

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт медицины, экологии и физической культуры
Экологический факультет
Кафедра лесного хозяйства

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине:
«Мониторинг лесных пожаров и лесозащитных работ»
на тему:
**«ВНЕДРЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРАКТИКУ
ЛЕСОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ»**

Студент (ка),
Байбикова Г.Р.
1 курс, направление подготовки
35.04.01 Лесное дело
(уровень магистратуры)

Байбикова Г.Р. 1.06.17
(подпись, дата)

хорошо
(оценка)

Научный руководитель,
к.б.н., доцент Митрофанова Н.А.

Митрофанова Н.А. 3.06.17
(подпись, дата)

Ульяновск, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Организация мониторинга на основе геоинформационных систем	5
2. Источники информации для ГИС-технологий в лесозащите	9
3. Аналитические возможности ГИС	15
4. Этапы использования ГИС-технологий при организации и ведении ЛПМ ..	21
5. ГИС-анализ экологического состояния лесов по данным спутниковых наблюдений	25
Заключение	31
Список использованной литературы.....	33

Введение

Леса России имеют важное социально-экономическое и экологическое значение. Они представляют собой источник ценных ресурсов, обеспечивают сохранение значительной части мирового углеродного фонда в связанном состоянии, выступают в качестве экологической основы для сохранения биоразнообразия экосистем и выполняют многие другие функции биосферы.

На сегодняшний день во многих странах мира в качестве инструмента устойчивого лесопользования разработаны и используются геоинформационные системы (ГИС) и технологии. Развитие ГИС-технологий и их внедрение в практику управления лесными ресурсами обусловлено необходимостью одновременного использования больших объемов данных, потребностью их точной адресации и пространственного анализа. В целом признается важность ГИС-технологий для охраны лесов, лесоустройства и ведения лесного хозяйства в целом.

Геоинформационная система и географическая информационная система близкие, но не эквивалентные понятия. Геоинформационная система, в отличие от географической информации, в целом представляет собой интегрированную систему, направленную на поддержку принятия решений в различных предметных областях, а не только в геодезии и географии. Кроме того, мы будем придерживаться одинакового понимания термина, учитывая ГИС как геоинформационную систему или информационную систему с локализацией пространственных данных [8, с.59-70].

ГИС определяется как набор аппаратного и программного обеспечения, предназначенный для эффективного сбора, хранения, обновления, обработки, анализа и отображения всех типов географически связанной информации. Строго говоря, географическая информационная система (ГИС) и технология ГИС отличаются.

ГИС-технология - это технология обработки информации, в том числе применение других систем, которые не относятся к ГИС, т.е. сфера действия ГИС-технологии шире, чем ГИС [8, с.59-70].

Цель курсовой работы - оценка экологического состояния лесов по данным спутниковых наблюдений и интеграция в ГИС.

Задачи курсовой работы:

- провести анализ главных источников информации для технологий-ГИС в лесозащите;
- проанализировать аналитические возможности ГИС-технологий;
- выявить этапы применения ГИС-технологий при организации и ведении ЛПМ;
- оценить экологическое состояние лесов по данным спутниковых наблюдений.

1 Организация мониторинга на основе геоинформационных систем

Необходимость использования ГИС в организации и управлении лесопатологическим мониторингом обусловлена необходимостью эффективного сбора, синтеза и оценки различных источников информации, многие из которых пространственно привязаны. Принятие решений по защите лесов от вредителей и болезней, включая обозначение мер защиты лесов, основано на анализе временных рядов биологических, лесных, климатических и экономических данных. Прогноз появления очагов массового размножения вредителей и болезней основан на ретроспективном анализе долгосрочных наблюдений по конкретным районам и территориям.

ГИС можно рассматривать как оптимальную технологическую основу для лесопатологического мониторинга, поскольку она позволяет записывать, комбинировать, обрабатывать, обновлять и выдавать по запросу пользователя в данной форме (текст, тематические карты, карты, картограммы, графики, гистограммы, таблицы и т. д.) информацию о вредителях и распространении болезней леса, местоположение насекомых - вредителей и болезней, а также проведённых мерах по защите лесов. Не менее важно иметь пространственно-обобщенные данные о неблагоприятном состоянии лесов.

Цель создания и использования ГИС в организации и управлении лесопатологическим мониторингом - информационная поддержка и принятие обоснованных решений по защите лесов от вредителей и болезней, поддержанию их устойчивости и производительности, предотвращению ущерба с учетом экологической и экономической целесообразности [18].

Для определения места и роли ГИС в организации и проведении лесного патологического мониторинга необходимо исходить из общих принципов и опыта их создания в других предметных областях. В общем, основными компонентами любых ГИС являются данные, аппаратное и

программное обеспечение, а также обученный квалифицированный персонал. Поэтому для определения места и роли ГИС в организации и проведении лесного патологического мониторинга необходимо охарактеризовать:

- информационные потоки и источники исходной информации, их возможности и доступность;
- технические и программные средства, необходимые для создания ГИС;
- общие принципы и этапы создания ГИС-информационной системы с пространственной локализацией данных;
- аналитические возможности ГИС для пространственного анализа и прогнозирования;
- опыт использования ГИС-технологий в российском лесном хозяйстве не только с точки зрения его заимствования, а также предотвращение ошибок;
- технологии создания выходных документов с использованием ГИС и список этих документов [15].

Часто в лесном хозяйстве ГИС считается односторонним, как удобный инструмент для создания программного обеспечения для тематических карт. В этом случае используется только один аспект ГИС. За рубежом новые тенденции в применении геоинформационных технологий связаны с интеграцией, сочетанием различных методов сбора, обработки и интерпретации данных. В то же время интеграция рассматривается в различных аспектах: как комплексный анализ различных источников информации, так и как дополнительный метод сбора и обработки информации и как комбинация компьютерных программных модулей.

ГИС-технология изначально включает в себя интеграционный аспект, поскольку ГИС связывает пространственную, геометрическую информацию и описательную, тематическую, численную.

Тесная интеграция всех этапов – от сбора данных до создания карт – обеспечивает эффективность информационной системы, внедренной в защиту леса отраслевым Министерством провинции Квебек – Канада. Частичная или полная автоматизация создания форм ежегодной отчетности упрощается благодаря структурной организации информации. Банк данных по насекомым-вредителям и болезням хранит всю исходную информацию, собранную в полевых условиях, а также различные производные информационные продукты. Расширенный доступ к информации многих пользователей через локальные и глобальную сети сокращает время ее обработки.

Сбор данных оптимизирован с помощью выборочных методов. Измерения, сделанные в полевых условиях, вводят в переносной компьютер и записывают в стандартные цифровые формы.

Цифровой преобразователь (дигитайзер) с аэровизуальной съемкой, подключенный к портативному компьютеру, позволяет использовать технологию ГИС для оцифровки и координации связанных данных в полете через каналы связи для их передачи. Широкая сеть метеорологических станций передает данные о погоде в масштабе реального времени.

Для лесозащиты важна пространственно-координатная привязка данных. Модуль WxScopeTM, связанный с Web-браузером, и модуль метеорологических данных WeatherScopeTM предназначены для интерактивного анализа пространственных данных напрямую в процессе картографирования [15]. Эти модули построены на строгих принципах геоинформатики и специально спроектированы для интерактивного создания карт в процессе авиапатрулирования. Разработчики информационной системы стремились избежать ее усложнения и сделать доступной как для пользователей начального уровня, так и для аналитиков данных быстро оценивающих лесопатологическую ситуацию в целом. Благодаря простоте в обращении WxScopeTM и WeatherScopeTM обладают прекрасным потенциалом для обмена информацией, обеспечивая широкий доступ к

информации в режиме он-лайн. Перспективы совершенствования информационной системы связывают с наращиванием функциональных возможностей каждого из модулей, включением в экспертный анализ анимационных изображений эволюции природных явлений, в том числе динамики очагов вредителей и болезней леса [15].

Данный пример показывает, насколько ГИС-технологии могут быть востребованы для сопровождения лесопатологического мониторинга на всех его этапах.

Перспективы разработки и внедрения новых технологий в области охраны лесов связаны с интеграцией ГИС, Интернета и GPS (глобальных систем позиционирования) в единую технологическую цепочку для сбора, обмена данными, их обработки и предоставления пользователю. С помощью GPS-приемников решена проблема привязки данных полевых исследований с землей и создания жесткой координатной базы цифровой карты. Опыт работы с GPS показывает, такие приемники пригодны для развития и сгущения геодезических сетей при отсутствии прямой видимости, в лесистой местности, в горах и городах, и это может существенно снизить затраты на проведение комплекса работ по созданию координатной основы ГИС. Программное обеспечение, которое может поставляться с GPS-приемниками, обрабатывает «сырых» измерений, полученных в поле, превращает их в требуемую систему координат и преобразует выходной файл в формат наиболее популярных ГИС.

Для проведения лесопатологического мониторинга в России, упомянутые технологии являются более отдаленной перспективой. В настоящее время необходимо сосредоточить усилия на постепенном внедрении ГИС, выявить ключевые связи и уровни обобщения информации в системе наблюдений, начать формирование банков данных лесных патологий и баз данных картографической информации, а также их совмещения.

2 Источники информации для ГИС-технологий в лесозащите

Данные являются наиболее важной частью любой ГИС. В общем случае ГИС обрабатывает любые данные с пространственным компонентом.

Согласно Наставлению по организации и ведению лесопатологического мониторинга и принципов организации ЛПМ, информационные потоки формируются на основе результатов общего мониторинга и детального надзора [15].

Для обработки информации и стандартизации информационных потоков была создана компьютерная программа «Лесопатологический мониторинг», которая предназначена для использования на местном уровне (АРМ инженера-лесопатолога), региональном (региональные центры защиты лесов) и на федеральном уровне (ФГУ «Рослесозащита»). Планируется систематизировать и проанализировать лесопатологические данные, полученные из различных источников, подготовить документации на проведение истребительных и санитарно-оздоровительных мероприятий. Таким образом, создается автоматизированная система для получения статистической ведомственной и аналитической отчетности в табличной и текстовой форме.

Характеристики первичных источников информации ЛПМ, показатели, включенные в основные формы отчетности, и список выходных документов представлены в соответствующих руководствах. Эти данные также должны лежать в основе ГИС лесного лесопатологического мониторинга.

При организации лесного патологического мониторинга из ведомственных данных следует использовать материалы лесоустройства, лесные патологические обследования, статистические отчеты по лесному фонду, проекты мероприятий по защите лесов.

На начальном этапе разработки проекта системы ЛПМ необходимы данные, характеризующие лесной фонд региона. Информация о структуре лесного фонда готовится государственными предприятиями по управлению

лесным хозяйством на основе результатов базового лесоустройства. Учетные данные по лесному фонду страны в целом обобщены и обработаны в ФГУП «Рослесинфорг» [15].

При проведении лесного патологического мониторинга в формах первичной отчетности в дополнение к специальной лесной патологической информации, вносят повидельную характеристику плантаций - племенной состав, возрастной класс, типы лесов, полноту и т. д. Поэтому при создании ГИС в системе ЛПМ должны приниматься в расчет лесотаксационная и лесохозяйственная информация, ее особенности, форма представления, форматы хранения.

Таксационные выделы – первичные лесохозяйственные учетные единицы [15]. Таксационные характеристики насаждений относятся к экономическим мерам для областей, которые должны быть внесены в карту таксации. Каждый таксационный выдел отображают на планшетах лесоустройства. Карточка таксации является основным источником формирования тематических баз данных по управлению лесным хозяйством. Для обработки этой информации в лесном хозяйстве используются свои профессиональные системы управления базами данных (СУБД).

Таблица 1 - Система управления базами данных, в лесном хозяйстве

Название	Пользователь/ разработчик	Операционная система	Комментарии
СУБД-Л	Лесоустроительные предприятия МПР России	MS DOS	Прототип СОЛИ-1, ранее использовавшейся в лесоустройстве. Обеспечивает доступ к повидельной информации. СУБД разработана 20 лет назад для MS DOS на языке С. Может работать на IBM-совместимых компьютерах минимальной конфигурации
ПЕТРЛЕСПРО (ПЛП)	Северо-Западное лесоустроительное предприятие	MS DOS, разрабатывается новая версия для OS WINDOWS	Прототип СОЛИ-2, ранее использовавшейся в лесоустройстве. Предназначена для обработки повидельной информации в формате карточек таксации СОЛИ и КТ-95 (карточка таксации согласно инструкции 1995 г.). Спроектирована в оболочке FOXPRO, BORLAND C++. Для обмена между базами данных используются ASCII файлы. Подсистема ЛУГИС
Учет лесного фонда	Федеральный, региональный и локальный уровни управления	MS DOS, OS WINDOWS	Используется СУБД FOXPRO. Может работать на IBM-совместимых компьютерах минимальной конфигурации. В системе обрабатываются агрегированные данные учета лесного фонда

База данных для каждого выдела и квартала содержит следующие показатели: номер выдела, площадь, характеристики местности, состав пород, возраст, высота, диаметр, полнота, запасы, класс бонитета, тип леса,

тип лесных условий, описание лесных элементов, класс товарности, степень повреждения насаждений и т. д.

Особенностью баз данных объектов лесоустройства является то, что лесотаксационная информация в них хранится в определенных форматах, которые напрямую не импортируются в программную среду общих программ ГИС. Поэтому требуется либо воссоздать тематические базы данных (атрибутивные таблицы) с информацией о лесах, связанной с картографической базой данных, непосредственно путем ввода числовых значений в оболочке ГИС, в которой выполняется работа по мониторингу, или с использованием конверсионных преобразователей, например, из формата SOLI в формат DBF [15]. И только тогда в программной среде ГИС необходимо объединить таблицы в одни и те же поля, например идентификаторы с номерами квартала и выдела.

Картографический материал является необходимым источником пространственной информации для организации и управления ЛПМ, который включает в себя схематические карты планов лесонасаждений лесничеств для лесных районов, где планируется формировать сеть наблюдений за ЛПМ [15].

Плановые и картографические материалы лесоустройства основаны на полномасштабном лесопользовании и камеральной интерпретации аэрофотоснимков и спутниковых изображений.

Перечень плановых и картографических материалов, способы их создания, масштабы, требования к контенту и оформлению, точность, качество изготовления, система применяемых условных знаков и символов регулируются отраслевыми нормативными документами [7].

Внедрение ГИС-технологий в лесное хозяйство началось с лесоустройства. Новые технологии неизбежно усугубили проблемы точности и надежности пространственной привязки данных лесной таксации, создания планово-картографической базы, составления лесных карт разных масштабов.

Параметры лесных карт, требования к ним, последовательность операций по составлению оригиналов и производству тиража регулируются Инструкцией о порядке создания и тиражирования лесных карт [7].

В инструкции предписывается изготовление плановых и картографических материалов вручную на основе схем визуальной интерпретации аэрофотоснимков, путем копирования крупномасштабных планшетов в оригинальном масштабе или после установки небольших копий планшетов на карты меньшего масштаба.

Точные характеристики планирования и картографических материалов на практике не соответствуют нормативным требованиям. Первичные документы (планшеты лесоустройства и полученные из них) создаются в условной системе координат. Чтобы правильно использовать их вместе с другими источниками информации в среде ГИС, приступить к анализу и регистрации, требуется преобразование планировочных и картографических материалов лесоустройства в систему географических или декартовых координат. Работа в среде ГИС с ведомственными картографическими документами, созданными как в традиционной, так и в электронной форме, обязательно потребует привязки координат контурной (графической) информации.

Лесоустроительный планшет является первичным документом лесоустройства и составляется с использованием геодезических данных или топографической основы: масштаб 1: 000 (по I, II разрядам лесоустройства) и 1:25 000 (по III разряду) [7].

В инструкции разъясняется, что картографическая основа для лесоустроительных планшетов - это топографические карты масштаба, аналогичные шкале планшета. В качестве геодезической основы используются данные геодезических измерений землеустройства, материалы топографических съемок.

Планшеты составляют в одной и той же проекции Гаусса-Крюгера, как крупномасштабные топографические карты. На основе планшета приведены

выходы километровой сетки прямоугольной системы координат. Другие, производные, планировочно-картографические материалы, как правило, обобщают содержимое планшетов и уменьшают их до желаемого масштаба.

Исходная лесная инвентаризация включает в себя графическую информацию, необходимую для организации и управления лесопатологическим:

- кварталные просеки и границы кварталов;
- границы таксационных выделов;
- питомники, лесосеменные участки;
- особо защитные участки леса;
- границы запретных зон основных транспортных маршрутов;
- проезжие лесные дороги, постоянные тропы;
- ручьи, реки, мелиоративные каналы, озера;
- бровки оврагов и обрывов;
- границы административных районов;
- границы категорий защитности лесов;
- районы, предназначенные для долгосрочного использования;
- офисы лесохозяйственных и лесозаготовительных предприятий,

лесничеств, лесопунктов и лесоучастков [7].лесохозяйственные,

Исходная лесная инвентаризация включает в себя графическую информацию, необходимую для организации и управления лесным патологическим мониторингом:

План лесничества - карта, отражающая пространственное расположение лесного фонда в лесном хозяйстве. Он изготавливается путем установки уменьшенных планшетов с некоторой дополнительной нагрузкой. Приводятся условные признаки редины, пожаров, вырубок, сельскохозяйственных угодий, болот и заболоченных лесных массивов, а также надписи классов возраста, классов бонитета, группы запаса эксплуатационных насаждений с возможностью их свободного размещения в границах выдела (шкала - 1:25 000 (1: 50 000) в зависимости от категории

управления лесами) [7]. План лесничества используется для составления планов лесонасаждений, планов управления лесами для лесничеств и составления схематических карт лесного хозяйства.

План лесонасаждений - это схематическая карта, характеризующая качественную структуру земель лесного фонда и насаждений по лесничествам. Он составляется на основе плана лесничества в том же масштабе, окрашивая каждый выдел по преобладающим породам и возрастным группам, а также окрашивая нелесные земли - болота, сенокосы, пруды и т. д.

Карта-схема лесного хозяйства, предназначена для получения обобщенных характеристик лесного фонда и их пространственного распределения. Основные элементы содержания: участки сомкнувшихся и несомкнувшихся лесных культур, лесистые земли, окрашенные в преобладающим видам и возрастным группам; лесонепокрытые лесные и нелесные земли. Заполнение карты регулируется инструкцией, цветовая палитра следует за планом проектирования лесонасаждений. Кроме того, на карте-схеме лесного хозяйства приведены:

- границы регионов;
- границы административных районов, лесных хозяйств;
- границы лесных и смежных землепользователей;
- границы групп и категорий охраны лесов;
- границы лесосечного фонда;
- земли, переданные в долгосрочное пользование;
- квартальные просеки и номера кварталов;
- населенные пункты;
- управления лесных хозяйств, лесничеств, предприятия по переработке древесины;
- реки, озера;
- маршруты связи, лесовозные и другие дороги;
- постоянные маршруты [7].

Масштаб карты-схемы лесного хозяйства – 1:100 000 (1:200 000 или 1:300 000).

Карта-схема лесов административно-территориального образования (области, края, республики) отражает пространственное расположение лесных массивов и административно-хозяйственное разделение лесного фонда по лесопользователям [7]. Карта-схема производится в масштабе 1:500 000 и меньше, в зависимости от района субъекта Федерации, на топографической основе. Масштаб такой же, как на карте-схеме лесхоза. Тематическое содержание карт и детали нагрузки согласуются с клиентами работ.

Все картографические материалы, используемые в лесном хозяйстве сегодня, независимо от способа изготовления, передаются пользователю на бумаге или пластике. С каждым циклом управления лесным хозяйством, после 10...15 лет, планово-картографические материалы производятся заново, изменяется сеть таксационных выделов.

Это обстоятельство может вызвать трудности при анализе ретроспективной ситуации с очагами болезней и вредителей предыдущих годов. Поэтому координатная привязка очагов, лесопатологических выделов, точек наблюдения ЛПМ в ГИС позволит накапливать и использовать лесные патологические данные независимо от их адресной ссылки на лесотаксационные выделы. Такая координатная ссылка может быть выполнена в полевых условиях с использованием GPS-приемников, который является более надежным и точным, или в офисной среде при обработке полевых данных и вводе в картографические базы данных [7].

3 Аналитические возможности ГИС

В лесном хозяйстве ГИС по-прежнему рассматривается как набор аппаратного и программного обеспечения для автоматического создания планово- картографических материалов для инвентаризации леса в цифровой

форме (электронные карты) и изготовления бумажных копий этих электронных картографических документов. Идея заключается в том, что ГИС для отраслевых приложений одинаково по назначению и используется для системы автоматизированного составления плановых и картографических материалов лесоустройства.

Наиболее важные и удобные для пользователя аналитические свойства ГИС, как правило, недооцениваются разработчиками проектов ГИС. Возможность быстрого перехода от обработки отраслевой статистической и лесотаксационной информации к реализации операций моделирования и пространственного анализа и является отличительной особенностью ГИС. Набор программного обеспечения для анализа пространственно-связанных данных о лесе является новым инструментом для информационных технологий, предоставляемых отраслевому пользователю. Объектами моделирования являются пространственные графические объекты и объекты атрибутивной базы данных ГИС, которые привязаны к единой пространственной основе.

Геоинформационное моделирование в общем случае включает следующие процедуры, которые реализуются в ГИС в виде стандартных функций:

- группирование пространственно-связанных временных построений временных динамических моделей путем объединения агрегатов объектов в более крупные объекты;
- буферизация - процедура построения многоугольных объектов вокруг заданных ареальных, линейных и точечных объектов и определенных параметров буферизации;
- генерализация – процедура обобщения графических объектов их изменения при изменении масштаба и получения соответствующих новых атрибутивных данных;
- комбинирование – объединение или отключение графических объектов на основе отношений между ними, включая процедуру

объединения или вычитания объектов, разделение нескольких объектов от одного и т. д.

- геокодирование – процедура привязки координат данных из одной таблицы к данным другой, позиционно определенной таблицы;

- обобщение данных – процедура создания атрибутов новых объектов на основе отношении атрибутов исходных объектов [15].

Особое значение аналитический инструментарий ГИС приобретает для проведения прогноза при организации и управлении ЛПМ, дополняет его пространственную составляющую. Технология долгосрочных, краткосрочных и текущих прогнозов для ЛПМ включает анализ погодной ситуации, конкретные показатели, характеризующие биологию и динамику развития популяции, а также особенности формирования и развития очагов, условия местопроизрастания. Ответственность за составление долгосрочных, краткосрочных и текущих прогнозов возлагается на региональные и федеральные центры защиты лесов.

С помощью ГИС можно дополнить эмпирические расчеты пространственным представлением прогнозов или смоделировать вероятное удержание и распространение очагов вредителей и болезней. Примером такого долгосрочного прогноза является составление оценочной и прогнозной карты потенциальных вспышек вредителей на основе учета климатических и лесных особенностей региона [15].

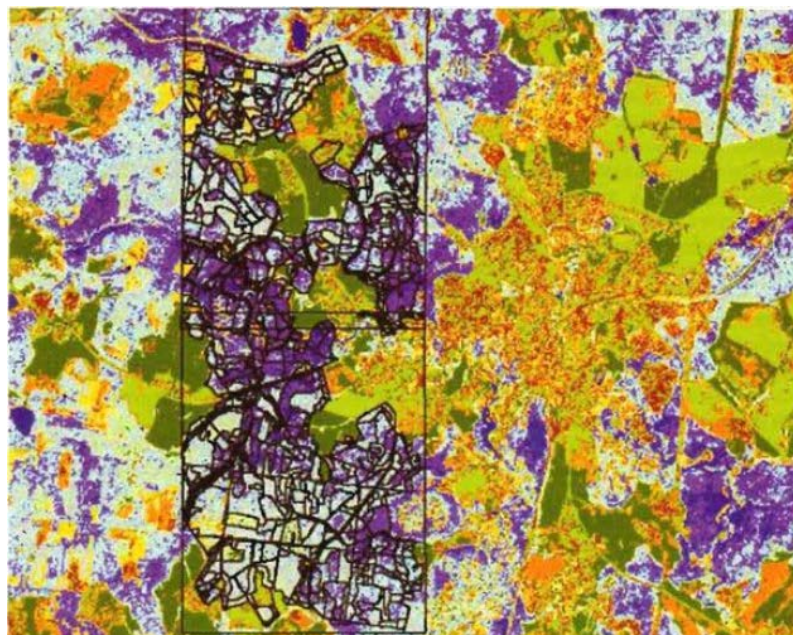


Рисунок 1 Совмещение (оверлей) различных координатно-привязанных источников информации:

- а) планшетов лесоустройства и космического снимка в процессе автоматизированного дешифрирования;
- б) топографических карт, планшетов лесоустройства, аэрофотоснимков

Основываясь на существующих закономерностях происхождения очагов в определенных лесотаксационных условиях и ландшафтов, особенности биологии вредителей, можно определить, проанализировать, оценить ряд факторов, которые вызывают изменения в пространственной структуре лесных земель, и использовать выявленные тенденции в

прогнозировании динамики развития с течением времени. Изучение ряда факторов может быть успешным при использовании аналитических возможностей ГИС.

Математическая формализация (разработка алгоритма) закономерностей, выявляемая различными пространственно-связанными источниками информации, является непременным условием для разработки прогнозных моделей, а воплощение этих моделей в картографической форме является результатом исследования [25]. Таким образом, целью такого прогноза является выявление и локализация на основе устойчивых отношений между ландшафтными и лесотаксационными характеристиками, от которых зависит динамика количества вредителей и районов вероятного возникновения очагов. Предлагаемые карты рассчитаны на долгосрочный прогноз, поскольку ожидается экстраполяция существующего состояния насаждений и прогнозируемые тенденции его изменения на будущее. Использование карт оценки и прогнозов, созданных в результате анализа и моделирования, является целесообразным как для организации энтомологического мониторинга, так и для практической работы лесных центров защиты [21]. Использование таких карт на практике позволит:

- улучшить планирование лесных патологических исследований;
- осуществлять проектирование ЛПМ с оптимизацией пространственного расположения постоянных пунктов учета.

Предлагаемые карты полезны для общего надзора в зоне авиационной безопасности. Использование их в качестве систем полета повысит эффективность пилота-наблюдателя при патрулировании лесной территории с воздуха, предплановые маршруты для обнаружения пострадавших районов леса. При своевременном обновлении информации о состоянии лесного фонда в регионе на основе удаленных обследований такие карты могут использоваться в качестве патрулей, поскольку они полностью отвечают требованиям, предъявляемым инструктивными документами.

При планировании мер защиты лесов на федеральном и региональном уровнях использование прогнозируемых карт будет способствовать выбору оптимальных вариантов мер по защите лесов.

Условием успешного и правильного составления таких карт является изучение специфики биологии вредителей и определение оптимальных экологических условий ее распространения.

Для оценки кормовой базы вредителей используются планировочные и картографические материалы инвентаризации леса (схема лесхоза и планы лесных растений, насаждений) и материалы дистанционного обследования. Экспозиция и крутизна склонов устанавливаются путем анализа топографических карт в среде ГИС. Таким образом, источниками исходной информации являются планировочные и картографические материалы лесоустройства; удаленная информация (космические снимки с разрешением в местности не хуже 10...15 м); топографические карты; материалы лесопатологических исследований прошлых лет [21].

Последовательность создания карт следующая. Основываясь на документы лесоустройства, все насаждения подразделяются на поврежденных и неповрежденных вредителем. Кроме того, в пределах участков с насаждениями, составляющими пищевую основу вредителя, выбираются участки с наиболее благоприятными микроклиматическими условиями его массового размножения. Такие площадки выбираются на основе оценки комплекса рельефных индексов - углов наклона, экспозиции склона и абсолютных высотных отметок.

Анализ цифровой модели рельефа, основанный на топографической карте, позволяет выбирать участки с определенными углами наклона и в то же время корректировать границы этих участков с учетом экспозиции склонов. Операции контура, вычисления углов экспозиции и наклона, затенения склонов могут быть реализованы, например, специальными программными модулями Spatial Analyst Arc View 3.2. [22]. Таким образом, на топографической карте формируются зоны наиболее вероятного

возникновения вспышек вредителей, что соответствует благоприятным микроклиматическим условиям.

Накладывая границы диапазона, выделенного топографическими картами на план лесонасаждений стандартными операциями ГИС (операция оверлей), насаждения, составляющие основу корма, детализированы и классифицируются в зависимости от потенциальной опасности возникновения очагов в них. Пример созданной таким образом карты приведен на рисунке 2.

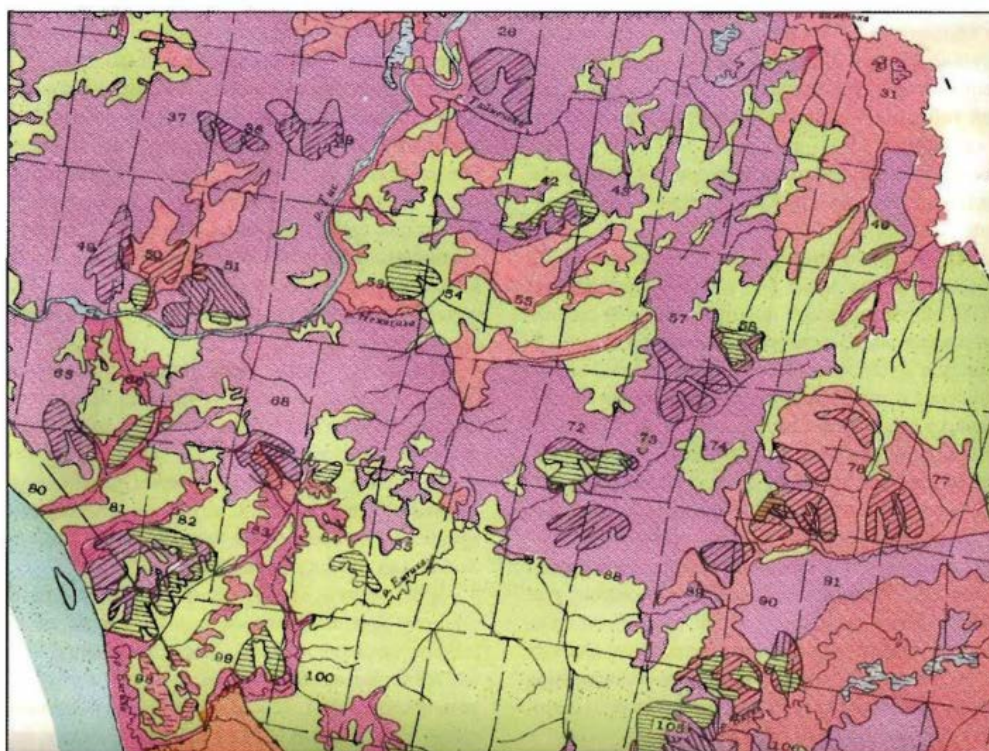


Рисунок 2 Фрагмент прогнозной карты
«Потенциальные очаги сибирского шелкопряда»

4 Этапы использования ГИС-технологий при организации и ведении ЛПМ

Организация ЛПМ включает в себя реализацию нескольких этапов, требующих поддержки ГИС.

В ходе подготовительной работы определяются объекты ЛПМ. С этой целью собираются и обобщаются ведомственные лесохозяйственные и

планировочно-картографические материалы, архивные данные о патологической ситуации в лесу для обследованной территории, карта лесной растительности, лесохозяйственного и лесопатологического районирования, данные учета лесного фонда. Большинство этих источников информации существуют на бумажных носителях и в текстовой, и в табличной форме. С помощью инструментов ГИС, созданных в региональном центре, описанным выше образом, эксперт анализирует источники информации в ходе подготовительной работы. Результатом экспертного анализа может служить:

- цифровые карты потенциальных очагов энтомовредителей и болезней на обследованной территории, которые могут использоваться для рекогносцировочного и детального видов наблюдения за наиболее важными объектами ЛПМ;

- цифровые карты мер защиты лесов прошлых лет;

- цифровые карты с выбранными, согласно специальному запросу и отображаемые на экране или принтере выделами, кварталами или участками лесного массива лесхоза, где имеется сеть постоянных учётных пунктов [7].

В процессе проектирования ЛПМ экспертный анализ планировочных и картографических материалов системы управления лесами, карт дорожной сети, топографических карт и т. д., объединенных в окружающую среду ГИС, позволяет учитывать доступность участков и лесных массивов. Маршрутная сеть и пробные графики по определенным условиям доступности могут быть построены и отображены на цифровых картах. В отдельных таблицах тематической базы данных по специальному запросу могут отображаться координаты постоянных точек подсчета.

Пример подготовки сети точек обзора в организации мониторинга показан на рисунке 3. Сеть ППУ может быть объединена с любой информацией, содержащейся в базе данных. В этом примере в качестве подложки использовались топографические карты с наложенной

повыдельной картографической информацией планшетов лесоустройства (б) и дистанционная информация (а).

После проведения ЛПМ, на этапе подведения итогов, с помощью ГИС могут быть созданы следующие картографические, текстовые и табличные документы:

- фактические данные, полученные в ходе наблюдения, лесные патологические обследования, инвентаризация вспышек, характеризующие состояние и численность популяции;

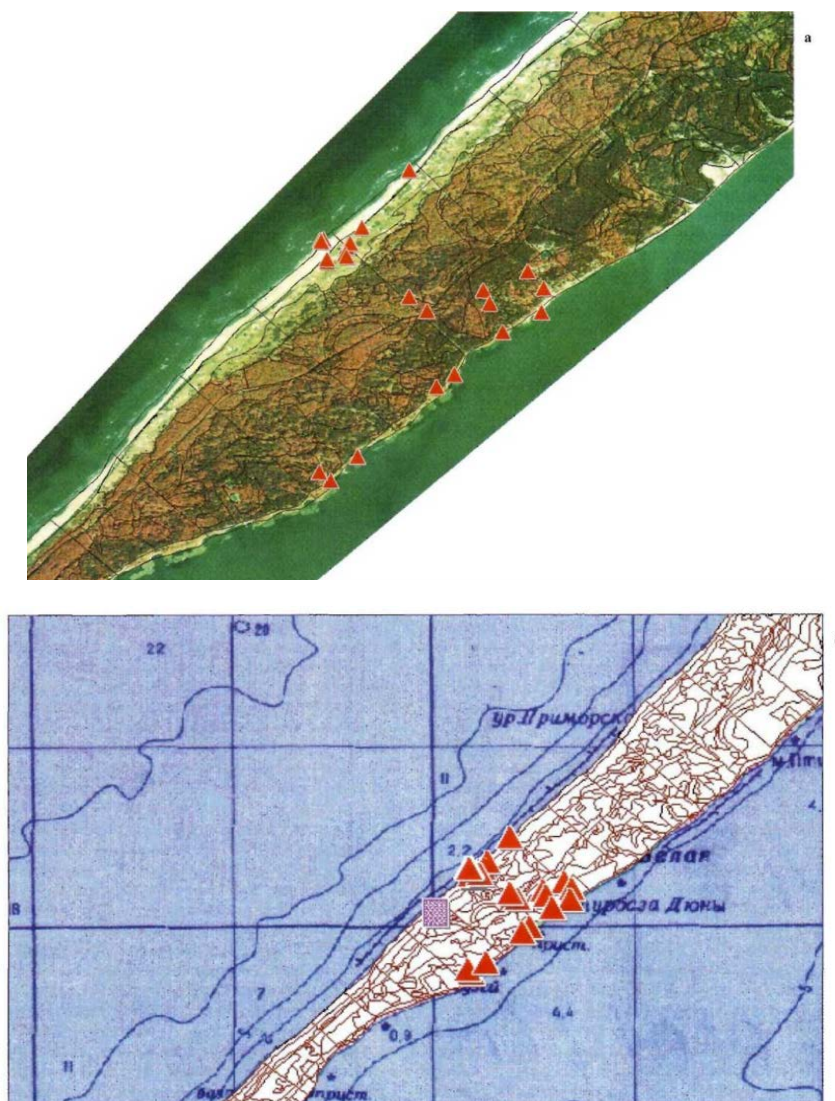


Рисунок 3 Сеть пунктов мониторинга, совмещения с дистанционной информацией (а) и повыдельной лесоустроительной картографической информацией, привязанной к топографической основе (б)

- обобщенные в табличной и текстовой форме ЛПМ материалы, характеризующие наиболее важные виды патологии леса, показатели состояния населения, применяемые меры защиты леса;

- комплексные оценочные карты воздействия отдельных вредителей и болезней на динамику лесов в наблюдаемых лесных районах по участкам леса, лесным массивам, лесничествам, лесхозам и по региону в целом;

- карты лесного патологического состояния лесов с обобщенными данными наблюдений, полученные из результатов мониторинга, для включения в обзоры лесного патологического статуса лесов лесхозами и регионами;

- прогнозные карты для развития лесной патологической ситуации с оценкой потенциального экологического и экономического ущерба;

- карты мер по охране лесов, которые определяются результатами мониторинга на территории обследований, лесхозами и системами таких мероприятий для региона в целом.

Картографические документы генерируются электронным способом в определенных масштабах, могут отображаться и выводиться как бумажные копии на принтер или плоттер.

На этапе принятия решений ГИС может использоваться для оценки экономической целесообразности запланированных мероприятий с учетом пространственного расположения поврежденных лесных участков и их доступности. Важным моментом может быть анализ пространственного расположения погибших древостоев, которые влияют на формирование экологической ситуации в регионе.

В соответствии с нормативными требованиями к отраслевой отчетности на федеральном уровне карты дополняются текстовой и табличной информацией, которая формируется из тематических баз данных.

5 ГИС-анализ экологического состояния лесов по данным спутниковых наблюдений

Возможность комплексной экологической оценки состояния лесов в Московской области на основе результатов обработки спутниковых данных наблюдений и информации из других источников может быть обеспечена путем интеграции существующих данных в среду ГИС, которая имеет эффективные средства для анализа и представления разнородной пространственной информации. Решение этой проблемы потребовало создания банка данных, который является информационным ядром региональной ГИС и включает в себя ряд взаимосвязанных цифровых картографических слоев и таблиц атрибутов, характеризующих различные аспекты состояния лесов региона и организации территории [1, с. 948].

Согласно принятой методологии ГИС-анализа, интеграции результатов обработки спутниковых изображений на уровне ячеек, охватывающих территорию региона, предусмотрена регулярная сеть. Размер ячеек (10х10 км) сети был выбран на основе условий для обеспечения статистической репрезентативности интегрированных оценок, полученных из спутниковых данных MODIS, а также уровня пространственной детализации вспомогательных данных, необходимых для анализа Антропогенная нагрузка на территорию региона [1, с. 948]. Регулярная сеть на территории региона, образованная в проекции UTM на эллипсоид WGS84, включает 553 ячейки.

База данных регионального банка данных ГИС основана на базе данных по индикаторам экологического состояния лесов по данным спутниковых наблюдений. В таблице атрибутов базы данных для каждой ячейки в сети содержится значения таких индикаторов, как: лесной покров, доля хвойных древостоев в лесной зоне и значения NDVI и NDWI, отдельно для хвойных и лиственных лесов.

Наряду с базой данных по показателям экологического состояния лесов информационная поддержка ГИС включает базу данных антропогенной нагрузки, базу данных ГУЛ для лесохозяйственных предприятий, а также вспомогательные векторные слои границ ячеек регулярной сети, границы административных районов и лесохозяйственных предприятий, охват информацией о дорожной сети и населенных пунктах. Все перечисленные базы данных были созданы в среде ArcView GIS 3.2. в виде скоординированных картографических слоев и атрибутивных таблиц.

Относительная близость времени сбора данных обоих типов спутниковых данных (Landsat-ETM + и Terra-MODIS) обеспечивает возможность их совместного использования без учета изменений в лесах в период между наблюдениями. Регрессионный анализ данных о лесистости, полученных для обоих типов спутниковых данных, был проведен для совокупности ячеек регулярной сети в зоне покрытия зон изображениями Landsat-ETM + рисунок 4 [9].

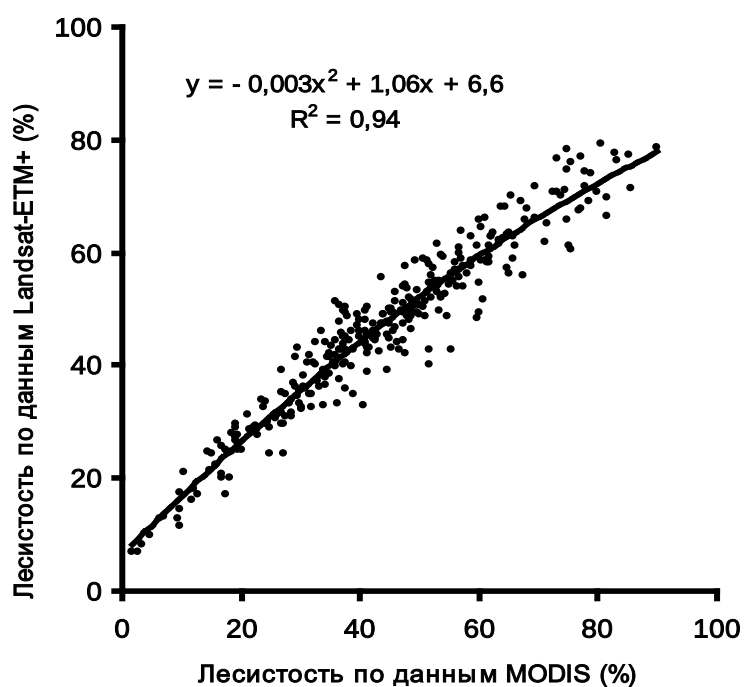


Рисунок 4 - Связь между значениями лесистости в ячейках регулярной сети (10x10 км) для территории Московской области по данным MODIS и Landsat ETM+

В этом случае полином второго порядка используется в качестве модели для приближения отношения между значениями лесистости в соответствии с данными Landsat ETM + и MODIS с коэффициентом корреляции $R^2 = 0,94$. Полиномиальная природа связи объясняется различием пространственного разрешения спутниковых данных и указывает, что использование данных MODIS приводит к недооценке лесистости для нелесных районов из-за пропуска небольших массивов лесов. В то же время, при значительном уровне лесистости, использование данных MODIS приводит к переоценке значений этого показателя из-за большого количества смешанных пикселей, классифицированных как лесной покров.

Используя уравнение, представленное на рисунке 4, удалось уточнить оценки лесистости, полученные по данным MODIS для всей территории региона. В то же время после процедуры коррекции значение лесистости для региона (41,8%) практически не отличается от официальной статистики (41%), что может служить доказательством эффективности предлагаемого методологического подхода.

Последующий анализ показал статистически значимую положительную корреляцию между NDWI и значения $ndvi$ для хвойной растительности на рисунке 5 и отсутствии таковой для лиственных лесов. Этот факт, вероятно, является следствием более высокой чувствительности хвойных лесов до уровня антропогенной нагрузки, а также отношения между усыханием и снижением концентрации хлорофилла в лесной растительности. Одним из объяснений этого может быть то, что лиственные леса менее подвержены антропогенному воздействию в связи с сезонной дефолиацией, характерный для них и, следовательно, частичное удаление вредных веществ из органов древесных растений.

При анализе рисунка 5, показывающем связь между спектральными индексами для хвойных лесов, можно видеть, что логично предположить, что соответствующая область низких значений обоих спектральных индексов

растительности более подавлена по сравнению с другими сосновыми насаждениями региона.

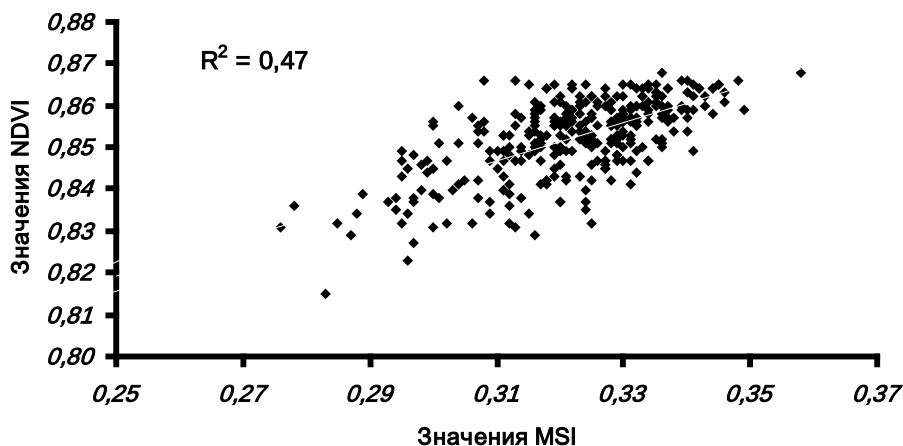
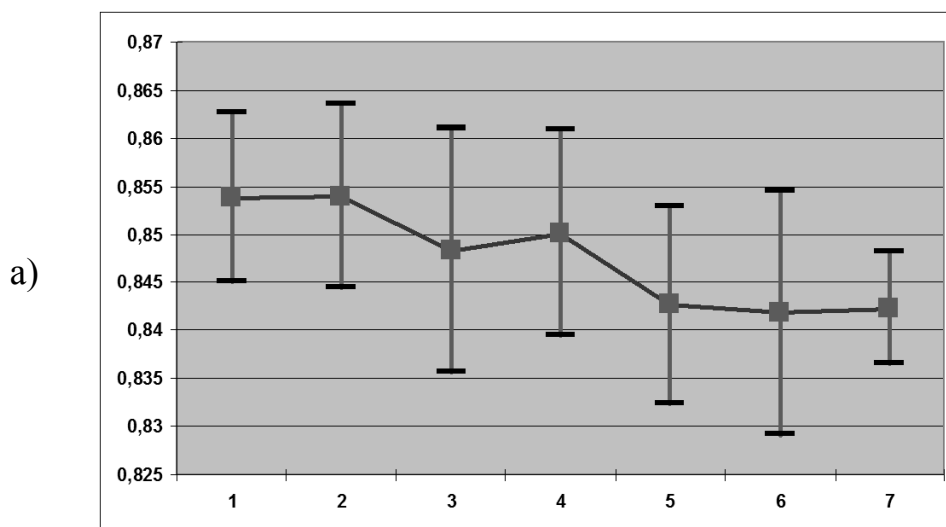


Рисунок 5. Связь между значениями спектральных индексов NDWI и NDVI для хвойных лесов Московской области по данным MODIS

Это предположение может быть подтверждено результатами анализа взаимосвязи между значениями спектральных индексов для хвойных лесов с независимо полученными данными об уровне антропогенной нагрузки на территории региона, сравнение которых в ячейках регулярная сеть показала пространственную корреляцию.

Дальнейший анализ также показал очевидную тенденцию к снижению средних значений обоих спектральных показателей для хвойных лесов по мере увеличения антропогенной нагрузки на территорию рисунок 6.



б)

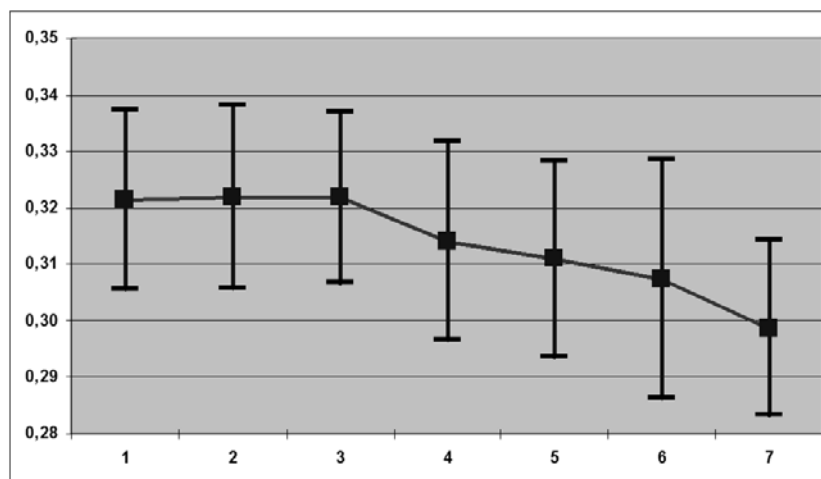


Рисунок 6. Средние значения и диапазоны изменений индексов NDVI (а) и NDWI (б) в зависимости от уровня антропогенной нагрузки на территорию

Можно заметить, что индекс NDWI характеризуется более стабильным снижением значений после достижения некоторых критических уровней антропогенной нагрузки, что может служить его характеристикой по сравнению с NDVI как индикатором экологического состояния лесов. Из сопоставления динамики обоих спектральных индексов можно также предположить, что реакция лесов на увеличение антропогенной нагрузки, проявляющаяся в снижении концентрации хлорофилла, происходит с некоторой задержкой после начала процессов обезвоживания древесной растительности.

Объяснение изменчивости значений спектральных индексов в однородных условиях антропогенной нагрузки может быть различием в устойчивости древесных пород, возрастных групп и, наконец, индивидуальных характеристик отдельных деревьев. В анализе также требуются ландшафтные особенности участка, а также дополнительные неучтенные факторы негативного воздействия на окружающую среду.

Анализ сформированной базы данных ГИС об индикаторах экологического состояния лесов региона позволяет выявить участки с высоким уровнем угнетения лесной растительности. В частности, относительно низкие значения спектральных индексов *ndvi* и NDWI

характерно для хвойных насаждений Ленинского, Люберецкого, Каширского, Химкинского, Красногорского и Домодедовского районов, расположенных в непосредственной близости от города Москвы, что может свидетельствовать о высоком уровне лесных депрессий из-за антропогенного давления на окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эта работа содержит результаты исследований и научных разработок, которые можно рассматривать как важную научную задачу по разработке методов мониторинга экологического состояния лесов по спутниковым наблюдениям. По результатам работы можно сделать следующие основные выводы:

- современное состояние разработки методов дистанционного зондирования дает возможность оценить характеристики состояния лесного покрова и создать систему регионального мониторинга лесов на основе совместного использования данных различного пространственного разрешения;

- метод региональной оценки экологического состояния лесов предполагает использование спутниковых данных среднего и высокого пространственного разрешения (в частности, Terra / Aqua-MODIS и Landsat-ETM +) и направлен на определение показателей, отражающих охват лесами территории, породный состав насаждений и их физиологическое состояние, характеризующее относительным уровнем концентрации хлорофилла и влаги;

- разработанный метод взаимной радиометрической нормализации изображений Landsat-ETM +, отличающийся условиями съемки, повышает эффективность использования спутниковых данных для региональной оценки состояния лесов;

- эксперименты по классификации лесов по мультиспектральным спутниковым изображениям показали возможность различения темнохвойных, светло-хвойных, лиственных и смешанных лесов с достаточным уровнем надежности;

- интегрированное использование результатов классификации лесов в соответствии с MODIS и Landsat-ETM + дает эффективную возможность оценить лесистость, как один из важнейших показателей экологического состояния лесов региона;

- анализ взаимосвязей между значениями вегетативных индексов NDVI и NDWI по данным MODIS и уровнем антропогенной нагрузки показал возможность их использования в качестве индикаторов состояния хвойных лесов;

- анализ базы данных ГИС на основе результатов обработки спутникового изображения по показателям экологического состояния лесов Московской области позволяет выявлять районы с высоким уровнем угнетения лесной растительности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барталёв С. С. Оценка индикаторов состояния лесов Московской области по данным спутниковых наблюдений // Электронный многопредметный научный журнал «Исследовано в России». 2007 том 9
2. Барталёв С. С., Малинников В.А. Эксперименты по региональной оценке характеристик экологического состояния лесов с использованием данных спутниковых наблюдений и ГИС-технологий // Четвёртая всероссийская открытая конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» - Москва: ИКИ РАН, 2006
3. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю.Б. Баранов, А.М. Берлянт, Е.Г. Капралов и др. - М.: ГИС Ассоциация, 1999.
4. Горяева Е. В., Мохирев А. П. Инвентаризация зеленых насаждений с использованием ГИС-технологий на примере города Лесосибирска // Известия вузов. Лесной журнал. 2015. № 2.
5. ГОСТ Р 50828-95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования.
6. Интеграция геопространства - будущее информационных технологий // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2013. № 7. С. 6-15
7. Инструкция о порядке создания и размножения лесных карт [Электронный ресурс] URL: http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_13663.htm
8. Кащенко Н. А. Геоинформационные системы: учебное пособие для вузов. Н.Новгород: ННГАСУ, 2012. С.130
9. Крылов А. М. Использование свободных ГИС в системе дистанционного лесопатологического мониторинга // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной Вестник, 2012. №1. С. 148-153
10. Крылов А.М., Соболев А.А., Владимирова Н.А. Выявление очагов короеда-типографа в Московской области с использованием снимков

Landsat // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник. 2011. №4. С. 54–60

11. Лесной кодекс Российской Федерации (с изменениями с 01.03.2017) [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/

12. Лесная энциклопедия: в 2-х томах. Т 2./ ред. Г. И. Воробьев. – М.: Сов. Энциклопедия, 1991 – 511 с.

13. Мельник Н.Н., Барталев С.С. Применение информационных систем в целях оптимизации деятельности агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов // Вестник, электротехнологии, электрификации и автоматизации сельского хозяйства. Научный журнал под редакцией Т.Б. Лещинской. №3 (13). С. 151-154

14. Михеева Е.В., Титова О.И. Информационные технологии в профессиональной деятельности. - М.: «Академия», 2014. 416 с.

15. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В.К.Тузова. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 200с.

16. Наставление по организации и ведению лесопатологического мониторинга в лесах России. А.Д. Маслов, Е.Г. Мозолевская, Н.А. Лисов и др. М., МПР РФ: ВНИИЛМ, 2001. - 86 с.

17. Панков Г. В., Симоненкова В. А. Лесопатологический мониторинг на территории Самарского лесхоза // Известия ОГАУ. 2007. №14-1. С.98-99.

18. Положение о лесопатологическом мониторинге. Федеральная служба лесного хозяйства РФ. [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/9014151>

19. Руководство по интегрированной защите сосновых молодняков от вредных насекомых / Маслов А.Д., Лисов Н.А. – М., ВНИИЛМ, 1991.

20. Санитарные правила в лесах Российской Федерации. МПР РФ, – М., 2005.

21. Создание отраслевой глобальной мониторинговой аэрокосмической системы леса (ГЛО - НАС-ЛЕС)- прорывное направление критических технологий / В. Г. Санаев [и др.] // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2014. № 2. С. 140- 146
22. Технологии и стандарты в информационной системе почвенно-географической базы данных России / О. М. Голозубов [и др.] // Почвоведение. – 2015. № 1. С. 3-13.
23. Федорова О. А., Конусова О. Л. Повреждение кроны деревьев насекомыми-филлофагами на объектах озеленения г. Томска // Вестник КрасГАУ. 2013. №4 С.118-121.
24. Фомин В.В. Географические информационные системы: учебное пособие. Екатеринбург: УГЛТУ, 2014
25. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования Монография. — Херсон: Гринь Д.С., 2011. — 470 с.
26. Ходаковский Э. М. Геоинформационная система как база знаний для принятия управленческих решений // Методы менеджмента качества. 2016. № 8. С. 36-39
27. Цой О. М., Скоробогатая А. С. Оптимизация работ по ликвидации очагов возгораний в лесах // . 2014. №4 (42). С.66-71
28. Joanna Kalinowska, Michał Chmiel Przegląd możliwości wykorzystania wybranego sprzętu ratowniczo-gaśniczego w działaniach jednostek ochrony przeciwpożarowej w kontekście wymagań systemu dopuszczeń // CNBOP-PIB. 2015. №. С.61-8
29. Forest Fires: An Example of Self-Organized Critical Behavior [Электронный ресурс] URL: <http://science.sciencemag.org/content/281/5384/1840>
30. Экологический центр «Экосистема». [Электронный ресурс] URL: <http://www.ecosystema.ru>