₂		КС ₂		КС ₁	
Blue	КС ₁		КС ₁		КС ₁		КС ₁		КС ₁		КС ₁		КС ₁	
Диапазон съемки	радарный	оптический	радарный	оптический	радарный	оптический	радарный	оптический	радарный	оптический	радарный	оптический	радарный	оптический
Условия	Съемка в условиях облачности или низкой освещенности										Съемка при отсутствии облачности			

В таблице 2 индексом КС₁ обозначены космические снимки, полученные на территорию исследуемого участка до его изменения, а индексом КС₂ – космические снимки, полученные на территорию участка после его изменения. Комбинации могут состоять как из разновременных оптических и радарных космических снимков, так и снимков одного диапазона.

Совокупность представленных методических решений составляет методику мониторинга лесных земель на основе комплексного использования КС оптического и радарного диапазонов. Внедрение разработанной методики позволяет обеспечить проведение оперативных наблюдений при осуществлении государственного мониторинга земель. Экспертная оценка обеспеченности информацией для конкретного участка территории при этом возрастает до 80 %.

В третьем разделе представлена практическая реализация разработанной методики мониторинга лесных земель на основе комплексного использования КС, в рамках которой разработано следующее программное обеспечение подсистемы мониторинга лесных земель:

- специальное программное обеспечение мониторинга состояния лесных земель по космическим снимкам оптического и радарного диапазонов;
- база данных «Реестр изменений лесного фонда ХМАО», содержащая информацию о количественных и качественных характеристиках состояния лесных земель, полученную на основе обработки космических снимков;
- специализированный геопортал для предоставления результатов тематической обработки космических снимков широкому кругу пользователей.

Одним из результатов диссертационного исследования явилась разработка и программная реализация алгоритма обработки комбинаций радарных и оптических снимков. Основные технологические этапы разработанного автором алгоритма обработки схематично показаны на рисунке 2. Результатом обработки являются подготовленные тематические карты-схемы выявленных изменений на лесных землях. Алгоритм реализован следующим образом. Из одновременных изображений оптического и (или) радарного диапазона формируется синтезированное изображение в соответствии с указанными в таблице 2 возможными комбинациями, которое после проведения предварительной обработки дешифрируется с использованием бинарной классификации.

Важным этапом в алгоритме является фильтрация изображения, от качества проведения которой зависит конечный результат обработки КС. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании медианного фильтра. Бинарная классификация изображения проводится на основе заранее подобранных эталонов классов.



Рисунок 2 – Алгоритм обработки комбинаций разновременных космических снимков для выявления изменения на лесных землях

Проведенные при непосредственном участии автора полевые работы на территории ХМАО позволили сформировать набор тестовых участков с эталонами классов на лесных землях для их последующего достоверного дешифрирования по КС. Результирующее изображение, разделенное на два класса после проведения бинарной классификации, включает в себя множество различных по величине объектов. Мелкие объекты, характер образования которых может быть случайным из-за влияния спекл-шума, «поглощаются» при генерализации более крупными объектами. При достижении достаточного качества результирующего растрового изображения проводится его векторизация, построение векторного контура и расчет площади наблюдаемого объекта. Частичное попадание в класс объектов других участков устраняется в дальнейшем экспертным методом. На рисунке 3 графически представлены результаты основных этапов обработки разработанного алгоритма.

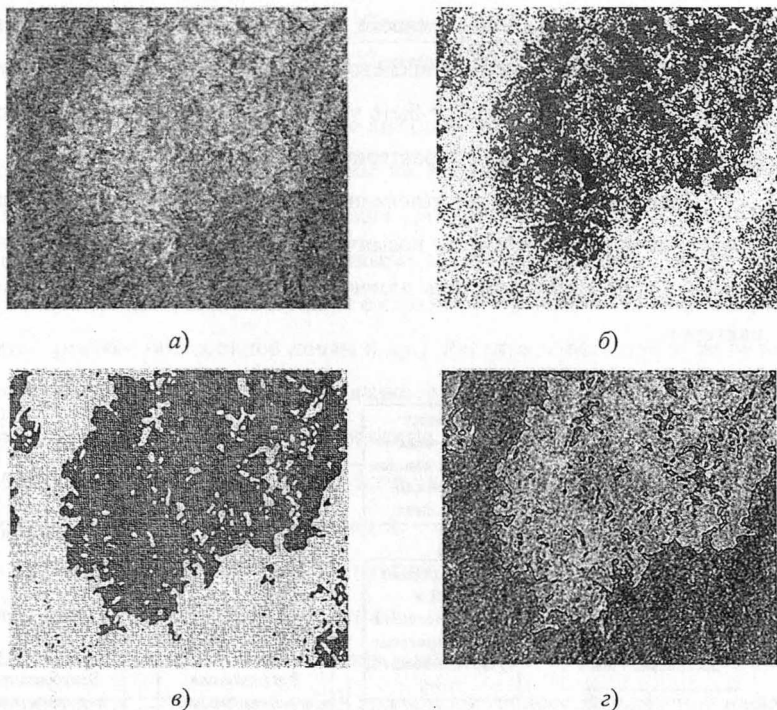


Рисунок 3 – Результаты этапов обработки комбинаций радарных снимков: а) синтезированное разновременное изображение; б) после проведения бинарной классификации; в) после проведения медианной фильтрации; г) полученный векторный контур границ наблюдаемого объекта (лесная гарь); совмещенный с исходным изображением

Представленный алгоритм обработки комбинированных изображений реализован на языке программирования ERDAS Macro Language в виде отдельной программы.

В современной научной литературе до сих пор недостаточно разработаны вопросы дешифрирования антропогенных территорий по космическим снимкам в силу их сложной структуры, которая может содержать такие компоненты, как

растительность, водные поверхности, искусственные покрытия. Тем не менее, по результатам проведенных исследований был сделан вывод, что отдельные антропогенные объекты могут быть уверенно выделены автоматизированными методами по спектральным характеристикам.

Предложен усовершенствованный алгоритм (рисунок 4) обнаружения изменений лесных земель по космическим снимкам оптического диапазона, позволяющий дешифровать изменения природного и антропогенного характера.



Рисунок 4 – Усовершенствованный алгоритм обнаружения и картографирования объектов природного и антропогенного характера

Алгоритм реализован с применением нового нормализованного индекса антропогенных объектов, условно названного *NMOI*, рассчитываемого как отношение разности и суммы спектральных каналов длин волн 0,433–0,453 мкм (*Coastal/Aerosol*) и 0,845–0,885 мкм (*NIR*), и представлен следующим выражением

$$NMOI = \frac{Coastal - NIR}{Coastal + NIR} \quad (3)$$

Эмпирически установлено, что значения индекса *NMOI* менее 0,1 соответствуют антропогенным объектам на космических снимках оптического диапазона. Кроме этого, эти значения соответствуют части участков территорий, не являющихся антропогенными по происхождению. Такие участки схожи по спектральным значениям с горями, но не являются ими (например, болота, участки обнаженной почвы и др.). Растительность при этом не выделяется. Таким образом, использование разработанного индекса позволяет картографировать антропогенные объекты и исключить из обработки ложные срабатывания на болотах, в пойме рек и участках с открытой почвой для картографирования участков лесных гарей.

При непосредственном участии автора были проведены работы по проектированию и разработке базы данных «Реестр изменений лесного фонда ХМАО», зарегистрированной в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, представляющей собой хранилище геопространственной информации об объектах, находящихся на лесных землях ХМАО, с описанием их основных качественных и количественных характеристик.

Для обеспечения общего доступа к информации, полученной на основе обработки КС оптического и радарного диапазонов, разработан и реализован геопортал ЦКУ. Адрес: <http://geoportal.uriit.ru/arcgis/home/projects.html>.

В четвертом разделе представлены результаты практического применения теоретических разработок автора в решении задач мониторинга лесных земель. Разработанная методика на основе комплексного использования оптических и радарных КС применяется в региональном ЦКУ для обеспечения информацией ОГВ и контрольно-надзорных служб и ведомств о состоянии лесных земель.

На рисунке 5 представлена схема пространственного распределения участков в границах административных районов ХМАО, для которых информация

о состоянии земель, полученная на основе данных ДЗ, наиболее востребована региональными ОГВ.

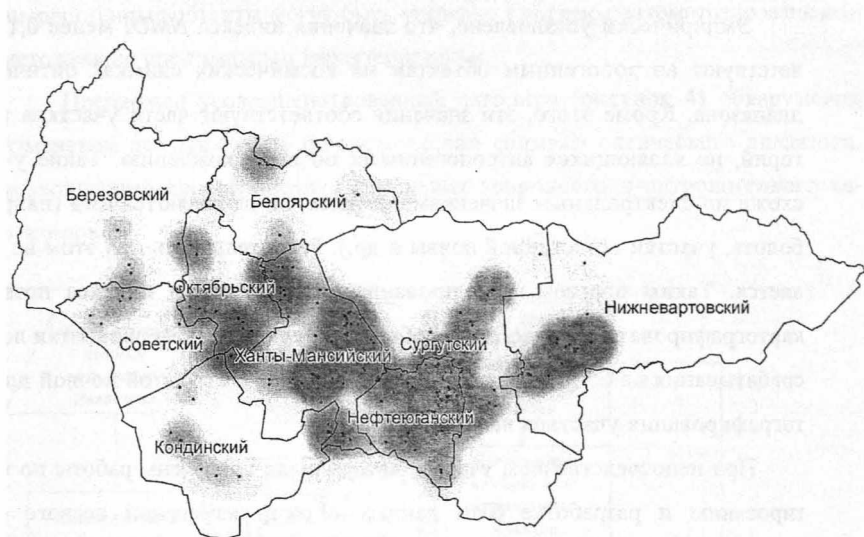


Рисунок 5 – Схема пространственного распределения участков земель, информация о состоянии которых предоставлена по запросам региональных ОГВ

Анализ пространственного распределения участков показал, что наибольший интерес представляют участки центральной части округа, сосредоточившие большую часть объектов НГК с высокой вероятностью воздействия их техногенных факторов на лесные земли. Наиболее востребованной (42 % от общего количества всех запросов) является информация о состоянии участков лесных рубок. При этом интерес к информации с каждым годом растет.

Эффективность разработанной методики мониторинга лесных земель на основе комплексного использования космических снимков можно оценить ростом динамики использования результатов обработки космических снимков в деятельности природоохранных организаций.

Так, за период с 2013 по 2015 г. ЦКУ ХМАО для службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды ХМАО – Югры была предоставлена информация в рамках 25 судебных дел, на сумму исковых требований свыше 310 млн. руб. Природоохранной прокуратурой ХМАО – Югры в период с 2014 по 2015 г. на основании предоставленных космических снимков направлено пять исков о взыскании ущерба, причиненного лесному фонду на сумму более 270 млн. руб. Управлением Росприроднадзора по ХМАО – Югре в 2015 г. произведены расчеты размера вреда, причиненного окружающей среде на сумму свыше 3,6 млрд. руб. с использованием доказательств, основанных на спутниковой информации.

Порядок предоставления в природоохранные и контрольно-надзорные организации информации разработан и представлен в регламентах информационного взаимодействия, подготовленных в целях эффективного использования разработанной методики мониторинга лесных земель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута поставленная цель – разработана методика оперативного мониторинга лесных земель на территориях севера Западной Сибири на основе комплексного использования оптических и радарных космических снимков.

Итоги диссертационного исследования заключаются в следующем:

– выполнен анализ предметной области и обзор существующих технологических решений при мониторинге лесных земель дистанционными методами, на основании которых выявлены существующие ограничения при актуализации информации об их состоянии для территорий севера Западной Сибири;

– разработана методика обработки космических снимков оптического и радарного диапазонов, обеспечивающая получение информации в условиях низкой освещенности и экранирования облачностью территорий наблюдения;

- разработан алгоритм обработки комбинаций одновременных оптических и радарных космических снимков и его программная реализация, позволяющие выявлять изменения на лесных землях под воздействием природных и антропогенных факторов;
- сформирована база данных выявленных изменений лесных земель на территории ХМАО с предоставлением общего доступа к ней посредством разработанного геопортала ЦКУ ХМАО;
- разработана подсистема мониторинга лесных земель, обеспечивающая получение информации о количественных и качественных показателях при проведении базовых, периодических и оперативных наблюдений с использованием ДЗ.

Результаты диссертационного исследования могут быть успешно использованы при проведении государственного мониторинга земель, осуществляемого территориальными органами и структурными подразделениями Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии. Практическая реализация разработанной методики мониторинга выполнена в ЦКУ ХМАО. Проверка результатов диссертационного исследования была проведена на реальных объектах – участках лесных рубок и лесных гарей, расположенных на территории автономного округа.

Перспективы дальнейших исследований должны быть направлены на совершенствование разработанной методики с учетом новых возможностей современных и перспективных съемочных систем ДЗ. Важным направлением развития разработанной методики является возможность ее использования для выявления незарегистрированных объектов капитального строительства (недвижимости) НГК на лесных землях в связи со вступлением в силу с 01.01.2017 г. Федерального закона «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 г. № 218-ФЗ, в котором одним из основных изменений является введение Единого государственного реестра недвижимости.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ
ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Копылов, В. Н. Геоинформационная технология оценки последствий лесных пожаров с использованием данных дистанционного зондирования [Текст] / В. Н. Копылов, Ю. М. Полищук, В. А. Хамедов // Геоинформатика. – 2006. – № 1. – С. 56–61.

2 Хамедов, В. А. Оценка точности определения площадей лесных рубок с использованием снимков с российского космического аппарата «Ресурс-П» № 1 [Текст] / В. А. Хамедов, Б. Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 4 (32). – С. 42–50.

3 Мазуров, Б. Т. Опыт использования космических снимков с космических аппаратов типа «Канопус-В» и «БКА» для обнаружения участков нефтяных загрязнений на месторождениях Западной Сибири [Текст] / Б. Т. Мазуров, В. А. Хамедов, А. С. Князьков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 179–183.

4 Полищук, Ю. М. Дистанционные исследования воздействия факельного сжигания попутного газа на лесорастительный покров нефтедобывающей территории с использованием вегетационного индекса [Текст] / Ю. М. Полищук, В. А. Хамедов, В. В. Русакова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13, № 1. – С. 66–69.

5 Хамедов, В. А. Сравнение методов обнаружения лесных гарей по оптическим и радиолокационным космическим снимкам [Текст] / В. А. Хамедов // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 3 (35). – С. 43–54.

6 Свидетельство 2016620648 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации базы данных. Реестр изменений лесного фонда ХМАО [Текст] / Р. М. Габдрахманов, Г. А. Кочергин, М. А. Куприянов, В. А. Хамедов, Р. Р. Шарафутдинов; заявитель и правообладатель АУ «Югор-

ский НИИ информационных технологий» (RU). – №2016620648 ; заявл. 06.04.16 ; опубл. 23.05.16, Реестр баз данных. – 1 с.

7 Свидетельство 2016660062 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Автоматизированное обнаружение участков лесных гарей по космическим снимкам [Текст] / В. А. Хамедов; заявитель и правообладатель ООО «Геопроектсервис» (RU). – № 2016617303 ; заявл. 08.07.16 ; опубл. 06.09.16, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

8 Свидетельство 2016660081 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Специальное программное обеспечение мониторинга состояния лесных земель по радиолокационным космическим снимкам (СПО Forest burned area) [Текст] / В. А. Хамедов; заявитель и правообладатель ООО «Геопроектсервис» (RU). – № 2016617323 ; заявл. 08.07.16 ; опубл. 06.09.16, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

9 Хамедов, В. А. Разработка методических вопросов создания системы спутникового мониторинга состояния лесных экосистем в условиях воздействия нефтегазового комплекса территории Западной Сибири [Текст] / В. А. Хамедов, Б. Т. Мазуров // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 16–31.

2016156357

