

УДК 630*432:630*587

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЛЕСНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

METHOD OF ASSESSMENT OF FOREST FIRE DANGER ON THE BASIS OF THE USE OF THE REMOTE SENSING MATERIALS AND GIS-TECHNOLOGIES

Пушкин А.А., Сидельник Н.Я., Ковалевский С.В. (Белорусский государственный
технологический университет, г. Минск, Беларусь)

Pushkin A.A., Sidelnik N.Ya., Kovalevskiy S.V. (Belorussian State Technological Uni-
versity, Minsk, Belarus)

В статье рассмотрена методика оценки пожарной опасности лесных территорий на основе использования многозональных материалов космической съемки и геоинформационных технологий. Представлена характеристика разработанной методики в сравнении со стандартной, используемой при лесоустройстве в Республике Беларусь.

The article describes the method of estimation of fire danger of forest areas based on the use multispectral of space data and GIS technologies. The work presents the characteristics of the developed method compared to the standard used in forest inventory in the Republic of Belarus.

Ключевые слова: лесной пожар, лесные горючие материалы, материалы космической съемки, геоинформационные технологии.

Key words: forest fire, forest burning materials, materials of space imagery, geoinformation technology.

Проблема прогноза степени пожарной опасности лесов в Республике Беларусь в настоящее время приобретает особую актуальность в связи с постоянно увеличивающимся антропогенным воздействием на леса с одной стороны, и участившимися засухами – с другой. Распределение территории Гослесфонда по классам природной пожарной опасности выполняется в процессе базового лесоустройства на основании, главным образом, типов леса, возраста лесных насаждений и близости к объектам местной инфраструктуры: дорогам, населенным пунктам, предприятиям. Кроме того, в пожароопасные периоды устанавливается класс пожарной опасности по условиям погоды.

Системы дистанционного зондирования широко применяются в современном лесоустройстве с целью инвентаризации и мониторинга лесных ресурсов [1]. Современное развитие систем космической съемки и технологий обработки получаемых материалов, а также геоинформационных систем и технологий обеспечивает возможность автоматизированного создания тематических карт пожарной опасности лесных территорий на любой момент времени. Использование данных технологий обеспечивает возможность увеличения оперативности оценки лесной пожарной опасности, что позволит более рационально проводить противопожарные мероприятия: корректировать маршруты камер видеонаблюдения, организовывать наземное патрулирование территории. Ос-

нову такой оценки составляют комплексные классы лесной пожарной опасности, определяемые на базе двух 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 [2, 3];

- 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, рассчитываемые по материалам космической съемки и позволяющие определять наличие и качество лесных горючих материалов (таблица 1).

Таблица 1 – Используемые при определении лесной пожарной опасности вегетационные индексы

Наименование вегетационного индекса	Расчетная формула	Назначение
Улучшенный вегетационный индекс (<i>EVI</i>)	$EVI = 2,5 \times \frac{NIR - RED}{NIR + 6 \times RED - 7,5 \times BLUE + 1}$	Оценка общего количества биомассы и ее состояние
Индекс отражения огрубевшим углеродом растительных тканей (<i>PSRI</i>)	$PSRI = \frac{RED - GREEN}{NIR}$	Оценка общего количества сухих и отмерших растений
Температурно-вегетационный индекс (<i>TVDI</i>)	$TVDI = \frac{T_S - T_{Smin}}{T_{Smax} - T_{Smin}}$	Комплексная оценка температуры и влажности поверхности
Нормализованный разностный водный индекс (<i>NDWI</i>)	$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$	Оценка влажности лесных горючих материалов
Индекс сухости (<i>DMCI</i>)	$DMCI = \frac{SWIR_3 - SWIR_2}{SWIR_3 + SWIR_2}$	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 (таблица 1) выдвигает определенные требования к материалам космической съемки – наличие данных

в тепловом диапазоне и коротковолновой инфракрасной области спектра. В проводимых исследованиях использовались снимки космической системы Landsat 8, периодичность получения которых составляет 16 дней. Также можно использовать данные системы Modis, которые имеют худшее пространственное разрешение, однако ежедневную периодичность. Определение классов лесной пожарной опасности выполняется на основе статистической обработки полученных значений спектральных вегетационных индексов в соответствии со шкалой. При этом статистическая обработка подразумевает расчет среднеарифметических значений спектральных индексов для всей территории объекта в целом, после чего производится сравнение спектрального индекса каждого участка (лесного квартала или выдела) с его средним значением. Если значение индекса на участке больше его среднеарифметического значения (для NDWI – меньше), то такому участку присваивается один условный балл пожарной опасности. Участки, набравшие большую сумму баллов характеризуются наивысшей пожарной опасностью [3].

Полученные, таким образом, по материалам космической съемки классы лесной пожарной опасности отражают наличие на исследуемой территории горючих материалов и их качественные характеристики. Однако для возникновения лесного пожара необходимым фактором является наличие открытого источника огня.

Поскольку основным фактором возникновения открытых источников огня на территории лесного фонда является человек, то необходимо проведение пространственного геоинформационного анализа вероятностей возникновения лесных пожаров в зависимости от близости к основным объектам инфраструктуры – прежде всего дорогам и населенным пунктам. Для данного анализа использовались цифровые векторные лесные карты, включающие картографические слои дорог и населенных пунктов, которые были получены при базовом лесоустройстве, а также создавался векторный картографический слой зарегистрированных на исследуемых территориях лесных пожаров. При этом создание слоя зарегистрированных возгораний осуществлялось на основе данных учета лесной охраной по материалам книги лесных пожаров.

Методика проведения данного анализа основана на использовании технологий создания буферных зон в геоинформационной системе QGIS.

Проведенный анализ показывает, что на разных объектах, в различных регионах Республики Беларусь наблюдаются различные зависимости вероятностей возникновения лесных пожаров от близости к объектам инфраструктуры (дорогам и населенным пунктам). Данный факт обуславливается тем, что каждый район имеет разные, исторически сложившиеся места наиболее активных посещений людьми на территории лесного фонда. Полученный результат анализа свидетельствует, что невозможно создать единую пространственную модель прогноза пожарной опасности в зависимости от близости к объектам инфраструктуры, которая одинаково хорошо работала бы в различных регионах. В этой связи, при прогнозе пожарной опасности, целесообразно использовать данные о фактически зарегистрированных на территории

лесных пожаров. Такой подход позволит значительно увеличить точность прогноза.

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 карта лесной пожарной опасности территории (рис. 1).

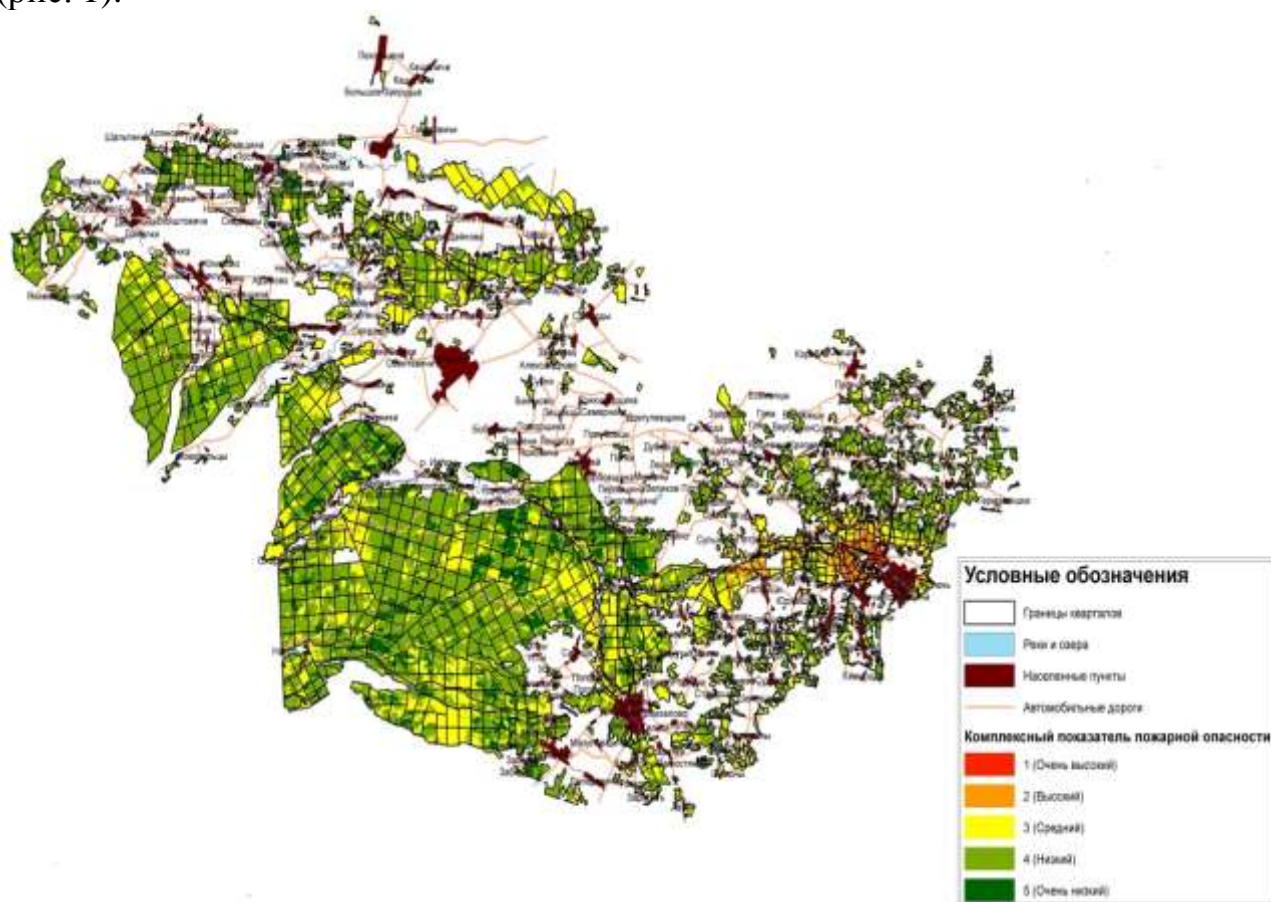


Рисунок 1 – Тематическая карта пожарной опасности территории ГЛХУ «Воложинский лесхоз»

Проведенные опытные работы на территориях ряда лесхозов республики показали, что наблюдается увеличение количества зарегистрированных возгораний в классах высокой пожарной опасности (1–2) при одновременном уменьшении их площади (рис. 2).

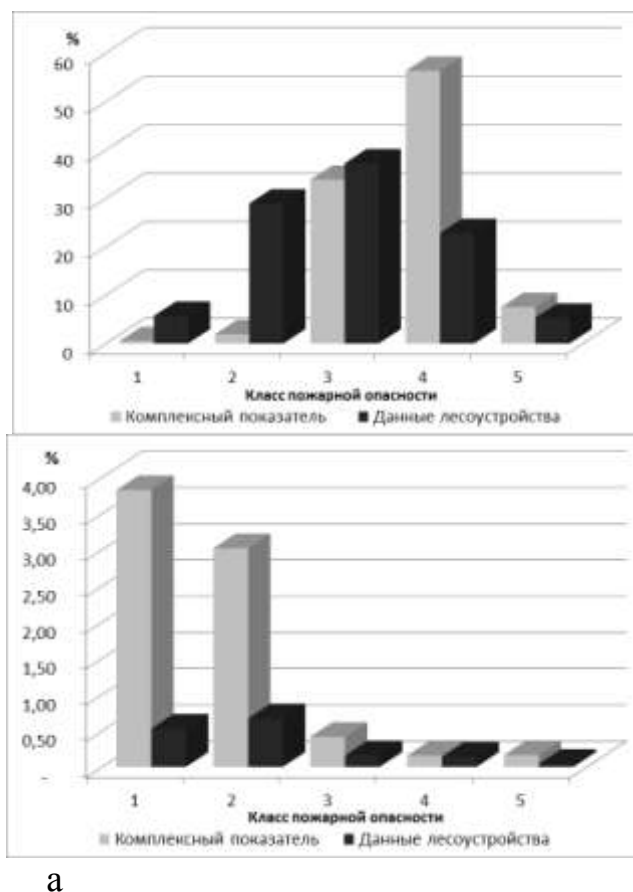


Рисунок 2 – Сравнительная характеристика методики и комплексного показателя пожарной опасности (ГЛХУ «Воложинский лесхоз»): а – по зарегистрированным лесным пожарам; б – по площади классов пожарной опасности

Таким образом, использование разработанной методики и комплексного показателя пожарной опасности позволяет увеличить точность прогноза возникновения лесных пожаров в сравнении с действующей лесоустроительной методикой, также обеспечить получение актуальной информации о сложившейся на лесной территории пожарной опасности в зависимости от условий погоды. При этом степень актуальности подобных карт и потенциально возможная частота их создания зависит от частоты получения данных космической съемки на исследуемую территорию.

Список использованных источников

1. Толкач И.В. Основные направления развития системы лесоустройства и методов инвентаризации лесов Беларуси // Труды БГТУ. 2015 № 1 (174): Лесное хоз-во. С. 50–53.
2. Пушкин А.А., Сидельник Н.Я., Ковалевский С.В. Использование материалов космической съемки для оценки пожарной опасности в лесах // Труды БГТУ. 2015 № 1 (174): Лесное хоз-во. С. 36–40.
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.