

7. Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Академический Проект, 2004. 432 с.

8. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. М.; Л., 1948. Т. 1. 307 с; М., 1960. Т. 2. 248 с.

METHODICAL ISSUES OF MEASUREMENT OF SOIL PARAMETERS IN THE COURSE OF FOREST INVENTORY

P.V. ONTIKOV, O.V. MARTYNENKO, V.N. KARMINOV

Moscow State Forest University

The article is devoted to the issues of conducting field studies in the course of national forest inventory. A critical review of current techniques from the soil science point of view is provided. There are a number of recommendations to refine and improve the guidelines for the state forest inventory

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ ЛЕСНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.А. ПУШКИН¹, М.А. ИЛЮЧИК²

¹Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»

²Лесоустроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес»

В работе рассмотрены основные предпосылки разработки и внедрения геоинформационных систем в лесном хозяйстве Республики Беларусь, приведен анализ современного состояния использования ГИС при решении лесохозяйственных и лесоустроительных задач. Представлены основные технические решения и результаты разработки геоинформационной системы комплексного мониторинга земель лесного фонда Республики Беларусь.

Разработка и внедрение геоинформационных технологий в лесохозяйственную отрасль Республики Беларусь имеет достаточно давнюю историю. В 1992 г. была разработана и установлена первая в республике геоинформационная система лесохозяйственного назначения (ГИС «Лесные ресурсы») на базе отечественного программного продукта ForMap. В настоящее время в лесхозы поставляется уже пятая версия настольной ГИС «Лесные ресурсы», а также создано мобильное приложение данной системы для операционной системы Android. Лесное хозяйство Республики Беларусь является высокоинтенсивным, что приводит к большому количеству изменений, происходящих в лесном фонде. Для автоматизации учета данных изменений РУП «Белгослес» разработана и в настоящее время внедряется многоуровневая геоинформационная система лесного хозяйства «ГИС-Лес» на основе базовой ГИС MapInfo, что позволяет аккумулировать информацию по проведенным лесохозяйственным мероприятиям в единой базе данных.

В целом, геоинформационные технологии в лесном хозяйстве Республики Беларусь используются, главным образом, для учета текущих изменений, подготовки рабочих планов лесохозяйственных мероприятий и других практических лесохозяйственных задач. При этом основными источниками информации, на основании которых строится картографическая и повыведельная базы данных, являются данные базового лесоустройства – векторные лесные карты, получаемые на основе дешифрирования материалов аэросъемки, и результаты повыведельной инвентаризации лесных насаждений. В свою очередь, использование только лишь данных лесоустройства приводит к ограниченности информационного ресурса данных систем, потери актуальности части информации, поскольку период базового лесоустройства в среднем составляет 10–12 лет

С целью автоматизации комплексного мониторинга лесных территорий РУП «Белгослес» совместно с Учреждением образования «Белорусский государственный

технологический университет» и Институтом экспериментальной ботаники НАН Беларуси начало разработку геоинформационной системы комплексного мониторинга земель лесного фонда (ГИС «СМ–Лесфонд»). Основным и принципиальным отличием данной системы является широкое использование материалов космической съемки и технологий ее обработки. Интегрированное использование данных космического дистанционного зондирования с лесоустроительной информацией позволяет решать лесохозяйственные задачи на новом, более качественном уровне.

Базовыми программными средствами разработки является система обработки данных дистанционного зондирования ENVI и геоинформационная система MapInfo.

К основным задачам, реализуемым системой, относятся:

- автоматизированное выделение основных видов земель лесного фонда, объектов лесохозяйственных мероприятий и поврежденных лесных насаждений по материалам космической съемки;

- проведение автоматизированной ресурсной оценки объектов лесопользования и поврежденных лесных насаждений на основе интегрированного использования материалов аэрокосмической съемки и данных лесоустройства;

- определение пожарной опасности в лесах;

- внесение текущих изменений, обусловленных повреждениями лесных насаждений и ведением хозяйственной деятельности в цифровые лесные карты;

- создание планово-картографических материалов и формирование отчетной документации по объектам мониторинга.

В соответствии с решаемыми задачами, геоинформационная система комплексного мониторинга земель лесного фонда включает ряд взаимосвязанных подсистем (рис.): тематического дешифрирования, ресурсной оценки объектов лесопользования и поврежденных лесных насаждений, оценки пожарной опасности, создания планово-картографических материалов и формирования отчетной документации.

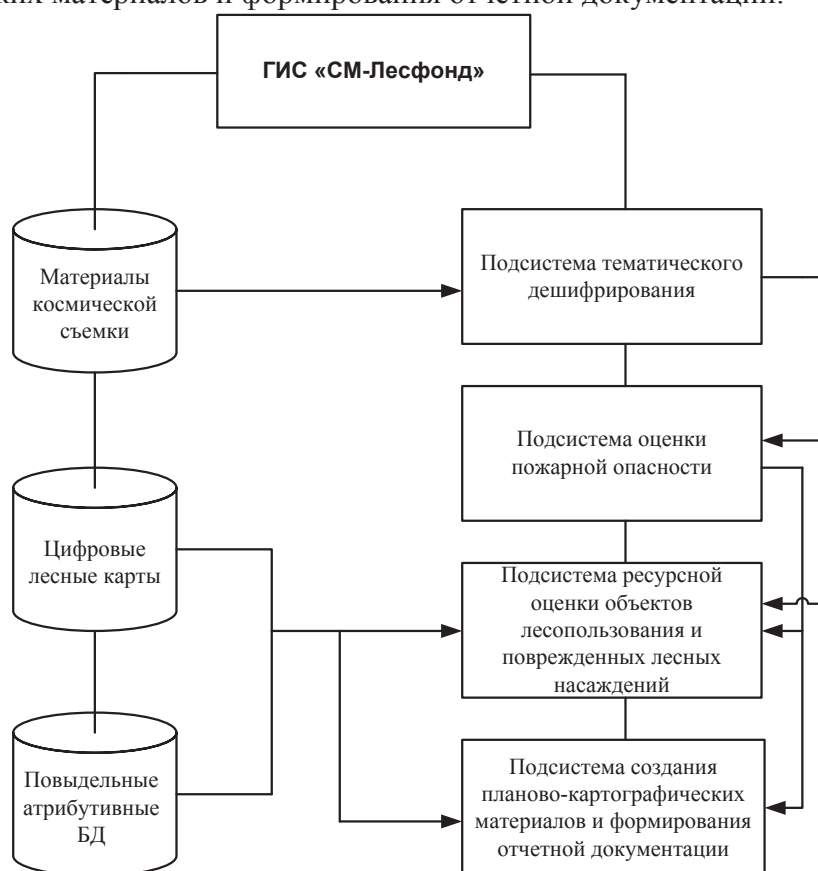


Рис. Схема функциональной структуры геоинформационной системы «СМ-Лесфонд»

Все подсистемы функционируют на одной рабочей станции, связь между ними осуществляется на уровне входных и выходных данных.

Подсистема тематического дешифрирования предназначена для автоматизированного выделения основных видов земель лесного фонда, поврежденных лесных насаждений (ветровалы, буреломы и массовые усыхания), объектов лесохозяйственных мероприятий – сплошных рубок леса по материалам космической съемки. Предусматривается обязательное выделение следующего минимального перечня дешифрируемых тематических классов объектов: покрытые лесом земли, непокрытые лесом земли, свежие вырубки, поврежденные ветровалами (буреломами) насаждения, очаги массовых усыханий лесных насаждений. При этом используются как алгоритмы автоматизированного тематического дешифрирования на основе спектральных яркостей пикселей изображения и последующего пространственного анализа полученных результатов, так и визуальные методы дешифрирования на основании анализа прямых и косвенных дешифровочных признаков.

Основным назначением подсистемы ресурсной оценки объектов лесопользования и поврежденных лесных насаждений является определение площадей вырубленных или поврежденных в результате воздействия неблагоприятных природно-климатических факторов насаждений, а также предварительная оценка их общего запаса и товарной структуры древесины. В целом, обеспечивается оценка вырубленных сплошнолесосечными рубками лесных насаждений, ветровальных и буреломных повреждений, а также очагов массовых усыханий. Площади участков определяются по результатам дешифрирования материалов космической съемки, а проведение расчетов объема древесины – на основе информации пывидельной лесоустроительной базы данных. Полученные в результате тематической обработки материалов космической съемки картографические слои вырубленных и поврежденных насаждений служат основой для дальнейшей актуализации цифровых лесных карт и подготовки планово-картографических материалов. С целью оценки товарной структуры вырубленной или поврежденной древесины разработан комплекс соответствующих математических моделей, позволяющих определять объемы отдельных категорий ликвидности на основе информации о типе повреждений и данных, полученных при базовом лесоустройстве (Пушкин и др., 2014).

Подсистема оценки пожарной опасности предназначена для определения показателей пожарной опасности в лесах на основе интегрированного использования материалов космической съемки, данных лесоустройства, а также статистических данных о количестве и местах зарегистрированных возгораний на исследуемой территории.

Проблема прогноза степени пожарной опасности лесов в настоящее время приобретает особую актуальность в Республике Беларусь в связи с увеличивающимся антропогенным воздействием на леса и участвовавшими неблагоприятными природными факторами (засухи). С целью оперативного выявления очагов возгораний на землях лесного фонда, на республиканском уровне строится единая система видеонаблюдения. При этом получаемые в результате работы подсистемы карты пожарной опасности планируется использовать для корректировки маршрутов видеонаблюдения камер, а также организации наземного патрулирования лесных насаждений. В этой связи важную роль играет своевременная и корректная оценка лесной пожарной опасности. Основу такой оценки составляют комплексные классы лесной пожарной опасности, определяемые на базе следующих информационных компонентов:

- материалы космической съемки, на основании которых определяется текущее количество и качество лесных горючих материалов;

- цифровые лесные карты, включающие картографический слой ранее зарегистрированных на территории возгораний. Использование данного источника информации позволяет косвенным образом учитывать антропогенный фактор, который является главной причиной возникновения лесных пожаров в Республике Беларусь.

Расчет комплексных классов лесной пожарной опасности включает проведение следующих основных этапов:

- расчет спектральных показателей, характеризующих наличие и качество лесных горючих материалов, определение классов пожарной опасности по материалам космической съемки;

- определение классов пожарной опасности на основе статистической обработки данных о фактических возгораниях на исследуемой территории;

- определение комплексного класса пожарной опасности территории.

Спектральные показатели лесной пожарной опасности представляют собой вегетационные индексы, определяемые по материалам космической съемки (табл.).

Таблица. Используемые при определении лесной пожарной опасности вегетационные индексы

Наименование вегетационного индекса	Расчетная формула	Назначение
улучшенный вегетационный индекс (EVI)	$EVI = 2,5 \times \frac{NIR-RED}{NIR+6 \times RED-7,5 \times BLUE+1}$	Оценка общего количества биомассы и ее состояние
индекс отражения огрубевшим углеродом растительных тканей (PSRI)	$PSRI = \frac{RED - GREEN}{NIR}$	Оценка общего количества сухих и отмерших растений
Температурно-вегетационный индекс (TVDI)	$TVDI = \frac{T_S - T_{Smin}}{T_{Smax} - T_{Smin}}$	Комплексная оценка температуры и влажности поверхности
Нормализованный разностный водный индекс (NDWI)	$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	Оценка влажности лесных горючих материалов
Индекс сухости (DMCI)	$DMCI = \frac{SWIR_3 - SWIR_2}{SWIR_3 + SWIR_2}$	Оценка сухости растительного покрова

Примечание: NIR – отражение в ближней инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра; BLUE – отражение в синей области спектра; GREEN – отражение в зеленой области спектра; T_S – температура поверхности; T_{Smin} – минимальная температура поверхности; T_{Smax} – максимальная температура поверхности; SWIR – отражение в коротко-волновой инфракрасной области спектра.

Расчет необходимых вегетационных индексов (табл.) выдвигает определенные требования к материалам космической съемки – наличие достаточно большого количества спектральных диапазонов. В проводимых исследованиях использовались снимки космической системы Landsat 8. Определение классов лесной пожарной опасности выполняется на основе статистической обработки полученных значений спектральных вегетационных индексов (Ehsan H. Chowdhury et al., 2015).

Полученные, таким образом, по материалам космической съемки классы лесной пожарной опасности отражают, главным образом, наличие на исследуемой территории горючих материалов и их качественные характеристики. Однако для возникновения лесного пожара необходимым фактором является наличие открытого источника огня. Для учета данного фактора в ГИС комплексного мониторинга земель лесного фонда используется информация о фактических зарегистрированных на территории возгораниях, местоположения которых наносятся на цифровую карту. С использованием функций пространственного геоинформационного анализа и на основе местоположений возгораний выполняется зонирование территории, где каждому лесному кварталу присваивается определенный класс пожарной опасности. Участки леса в непосредственной близости, от которых зарегистрировано значительное количество возгораний будут иметь более высокий класс пожарной опасности. Такой подход позволяет косвенным образом учитывать антропогенный фактор, который является основным источником возникновения лесных пожаров.

Комплексный класс лесной пожарной опасности определяется для каждого квартала как средняя величина между классом, полученным в результате обработки материалов

космической съемки и классом, определенным на основе данных о фактических возгораниях. В результате работы представленной технологии создается картографический слой лесной пожарной опасности территории.

Проведенные опытные работы на территориях ряда лесхозов республики показали значительное увеличение точности прогноза в сравнении с традиционной методикой определения классов пожарной опасности при лесоустройстве, т.е. наблюдается увеличение количества зарегистрированных возгораний в классах высокой пожарной опасности (1–2) при одновременном уменьшении их площади.

Подсистема создания планово-картографических материалов и формирования отчетной документации предназначена для внесения текущих изменений в цифровые лесные карты, создания планово-картографических материалов и отчетной документации по объектам мониторинга (карты поврежденных лесных насаждений, пожарной опасности, отчеты по ресурсной оценке и др.).

Эксплуатация геоинформационной системы комплексного мониторинга земель лесного фонда, в настоящее время, предусматривается в виде настольного продукта на уровне Республиканского лесоустроительного предприятия «Белгослес», а также на уровнях областных производственных лесохозяйственных объединений. Повышение эффективности эксплуатации подобных мониторинговых систем можно достичь путем создания на их основе пользовательских Интернет-сервисов, что является перспективной стратегической задачей.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы Союзного государства «Мониторинг-СГ».

ЛИТЕРАТУРА

1. Пушкин А.А., Ильючик М.А. Ресурсная оценка поврежденных лесных насаждений на основе использования материалов космической съемки и ГИС-технологий // Лесной вестник. 2014. № 1. С. 58–64.
2. Ehsan H. Chowdhury, Quazi K. Hassan. Development of a new daily-scale forest fire danger forecasting system using remote sensing data // Remote Sensing. 2015. V. 7. P. 2431–2448.

DEVELOPMENT OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF INTEGRATED MONITORING OF FOREST LAND OF THE REPUBLIC OF BELARUS

A.A. PUSHKIN¹, M.A. ILYUCHIK²

¹Belarusian State Technological University

²Forest inventory republican unitary enterprise «Belgosles»

In this work the basic prerequisites of the development and implementation of geographical information systems in forestry of the Republic of Belarus are discussed. Analysis of the current state of GIS in relation to solving of practical issues of forestry and forest inventory is also given. The main technical solutions and the development of geographic information system of integrated monitoring of forest lands of the Republic of Belarus are submitted.

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ В СИСТЕМЕ ЛЕСОУЧЕТНЫХ РАБОТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

С.Е. САБУРОВ¹, А.П. БОГДАНОВ²

¹ Архангельский филиал федеральное государственное бюджетное учреждение «Рослесинфорг»

² Федеральное бюджетное учреждение «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

В статье приводятся примеры связи дистанционного мониторинга использования лесов с другими видами лесоучетных работ, выполняемых в Российской Федерации, его возможности и перспективы дальнейшего развития.

Под дистанционным мониторингом использования лесов подразумевается систематическое слежение за состоянием использования лесов для выявления случаев нарушения лесного законодательства при организации и осуществлении использования