

УДК 630.43

## Оценка рисков распространения и экологических последствий лесных низовых пожаров

### Assessment of risks of forest ground fires spreading and environmental consequences

*А.Ю. Андреев;*

*Ю.А. Андреев,  
д-р тех. наук,  
ст. науч. сотр.*

*ФГАОУ ВО «Сибирский  
федеральный университет»*

*A.Y. Andreev;*

*Y.A. Andreev,  
Doctor of Science  
in Engineering Sciences Full,  
Senior Research Officer  
Siberian Federal University*

#### **Аннотация:**

Рассмотрены виды лесных пожаров, методы оценки лесопожарных рисков и определения запаса лесных горючих материалов в различных типах леса в зависимости от среднего возраста деревьев преобладающей породы, способы расчета интенсивности низовых пожаров и эмиссий углерода. На основе изученных данных рассчитаны интенсивность низовых пожаров в разных типах леса разного возраста и эмиссии углерода при различных погодных условиях.

**Ключевые слова:** лесной низовой пожар, лесной горючий материал, запас горючего материала, теплотворная способность, теплота сгорания, интенсивность пожара, эмиссия углерода.

#### **Abstract:**

The types of forest fires, methods of assessment of forest fire risks and determining the stock of forest combustible materials in various forests types depending on the average age of the prevailing trees and methods for calculating the intensity of ground fires and carbon emissions were considered. Based on the data studied, the intensity of ground fires in different types of forests of different ages and carbon emissions under different weather conditions were calculated.

**Key words:** forest ground fire, forest combustible materials, fuel loads, heat of combustion, calorific value, fire intensity, carbon emissions.

#### **Введение**

В настоящее время ежегодно в мире регистрируется около 7 млн. пожаров, которые приносят огромный экономический и экологический ущерб, человеческие жертвы – каждый год при пожарах погибают около 70 тыс. человек. Более 50% всех пожаров происходят в зданиях и на транспорте, остальные – в природных ландшафтах, основную часть которых составляют лесные пожары [1].

Разнообразие лесорастительных и погодных условий приводит к большим различиям по виду, интенсивности и скорости горения лесных горючих материалов, что в свою очередь вызывает различный характер распространения лесных пожаров. Принято выделять низовые пожары (95...97 % от общего количества), верховые (1...5 %) и подземные (торфяные) (примерно 1 %).

В соответствии с Приказом Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 [2] выделяются низовые беглые, низовые устойчивые, почвенные (почвенно-тор-

фяные) и верховые лесные пожары слабой, средней и сильной интенсивности. Признаками вида пожара и его интенсивности являются сгоревший горючий материал, высота нагара на стволах, скорость распространения и высота пламени, сгоревший запас лесного горючего материала (ЛГМ). Иванова Г.А. [3] предлагает в качестве одной из характеристик интенсивности низового пожара применять теплоту сгорания горючего материала, выраженную в кВт/м, и выделяет пожары низкой интенсивности - до 2000 кВт/м, средней - от 2000 до 4000 кВт/м и высокой интенсивности - более 4000 кВт/м.

Знания о закономерностях возникновения, распространения и последствий лесных пожаров позволяют планировать адекватные условиям противопожарные мероприятия, направленные на предупреждение их возникновения, организацию оперативного обнаружения и ликвидации.

### Материалы и методы исследований

В работах [4-6] предложена методика оценки лесопожарных рисков и приведены результаты ее апробации на примере участка нефтепровода, расположенного на лесной территории. Оцениваются риски возникновения и распространения, риски при обнаружении и тушении лесных пожаров. При оценке рисков распространения предложены оригинальные модели ЛГМ и их горения, отличающиеся от общепринятой шкалы оценки лесных участков по степени опасности возникновения в них пожаров, в соответствии с которой выделяется пять классов природной пожарной опасности [7]. Предложенные авторами [4-6] модели лесных горючих материалов и их горения отражают скорость распространения фронта лесного пожара с учетом класса пожарной опасности по условиям погоды. Но при этом на эффективность тушения пожара и его последствия большое влияние оказывает интенсивность пожара, которая для низового пожара может характеризоваться теплотой сгорания горючего материала [3], которая во многом определяется влажностью и запасом ЛГМ. Для определения интенсивности горения горючего материала в мировой практике чаще всего используется формула И.М. Байрама [8]:

$$I = MQv, \tag{1}$$

где I – интенсивность пожара, Дж/с м;

M – запас горючего, кг/м<sup>2</sup>;

Q – теплотворная способность горючего с учетом влагосодержания, Дж/кг;

v – скорость распространения кромки пожара, м/с.

Характер зависимости запаса напочвенных лесных горючих материалов в разных типах леса от возраста преобладающей древесной породы определен в работе [9] и отражен для наглядности на рисунке 1.

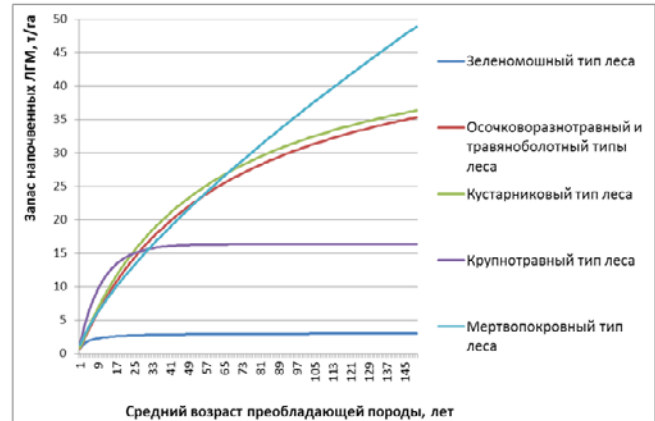


Рис. 1. Запасы напочвенных лесных горючих материалов в разных типах леса в зависимости от возраста преобладающей древесной породы

Величина эмиссии углерода как одного из основных показателей экологических последствий лесного пожара рассчитывается на основе данных по площади, пройденной огнем, количеству горючих материалов в экосистеме и полноте их сгорания [10] (2):

$$C = ABf_c\beta, \tag{2}$$

где C – эмиссия углерода с единицы площади (т/га);

A – площадь, пройденная пожаром (га);

B – биомасса на единице площади (т/га);

f<sub>c</sub> – доля углерода в единице сухого вещества органического материала;

β – полнота сгорания горючих материалов.

### Результаты исследований

При расчетах потенциальной интенсивности низовых пожаров в приведенных выше типах леса разного возраста была использована формула И.М. Байрама (1). Скорость распространения кромки пожара при различных классах пожарной опасности по условиям погоды заимствована из Приказа Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 [2]. При этом были взяты следующие показатели: при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды скорость распространения кромки составляет 1 м/мин, при III классе – 3 м/мин, при IV-V классах – 6 м/мин. Теплотворная способность различных ЛГМ принята в соответствии с источником [11], а относительное количество ЛГМ, сгорающего при пожаре при раз-

личных классах пожарной опасности по условиям погоды, в соответствии с источником [12]. Эмиссию углерода рассчитывали по формуле (2). Содержание углерода при расчете эмиссий принималось равным 41 % от запаса органического вещества [10].

**Получены следующие результаты:**

1. При I-II классах пожарной опасности по условиям погоды пожары во всех типах леса распространяются с низкой интенсивностью (рис. 2). Эмиссии углерода при этом варьируются от 0,7 т/га в зеленомошных типах леса до 10 т/га в мертвопокровных (рис. 3).

2. При III классе пожарной опасности по условиям погоды пожары в мертвопокровных насаждениях 80-летнего возраста, кустарниковых, осочковоразнотравных и травяноболотных типах леса более позднего возраста (старше 130 лет) могут распространяться со средней интенсивностью (рис. 4). Эмиссии углерода при этом варьируются от 0,7 т/га в зеленомошных типах леса до 13 т/га в мертвопокровных (рис. 5).

3. При IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды в мертвопокровных, кустарниковых, осочковоразнотравных и травяноболотных типах леса 70-100-летнего возраста пожары могут распространяться с высокой интенсивностью. В крупнотравных типах при достижении молоднякового возраста и старше пожары протекают со средней интенсивностью (рис. 6). Эмиссии углерода при этом варьируются от 0,7 т/га в зеленомошных типах леса до 15 т/га в мертвопокровных (рис. 7).

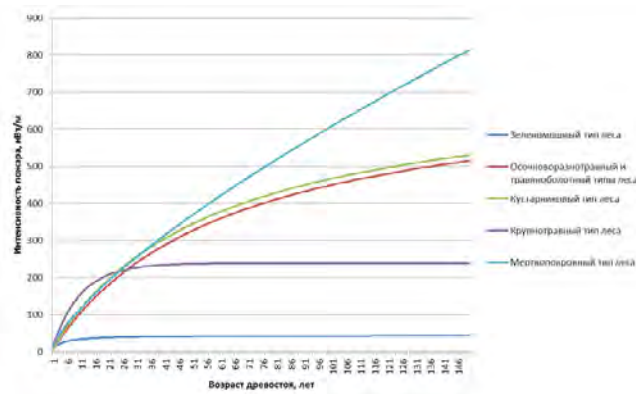


Рис. 2. Интенсивность лесного низового пожара при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды

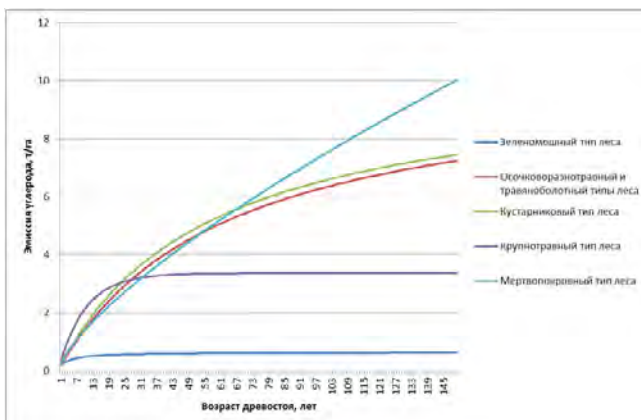


Рис. 3. Эмиссия углерода от лесного низового пожара при I-II классах пожарной опасности по условиям погоды

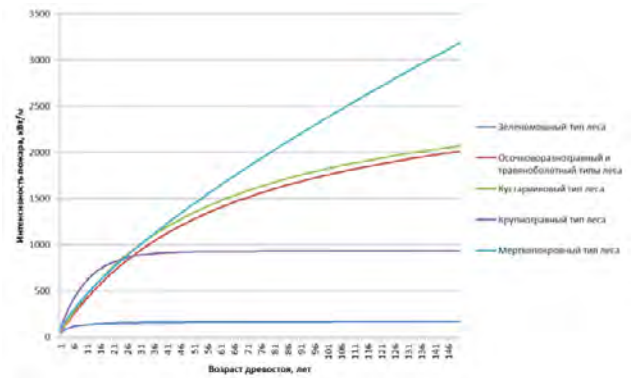


Рис. 4. Интенсивность лесного низового пожара при III классе пожарной опасности по условиям погоды

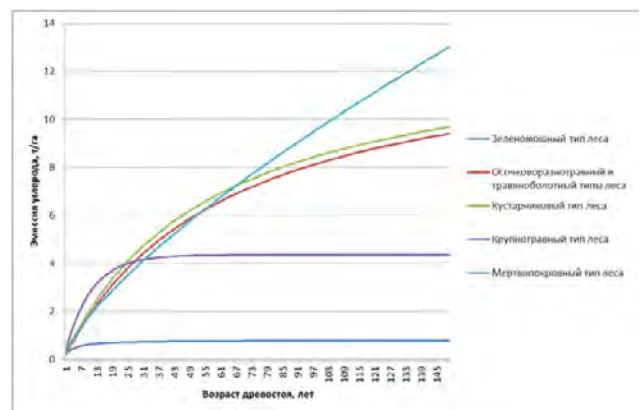


Рис. 5. Эмиссия углерода от лесного низового пожара при III классе пожарной опасности по условиям погоды

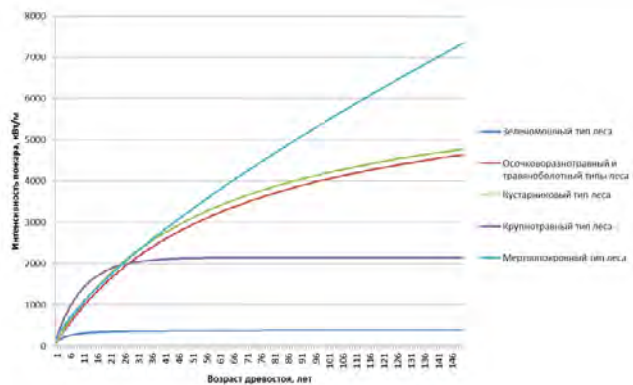


Рис. 6. Интенсивность лесного низового пожара при IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды

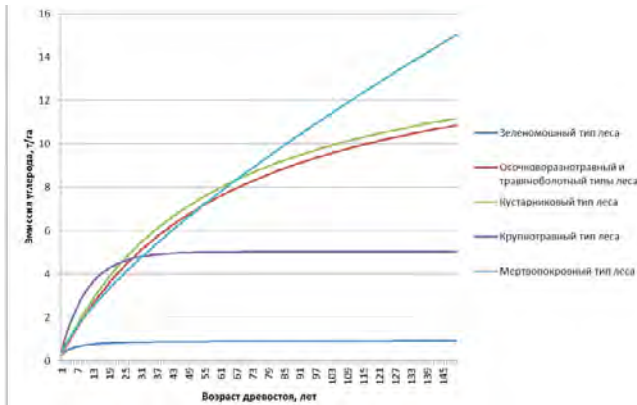


Рис. 7. Эмиссия углерода от лесного низового пожара при IV-V классах пожарной опасности по условиям погоды

### Заключение

Наиболее пожароопасными лесными насаждениями являются мертвопокровные типы вследствие большого постоянно растущего запаса ЛГМ из-за опада хвои и веток. В этих лесах уже в 80-летнем возрасте при III классе пожарной опасности по условиям погоды возможны пожары высокой интенсивности и большая эмиссия углерода.

К наименее пожароопасным насаждениям можно отнести зеленомошные типы леса, т.к. накопленный в раннем возрасте запас горючего материала с возрастом практически не увеличивается, поэтому пожары даже при IV и V классах пожарной опасности по условиям погоды распространяются с низкой интенсивностью с небольшой эмиссией углерода. В крупнотравных типах леса основной запас ЛГМ также накапливается уже в молодом возрасте. Однако, в отличие от зеленомошных лесов, здесь вследствие большего запаса горючих материалов при высокой пожарной опасности по условиям погоды возможны пожары средней интенсивности.

Кустарниковые, осочковоразнотравные и травяноболотные типы леса наиболее пожароопасны при достижении 90-100-летнего возраста и старше, т.к. за это время накапливается запас ЛГМ, достаточный для распространения пожаров с высокой интенсивностью при IV и V классах пожарной опасности по условиям погоды.

### Литература:

1. Брушлинский, Н.Н. Мировая пожарная статистика и ее роль в обеспечении пожарной безопасности на планете // Пожаровзрывобезопасность. - 1997. - № 4. - С. 81-85.
2. Приказ Рослесхоза от 03.04.1998 № 53 «Об утверждении инструкции по определению ущерба, причиняемого лесными пожарами». Основные признаки для определения вида лесного пожара и его интенсивности.

3. Иванова, Г. А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: дис. ... д-ра биол. наук / Г. А. Иванова. – Красноярск, 2005. – 405 с.
4. Андреев, Ю.А. Результаты оценки лесопожарных рисков как основа планирования противопожарных мероприятий / Андреев Ю.А., Андреев А.Ю., Амельчугов С.П., Груманс В.М. // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб. – 2014. - № 4. – С. 59-70.
5. Андреев, А.Ю. Оценка лесопожарного риска и управление им / Андреев Ю.А., Андреев А.Ю., Амельчугов С.П., Груманс В.М. // Пожарная безопасность. ВНИИПО. – 2015. - № 2. – С. 128-134.
6. Андреев, Ю.А. Методика оценки рисков от лесных пожаров для объектов противопожарной защиты и результаты ее апробации на примере участка нефтепровода / Андреев Ю.А., Андреев А.Ю., Воробьев Р.С., Гыска Л.Н. // Научно-аналитический журнал «Сибирский пожарно-спасательный вестник». - 2017. - № 4. - С.29-37.
7. Указания по противопожарной профилактике в лесах и регламентации работы лесопожарных служб. Утверждены приказом Федеральной службы лесного хозяйства России от 29 октября 1993 г. № 289. - 23 с.
8. Иванов, В.А. Лесные горючие материалы и пожароопасность насаждений Сибири. Справочник учебный / Иванов В.А., Иванова Г.А., Москальченко С.А., Коршунов Н.А. - Красноярск: СибГТУ. 2017. – 93 с.
9. Андреев, Ю.А. Оценка запаса лесных горючих материалов при государственной инвентаризации лесов / Андреев Ю.А., Андреев А.Ю., Михайлов П.В., Паутяк В.Г., Коморовский В.С. // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. СПб. – 2015. - № 1. – С. 39-46.
10. Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. - 357 с.
11. Смирнов, А.П. Лесная пирология: Учебное пособие. / Смирнов А.П., Мельников Е.С. - СПб: СПб ГЛТА, 2006. - 60 с.
12. Валендик, Э.Н. Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах / Валендик, Э.Н., Векшин В.Н., Иванова Г.А., Кисляхов Е.К., Перевозникова В.Д., Брюханов А.В., Бычков В.А., Верховец С.В. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской Академии наук, 2001. – 172 с.