

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Биологический институт

Д.П. Касымов

ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

РАССМОТРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО методической комиссией
Биологического института ТГУ
Протокол № 220 от «10» декабря 2020 года

Председатель комиссии: доцент кафедры ботаники, канд. биол. наук
А.Л. Борисенко

Касымов Д.П.

Лесная пирология : учебно-методическое пособие. – Томск :
Издательство Томского государственного университета, 2020. – 100 с.

В учебно-методическом пособии излагается современный курс лесной пирологии. Приводится информация о природе возникновения и распространении лесных, степных и торфяных пожаров, а также результаты их физического и математического моделирования. Даются сведения о методах обнаружения лесных пожаров, а также приемах борьбы с ними.

Пособие необходимо для изучения теоретической и практической частей следующих учебных курсов: «Лесная пирология», «Лесная экология», «Геоэкология», «Общая экология», «Математическое моделирование лесных и урбоэкосистем».

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ СРЕДЫ: ЛЕСА, СТЕПИ, ТОРФЯНИКИ, ПОСЕЛКИ И ГОРОДА	5
1.1. Структура леса и его физические модели	5
1.2. Структура слоя степной растительности и запас степных горючих материалов	9
1.3. Лесные и степные горючие материалы, их лесопожарное созревание и горимость	12
1.5. Химический состав, теплота сгорания и пиролиз лесных и степных горючих материалов	20
1.6. Пирологические особенности техногенных сред	25
Контрольные вопросы	27
2. ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ И МЕХАНИЗМ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ	28
2.1. Виды лесных пожаров. Структура пожара	28
2.2. Причины и условия возникновения лесных пожаров	33
2.3. Результаты анализа глобальных последствий природных пожаров ...	34
Контрольные вопросы	43
3. ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	44
3.1. Наземное обнаружение лесных пожаров	44
3.2. Авиационное обнаружение лесных пожаров	49
3.3. Организация наземной охраны лесов	53
Контрольные вопросы	58
4. ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ	59
4.1. Общие положения	59
4.2. Методы и способы тушения лесных пожаров	62
4.3. Способы тушения огня при лесных пожарах	64
4.4. Тактика тушения лесных пожаров	81
4.5. Организация борьбы с лесными пожарами	86
Контрольные вопросы	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА	95
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА	96
ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ	96
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	96

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лес представляет собой национальное богатство народов нашей Родины. Ценность леса и лесных угодий не сводится только к стоимости деловой древесины и даров тайги – ягод, грибов и лекарственных трав. Лес очищает и оздоравливает атмосферу, обогащая ее кислородом. Поэтому охрана леса от пожаров, будучи частью более общей проблемы — защиты окружающей среды, в то же время имеет важное самостоятельное значение. Важность и актуальность этой проблемы еще более возрастают в последнее время в связи с глобальным потеплением климата и усилением хозяйственной деятельности человека в малообжитых и таёжных местах. Именно вследствие роста антропогенной нагрузки каждый год наблюдаются многочисленные лесные пожары на Дальнем Востоке, в Прибайкалье, Красноярском крае и Западной Сибири.

Лесные пожары – грозное стихийное явление, наносящее большой ущерб народному хозяйству Российской Федерации. Именно поэтому перед лесным хозяйством поставлена задача по усилению охраны лесов от пожаров. Чтобы ее выполнить, необходимо хорошо знать природу лесных пожаров, особенности горения лесных горючих материалов, стратегию, технику и тактику борьбы с огнем.

В настоящем пособии освещаются вопросы структуры леса и его физической модели, определяются понятия лесных и степных горючих материалов, а также их лесопожарное созревание и горимость. Приводятся основные пирологические особенности природных горючих материалов, а также техногенных сред. Кроме того даются основные понятия и некоторые модели возникновения и распространения лесных, степных и торфяных пожаров, а также результаты их физического и математического моделирования. Уделяется внимание и методикам обнаружения лесных пожаров, а также методам и способам их локализации и тушения.

1. ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ СРЕДЫ: ЛЕСА, СТЕПИ, ТОРФЯНИКИ, ПОСЕЛКИ И ГОРОДА

1.1. Структура леса и его физические модели

Согласно современным представлениям, лес является специфической устойчивой системой (фитоценозом) живых и неживых компонентов, связанных между собой обменом веществ и энергии [1–3]. В состав фитоценоза входят разные группы и виды лесных растений (деревья, кустарники, трава, мох, лишайники и др.). К неживым компонентам леса относятся так называемый опад, состоящий из отмерших, но не потерявших свою структуру веточек, хвоинок, листьев, а также сухая трава [3]. Кроме того, сюда относят [3] и подстилку, которая представляет собой верхний горизонт почвы, состоящий из отмерших, частично разложившихся и потерявших структуру элементов растений, а также приземный слой атмосферы [2]. Вследствие круговорота веществ и энергии в природе структура фитоценоза зависит от вида почвы, климата и рельефа местности. Поэтому фитоценоз является частью более сложной системы – биогеоценоза [4], который представляет собой «относительно пространственно ограниченную внутренне однородную природную систему функционально взаимосвязанных живых организмов и окружающей их абиотической среды, характеризующуюся определенным энергетическим состоянием, типом и скоростью обмена веществ и информацией» [4]. В биогеоценоз включаются почва, окружающая атмосфера, микроорганизмы в почве и окружающей среде и животный мир, населяющий лес. Основы биогеоценологии – науки о биогеоценозах – заложены акад. В.Н. Сукачевым [5].

Согласно [2–5], биогеоценоз занимает определенную территорию, однородную по растительному покрову, границы которого определяются границами фитоценоза, т. е. конкретного лесного массива. Структура лесных фитоценозов в теоретическом и прикладном плане исследовалась в работах [5–9]. Информация о всех лесах на территории бывшего СССР приведена в [2, 10]. Согласно [2], у лесоводов все леса принято делить на светлохвойные (сосна, лиственница), темнохвойные (ель, пихта, кедр) и лиственные (береза, осина, ольха, тополь и др.)

В работах [10, 11] для всех регионов страны даны лесистость территории (*процентное отношение площади, покрытой лесом, ко всей территории региона*); площади, занимаемые хвойными и лиственными породами; запас деловой древесины V (*объем стволов всех деревьев, а также хвойных и лиственных пород в отдельности*); состав древостоя (*доля каждой породы деревьев в лесах регионов*); средний возраст деревьев различных пород; бонитет (*показатель, характеризующий качество условий роста леса и его продуктивность*)¹; средние высота h и толщина деревьев d , а также полнота древостоя, характеризующая плотность стояния деревьев. Если плотность стояния деревьев такова, что в просвет между ними невозможно поместить дерево такого же размера, то полнота P – наивысшая, равная 1. Полнота древостоя определяется выражением [8]:

$$P = a / b, \quad a = \sum_{i=1}^n F_i, \quad b = \sum_{i=1}^{n*} F_{i*}, \quad (1.1.1)$$

где a – сумма площадей поперечных сечений всех деревьев конкретного древостоя на 1 га покрытой лесом площади; b – сумма площадей поперечных сечений деревьев эталонного

¹ Всего в лесотаксационных описаниях используется семь классов бонитета (1а, I, II, III, IV, V, Va). Наивысшим классом бонитета является 1а. Чем выше класс бонитета, тем больше высота и продуктивность древостоя.

древостоя с максимальной полнотой; n_* – число деревьев на 1 га леса для эталонного древостоя; F_i и F_{i*} – площади поперечного сечения для конкретного и эталонного древостоев; n и n_* – число деревьев на 1 га для конкретного и эталонного древостоя.

Очевидно, что, зная запас деловой древесины V и площадь F территории, покрытой лесом, легко найдем запас на единице площади:

$$V_1 = V / F. \quad (1.1.2)$$

Согласно [8], объем одного ствола типичного дерева V определяется по формуле

$$V_c = \frac{\pi \bar{d}^2}{4} \bar{h} f_i, \quad f_i = K_i + \frac{3K'_i}{\bar{h}}, \quad i = 1, 2, \quad (1.1.3)$$

где f_i – видовое число²; $K_1 = 0,4$ и $K'_1 = 0,4$ м для первой группы деревьев (сосна, лиственница, береза, осина, ольха); $K_2 = 0,42$ и $K'_2 = 0,42$ м – для второй группы (ель, пихта, кедр, бук, дуб, ясень).

Зная V_c и V_1 легко найдем число типичных деревьев на единицу площади леса:

$$n_1 = \frac{V_1}{V_c} = \frac{4V}{F \pi \bar{d}^2 \bar{h} f_i}. \quad (1.1.4)$$

Используя (1.1.4), получаем следующее выражение для среднего расстояния между деревьями:

$$\bar{r} = 1 / \sqrt{\pi n_1}. \quad (1.1.5)$$

Формулы (1.1.1), (1.1.4), (1.1.5), а также значения \bar{h} и \bar{d} , взятые из лесотаксационных описаний [8–11], определяют простейшую лесотаксационную модель леса, в рамках которой лес представляется в виде совокупности равномерно расположенных деревьев с одинаковыми высотой \bar{h} и диаметром стволов \bar{d} .

В рамках этой модели не учитывается та часть фитомассы древостоя, которую составляют кроны и корневая система деревьев. Эти недостатки в известной степени устранены в работах [6, 7]. В [6] даются степенные формулы зависимости отдельных фракций фитомассы (ствола, скелета крон деревьев – крупных ветвей, листьев или хвои) в функции от суммарной площади поперечного сечения ветвей 1-го порядка для разновозрастных древостоев осины, ольхи, березняков, лиственницы, сосны и ели. В отличие от грубоусредненных лесотаксационных описаний в [6] приведены запасы различных фракций фитомассы на 1 га леса для различных высот (табл. 1.1.1).

² Величина f_i представляет собой отношение объема ствола типичного дерева к объему цилиндра, имеющего высоту \bar{h} , и основание, равное площади поперечного сечения дерева на уровне 1,3 м от поверхности почвы [8].

Таблица 1.1.1

Вертикально-фракционное распределение фитомассы сосновых древостоев [6]

Высота h , м	Фитомасса, кг/га				
	Древесина стволов	Кора стволов	Ветви, побеги	Хвоя	Всего
1	2	3	4	5	6
<i>Сосняк бруснично-зеленомошный 57 лет</i>					
16–17	1221	93	1399	793	3506
15–16	1536	120	1519	745	3820
14–15	2181	188	1317	734	4420
13–14	2838	224	1311	764	5137
12–13	3723	210	1253	401	5587
11–12	4189	271	855	172	5487
10–11	5294	284	293	64	5935
9–10	5749	319	128	28	6224
8–9	6611	351	31	4	6997
7–8	7295	376	3	1	7675
6–7	7940	409	1	—	8350
5–6	8722	442	—	—	9164
4–5	9259	568	—	—	9827
3–4	9844	600	—	—	10444
2–3	10603	895	—	—	11498
1–2	11985	966	—	—	12951
0–1	13979	1780	—	—	15759
Итого...	114756	8298	11643	6780	141477
<i>Сосняк лишайниково-лиственный 41 год</i>					
16–17.3	9	10	22	23	64
15–16	58	31	273	417	779
14–15	257	50	717	738	1762
13–14	571	122	1468	1698	3859
12–13	1077	155	2316	1960	5508
11–12	2002	264	2362	1754	6382
10–11	3023	300	2511	1143	6977
9–10	4045	338	1828	633	6844
8–9	5189	380	938	402	6909
7–8	6201	409	578	150	7338
6–7	7276	489	242	64	8071
5–6	9228	554	170	29	9981
4–5	9692	613	92	6	10403
3–4	9900	713	—	—	10613
2–3	11986	1081	—	—	13067
1–2	12788	1232	—	—	14020
0–1	15760	2640	—	—	18400
Итого	99062	9381	13517	9017	130977

В [7] приведены таблицы биопродуктивности саксауловых, сосновых, березовых и осиновых лесов, которые включают и фитомассу корней.

Таким образом, исследования биологической продуктивности лесов [6, 7] дают более полное представление о фитомассе различных лесных древостоев. В то же время этих данных недостаточно для создания математической модели лесных массивов, пригодной для математического моделирования лесных пожаров, так как согласно [9], при распространении последних необходимо учитывать горение подстилки и опада. Поэтому модель лесного

массива необходимо дополнить данными об органической массе, способной к горению, которая содержится в кронах деревьев, слое опада и подстилке.

С точки зрения механики сплошных сред лес (фитоценоз) представляет собой сплошную многофазную среду с многоярусной структурой, что является следствием сосуществования растений разных видов и возраста и наличием отмерших частей растений.

Из анализа результатов работ [2, 3, 6, 7, 9, 12] следует, что в фитоценозе целесообразно выделить слои, учет которых необходим для математического моделирования лесных пожаров:

- 1) подстилка толщиной 2–5 см;
- 2) мох, лишайники и опад толщиной 6–8 см;
- 3) кустарнички толщиной 10–20 см;
- 4) травянистые растения, толщина слоя которых меняется в пределах 0,1–0,8 м;
- 5) кустарники высотой до 2 м;
- 6) совокупность крон молодых деревьев (подроста) высотой до 6 м;
- 7) полог древостоя – совокупность крон взрослых деревьев, имеющих высоту h_3 до 25 м и высоту нижней границы $h_2=1–7$ м;
- 8) приземный слой атмосферы высотой до 150–200 м;
- 9) планетарный пограничный слой, высота которого 1,5–2 км.

Согласно [12], учет приземного и планетарного пограничных слоев атмосферы необходим, так как при лесных пожарах имеет место сильное взаимодействие атмосферы с нагретыми газообразными продуктами горения лесных горючих материалов. Средние количества горючих материалов в указанных выше слоях (ярусах леса) представлены в [9].

Надо сказать, что девятиярусная модель вертикальной структуры лесного биогеоценоза является наиболее полной. На вырубках, например, вообще нет полога древостоя, а в молодых лесах нет деревьев, высота которых превышала бы 6 м. В сосновых борах отсутствуют ярус кустарников и подрост и не всегда имеют место мхи и лишайники во втором слое.

Запас фитомассы и структура биогеоценоза зависят от почвенно-климатических условий. В табл. 1.1.2 представлены данные [13] по структуре полога древостоев, характерных для различных провинций Канады, названия которых указаны в скобках.

С точки зрения механики лесной биогеоценоз представляет собой некоторый конкретный объем сплошной многофазной среды [12]. В числе фаз: исходное сухое органическое вещество, вода в жидко-капельном состоянии и воздух. При лесных пожарах появляются конечные и промежуточные продукты горения лесных горючих материалов: коксик – конденсированный продукт разложения (пиролиза) лесных горючих материалов, частицы дыма и минеральная часть продуктов горения – зола. В дальнейшем объемные доли сухого органического вещества, воды в жидко-капельном состоянии, коксика, золы, газовой фазы и дисперсной фазы (сажа, зола) будем обозначать $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4, \Phi_5, \Phi_6, \Phi_7$ соответственно. Среда многомасштабная и имеет неоднородную структуру по вертикальному и горизонтальному направлениям. Даже в рамках простейшей лесотаксационной модели леса в качестве характерных длин используются $\bar{h}, \bar{d}, \bar{r}$. К этим величинам следует добавить протяженность лесного массива $l \sim 1000$ м. Поскольку $\bar{r} \sim 2–3$ м, то $\bar{r} \ll l$, и лес действительно можно считать своеобразной пористой средой с диаметром макропор $\sim 2\bar{r}$.

Физические характеристики полога леса для некоторых хвойных древостоев Канады [13]

Название древостоя	Кол-во деревьев на 1 га	Высота деревьев, h_3 , м	Высота основания крон, h_2 , м	Запас (масса) хвой, кг/м ²	Объемная плотность, кг/м ³
Плантация красной сосны (Петавава)	3200	14	7	1,80	0,26
Сосна Джек, полностью сохраненная (Петавава)	1600	20	12	0,80	0,10
То же, наполовину сохраненная	890	18	6	0,50	0,042
То же и сосна красная	1800	18	6	0,22	0,11
Канадская пихта под сосной (Петавава)	27700	4,5	1	0,42	0,12
Черная ель, нагорье (Квебек)	7100	12	8	0,86	0,22
Черная ель, низина (Альберта)	600	4,4	1,5	0,13	0,045

При учете неоднородности вертикальной структуры лесного биогеоценоза в качестве характерных размеров появляются толщины упомянутых выше слоев. Поэтому для упрощения модели леса целесообразно объединять некоторые ярусы леса и считать внутри объединенного слоя структуру среды однородной. В этом случае среда будет кусочно-однородной. Другой подход состоит в том, что объемные доли фаз задаются как непрерывные функции координаты z , отсчитываемой от подстилающей поверхности. В этом случае будем иметь один контрольный объем (один слой) среды с переменными свойствами.

1.2. Структура слоя степной растительности и запас степных горючих материалов

Степная зона является одним из основных биомов суши. Для зоны степей характерен жаркий и засушливый климат в течение большей части года.

В Евразии эту зону принято называть степями, в Северной Америке – прериями, в Южной Америке – пампасами, а в Новой Зеландии – сообществами туссоков. Среди преобладающих жизненных форм растений степи выделяются злаки, стебли которых скручены в дерновины – дерновинные злаки. В Южном полушарии такие дерновины называются туссоками. Туссоки бывают очень высокими, и листья их являются менее жесткими, чем у дерновин степных злаков Северного полушария, так как климат близких к степям растительных сообществ Южного полушария. Это объясняется тем, что климат близких к степям растительных сообществ Южного полушария более мягок.

Для степи также характерны кустарники, которые растут группами или в виде одиночных растений. К ним относятся спиреи, караганы, степные вишни, степной миндаль, иногда некоторые виды можжевельника [14].

Травяные сообщества умеренного пояса Евразии различаются в зональном и в региональном отношении. Так, венгерские пушты представляют собой разнотравные или луговые варианты степей. В лесостепной зоне европейской части России развиты разнотравные или луговые степные сообщества. Южнее, в степной зоне, имеются два типа степей – северные (разнотравные) и южные (ковыльные).

На рис. 1.2.1 и 1.2.2 представлены фотографии слоя типичных степных горючих материалов [14]. Видно, что основная масса растительности находится над почвой, а вблизи почвы имеют место стебли, т.е. основным проводником горения является верхняя часть растений.



Рис. 1.2.1. Фотография слоя степных горючих материалов (СГМ) с расстояния 3 м в окрестностях г. Капчагая (Казахстан) [14]



Рис. 1.2.2. Фотография слоя степных горючих материалов (СГМ) с расстояния 5 м в окрестностях г. Капчагая (Казахстан) [14]

Высота стаканчика – 7,5 см, тогда, используя свойства пропорций, можно определить характерную высоту степной растительности. На рис. 1.2.1, 1.2.2 изображена полынь, высота которой колеблется от 50 см до 75 см. Как следует из данных главы 1, высота слоя ЛГМ существенно меньше. Поэтому слой степных горючих материалов менее плотен, чем напочвенный покров ЛГМ, и более продуваем ветром, что способствует быстрому распространению степного пожара. Наибольшее количество степных пожаров среди стран Содружества независимых государств (СНГ) наблюдается в Казахстане. Поэтому представляет интерес анализ степной растительности этой страны.

Одной из характерных особенностей сухостепной зоны Казахстана является преобладание равнинного рельефа. Сюда входят участки восточной окраины Зауральского

плато, юго-западная окраина Западно-Сибирской низменности, степные равнины северной части Казахского мелкосопочника.

Растительный покров сухостепной зоны представлен разнообразными видами, из которых широко распространены дерновинные злаки (ковыли Лессинговский, сарептский и тырса, типчак, полыни холодная, тонковатая, черная и Лерховская). Богатое южно-степное разнотравье представлено такими растениями, как грудница татарская, пижма тысячелистниковая, ферула джунгарская, подмаренник.

Сообщества из ковылей занимают большие площади, преобладают ковылковые степи. В Центрально-Казахском мелкосопочнике ковылок доминирует и является ценным пастбищным кормом особенно в весенний период.

На равнинах, сложенных почти с поверхности третичными глинами, и пологих склонах курганов произрастают сообщества серо-полынных, злаково-серо-полынных. Из других видов степной растительности следует отметить типчаково-тырсовые степи с таволгой, полынью Маршалловской и сиренией [14].

На засоленных участках широко распространены различные комплексы из типчаковых, тырсовых, черно-полынных, кокпековых, тасбиюргуновых и ряда других сообществ [14].

На светло-каштановых щебнистых почвах значительное распространение получили типчаково-полынные пустынные степи. Покров большей частью пятнист и состоит из злаков с преобладанием типчака, реже ковыля – тырсы, тырсика, житняка пустынного. Из полыней – холодная, Лерховская, лессинговидная, эфедра и местами прутняка. По небольшим ложинам довольно много произрастает карагана, спиреи зверобоелистной, курчавки. На засоленных участках встречаются биюргун, тасбиюргун, камфоросма и другие растения (солянки) [14].

Значительное распространение получили также солончаково-луговые угодья водосборных ложин и опустыненных долин, где можно выборочно косить сено. Чаще всего в этих местах встречаются такие растения, как пырей, ажрек, бескильница, волоснецы, ячмень солончаковый, из кустарников – чингил, гребенщик [14].

На пустынно-луговых солончаковатых и деградированных черноземах и осолоделых почвах произрастают полынно-типчаково-акмамыковые и волоснецовые группировки растений по мелким речкам, озерным впадинам и лиманам, бессточным понижениям. Площадь, занимаемая этими сообществами растений, незначительна. Поверхность почвы чаще всего неровная вследствие глубоких трещин и промоин. Растительный покров невысокий, преобладают такие растения как акмамык (бескильница), полынь солончаковая, а реже кермек Гмелина, кокпек. Из луговой растительности произрастают пырей, вейник, мятлик луговой, а из разнотравья – кровохлебка лекарственная, ирис сибирский, клевер белый, люпиновый. Основу степной растительности в Казахстане составляют пырейники [14].

Степная растительность не является частным случаем лесной растительности, так как строение слоя СГМ другое. Исходя из анализа фотографий 1.2.1, 1.2.2, слой СГМ и ЛГМ на почве можно изобразить схематически следующим образом:

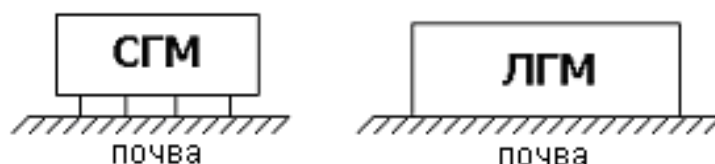


Рис. 1.2.3. Схематическое изображение слоев СГМ и ЛГМ на почве

Из анализа рис. 1.2.3 следует, что между слоем СГМ и почвой имеется просвет, что согласуется с фотографией слоя степных горючих материалов представленной на рис. 1.2.2.

Если высота просвета h_{Π} мала по сравнению с h_c – высотой слоя СГМ, то можно считать, что слои СГМ и ЛГМ подобны друг другу. При осреднении по высоте слоя СГМ, параметров состояния этого слоя, тепловой поток вниз можно считать равным нулю, т.к. воздух – хороший изолятор тепла.

О запасе степных горючих материалов (СГМ). При математическом и экспериментальном моделировании процессов сушки, возгорания и горения слоя степных горючих материалов, а также моделирования природных пожаров важно знать о таком параметре, как запас горючих материалов на рассматриваемой территории. Запас растительных горючих материалов зависит от климатических и географических условий произрастания. Общее количество биомассы в луговых степях лесостепной зоны равняется 20-30 т/га, в степной зоне 15-25 т/га, в сухих степях – 10-20 т/га. В [14] представлены характерные особенности биопродуктивности растительности засушливых зон России.

Анализ имеющихся данных [14] показывает, что общий запас биомассы степей сравнительно мало меняется в различных подзонах, но в тоже время количество надземной массы растительности ощутимо убывает с севера на юг в связи с уменьшением осадков. Масса зеленых ассимилирующих частей травянистых растений в растительных сообществах луговых и остепненных лугов составляет приблизительно 20-35 % от всей биомассы, в умеренно сухих степях – 15-20 %, а в сухих – 10-15 % [14].

Биомасса же зональных пустынных и полупустынных растительных сообществ колеблется в пределах от 6 до 14 т/га, что в 1,5-2,5 раза меньше, чем в степях. 80-90 % биомассы приходится на корни. Кроме того, в разные по метеоусловиям годы наблюдается резкое колебание надземной части биомассы. Например, в полынно-ковыльно-типчаковых степях Алтайского края во влажные годы надземная масса составила 14 ц/га, масса корней 84 ц/га, а в сухие годы соответственно - 4 и 92 ц/га [14].

Представляет интерес количественный анализ массы слоя степных горючих материалов. На остепненных лугах и луговых степях в течение года в слой поступает около 50-55 % надземной части от всей биомассы, в умеренно засушливых и засушливых степях около 40 %, в растительных сообществах на солонцах – 40% и менее [14]. Количество отмершей массы слоя степных растений пропорционально их биомассе. Например, на остепненных лугах и луговых степях удельный вес зеленых частей в слое 50-60 %, в умеренно засушливых снижается до 35-40 %, в сухих степях доля зеленых частей 30 % и менее. В табл. 1.2.1 представлены данные по биомассе степных сообществ России.

Таблица 1.2.1

Биомасса степных сообществ России [14]

Показатель	Степные сообщества							Солонцеватые степные сообщества		
	Русская равнина		Западная Сибирь		Алтайский край			Западная Сибирь	Алтайский край	
	луговые степи	сухие степи	остепненные луга	луговые степи	Умеренно засушливые степи	засушливые степи	сухие степи	луговые степи	умеренно засушливые степи	сухие степи
Биомасса, т/га	23,7	22,0	19,0	23,0	24,6	21,0	9,8	30,6	13,4	3,7

1.3. Лесные и степные горючие материалы, их лесопожарное созревание и горимость

К растительным или природным горючим материалам относятся достаточно сухие степные и лесные растения.

Все компоненты лесного биогеоценоза, рассмотренные в параграфе 1.1, состоят из органической массы, которую можно считать лесным или растительным горючим материалом. Однако наблюдения показывают [3, 9, 15-21], что при верховых и низовых лесных пожарах, протекающих в обычных условиях, не горят стволы живых деревьев³ и крупные ветви диаметром более 7 мм. Это объясняется теплозащитными свойствами достаточно толстого слоя коры и большим (до 60 %) влагосодержанием древесины живого дерева. В то же время в районе падения Тунгусского метеорита отмечены деревья с поврежденными огнем вершинами, а также стоячие и поваленные обгорелые стволы [22-24]. Эти факты объясняются загоранием от мощного лучистого потока, генерированного взрывом Тунгусского метеорита, и последующим лесным пожаром. Таким образом, в экстремальных условиях могут загораться крупные ветви и стволы деревьев. Поэтому в [25] на основании оценки количества частиц дыма, которые образуются при лесных пожарах, инициированных ядерными взрывами, считается, что сгорает 15-20 % древесины.

Наиболее полные данные о лесных горючих материалах для природных лесных пожаров даны в [26]. В этой работе утверждается, что ЛГМ зависит от типа лесного пожара.

При подземных лесных пожарах сгорает торф; при подстилочных – слой гумуса (органическая часть почвы); при низовых – опавшие с деревьев хвоинки и тонкие веточки, слои мхов и лишайников, трав, кустарничков и кустарников, а также валежник, гнилые пни.

При беглых (вершинных) верховых лесных пожарах сгорают хвоя и частично охвоенные веточки.

При устойчивых (повальных) верховых лесных пожарах сгорают хвоя, охвоенные веточки диаметром до 7 мм и сухие сучья. Поскольку повальный верховой пожар сопровождается низовым лесным пожаром, то при его распространении сгорают и те ЛГМ, которые обычно сгорают при низовом лесном пожаре.

Полное сгорание органической массы при лесном пожаре наблюдается только при повторных загораниях на старых гарях, сопровождающихся очень сильным ветром, когда одновременно горят много упавших стволов. При этом прогревается и полностью выгорает гумусовый слой почвы, а пни и крупные корни сгорают на глубину 50 см. При обычных природных пожарах в лесу сгорает не более 20-30 % всей органической массы [17, 26].

Данные о средних значениях количества лесных горючих материалов для хвойных и лиственных лесов представлены в табл. 1.3.1, взятой из [21].

Таблица 1.3.1

Многолетний средний запас лесных горючих материалов (ЛГМ) в абсолютно сухом состоянии по разным типам лесов в т/га [21]

№ уча- ст- ка	Тип насаждения (бонитет, возраст)	I группа						II группа		III группа		Об- щий за- пас
		Опад		Мох		Мелкие сучья		Подстилка		Травы		
		\bar{X}	Y	\bar{X}	Y	\bar{X}	Y	\bar{X}	Y	\bar{X}	Y	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Ельник зеленомош-ный (III, 70)	0,6	25	2,0	15	2,7	19	4,1	20	0,6	17	10,0
2	Пихтарник кустарничко-во- зеленомош-ный	1,4	15	1,5	18	2,0	17	3,6	19	0,5	23	9,0

³ Исключение составляют деревья с дуплами, органическая масса внутри которых горит в режиме тления. Горят также сухие сучья и стволы сухих деревьев, как поваленные на землю, так и оставшиеся на корню в вертикальном положении.

Продолжение таблицы 1.3.1

3	Ельник травяно-болотный (IV, 130)	0,9	11	–	–	0,4	12	3,3	5	0,3	11	5,9
29	Пихтарник разнотравный (IV, 50)	1,9	8	0,8	12	–	–	8,8	2	0,4	5	12,2
33	Кедровник кустарничко-возеленомош-ный (III, 150)	4,0	8	3,5	11	–	–	9,1	4	0,8	16	17,3
34	Кедровник травяно-болотный (V, 150)	1,9	13	2,5	10	–	–	8,8	2	0,6	12	13,8
25	Сосняк разнотравный (I, 230)	3,3	14	–	–	1,9	12	2,8	3	1,9	10	10,0
28	То же (III, 150)	2,8	15	–	–	–	–	4,5	5	0,7	16	8,0
31	Сосняк зеленомошно-кустарничко-вый (III, 230)	3,4	15	–	–	–	–	2,3	13	1,0	9	6,7
17	Осинник лобзаниково-хвощовый (II, 80)	1,4	16	–	–	6,9	15	8,0	8	1,2	16	17,6
20	Осинник разнотравный (II, 80)	1,2	19	–	–	2,2	10	1,2	11	0,8	17	5,4
23	То же (II, 30)	2,6	7	–	–	1,1	22	3,3	18	0,8	13	7,9
39	То же (I, 30)	2,6	8	–	–	–	–	4,1	16	1,7	16	8,4
40	То же (I, 30)	4,9	10	–	–	–	–	2,5	12	1,5	16	8,9
19	Березняк разнотравный (III, 50)	2,6	13	–	–	–	–	6,2	11	1,4	14	3,4

Здесь \bar{X} – средний запас ЛГМ в т/га; Y – коэффициент варьирования (число опытов).

Следует отметить, что горимость ЛГМ* (способность ЛГМ поддерживать горение) зависит от времени года и погоды.

Известно, что сырые лесные и степные горючие материалы (ЛГМ и СГМ) не горят. Поэтому влагосодержания ЛГМ и СГМ являются важнейшими характеристиками при моделировании лесных и степных пожаров. Влагосодержанием элемента ЛГМ (хвоинки, тонкой веточки, элементов отмершей и живой травы и др.) и СГМ называют отношение разности масс этого элемента в естественном и высушенном состояниях к его массе в высушенном состоянии:

$$w = \frac{m - m_0}{m_0}, \quad (1.3.1)$$

Иногда вместо w используют процентное содержание взвешивания влаги в ЛГМ:

$$W = w \cdot 100 \%. \quad (1.3.2)$$

* В [17, 26] вместо термина «горимость» используется термин «лесопожарная зрелость ЛГМ».

Влагосодержание ЛГМ и СГМ определяют путем взвешивания элементов ЛГМ и СГМ в естественном и абсолютно сухом состояниях. Эту величину не следует путать с влажностью ЛГМ, определяемой по формулам:

$$w = \frac{m - m_0}{m_0}, B = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100 \%. \quad (1.3.3)$$

Легко видеть, что влагосодержание по определению может превышать 100%, а влажность – нет.

Если выполняется неравенство

$$w > w^*, \quad (1.3.4)$$

где w^* – критическое значение влагосодержания ЛГМ, то ЛГМ не горят и не распространяется вследствие повышенного влагосодержания.

Влагосодержание ЛГМ зависит не только от погодных условий (сухая дождливая погода), но и от периода вегетации растительности.

Например, влагосодержание молодой хвои, согласно [27], достигает 400 %, а по мере ее роста и старения влагосодержание непрерывно снижается до осени. Для ЛГМ хвойных пород тайги характерно увеличение влагосодержания с повышением их расположения в кроне дерева [27].

Таблица 1.3.2

Сезонные изменения среднего влагосодержания ЛГМ различных пород деревьев [27]

ЛГМ	Дата наблюдения					
	10.06.60	25.07.60	25.09.60	15.06.61	16.07.61	26.08.61
Хвоя сосны	290±23	195±30	130±14	252	233±13	120±4
То же ели	396	141±17	126±4	338	146	142±20
Веточки лиственницы	—	117±11	82±7	128±11	109±9	—
Листья березы	265±5	173±15	190±11	259±4	169±3	128±9
Веточки березы	112±5	128±19	85±3	101±6	95±9	78±4
Листья осины	—	164±7	—	316±14	163±11	132±8
Веточки осины	—	111±4	—	101±7	93±9	67±3

Примечание. Цифрами со знаком ± даны абсолютные погрешности

Анализ представленных в табл. 1.3.2 данных позволяет сделать вывод, что влагосодержание хвои сосны, ели, пихты и кедра выше влагосодержания листьев березы и осины, березы и хвои лиственницы, но осенью листья березы и осины содержат больше влаги, чем хвоя упомянутых выше хвойных пород. Следует также отметить, что наблюдаемое общее снижение влагосодержания ЛГМ к сентябрю свидетельствует о существовании общебиологических предпосылок для августовских и сентябрьских лесных пожаров.

Процесс уменьшения влагосодержания в лесных горючих материалах, вызванный биологическими причинами, называют лесопожарным созреванием лесов [27].

Таким образом, на лесопожарное созревание лесов влияют не только метеорологические, но и общебиологические причины. Период времени года, в течение которого может иметь место лесопожарное созревание лесов, называется лесопожарным периодом. В России этот период включает весну (апрель, май), лето (июнь и в особенности июль, август) и осень (сентябрь).

Структура и максимальная модель леса. Как уже отмечалось в параграфе 1.1, лес представляет собой многоярусную среду. В каждом ярусе сосредоточены определенные сообщества растений. На основе анализа описания лесопирологических свойств различных групп растений в работе [9] можно выделить следующие типы ЛГМ:

- 1) опад, сухие травы, лишайники, мхи;
- 2) подстилка и торф;
- 3) валежник и пни;
- 4) живые кустарнички и травы;
- 5) подлесок и подрост;
- 6) хвоя, листья, сухие ветки и сучья в пологе леса.

С учетом роли ЛГМ в возникновении и распространении лесных пожаров в [9] предложено все типы ЛГМ разбить на шесть классов:

- 1) проводники горения для низовых пожаров;
- 2) поддерживающие горение при низовых (почвенных) пожарах;
- 3) задерживающие горение для низовых пожаров;
- 4) проводники горения для верховых пожаров;
- 5) растения, инициирующие переход низового пожара в верховой;
- 6) задерживающие горение для верховых пожаров.

К первому классу относятся первые три группы ЛГМ. К первой группе принадлежат опад, отмершая сухая трава, лишайники и мхи, обладающие рыхлой структурой. Они быстро высыхают, и горение их сопровождается пламенем, высота которого зависит от запаса ЛГМ.

Ко второму классу относится четвертая и первая группы ЛГМ в условиях повышенного влагосодержания, возникающего после дождя.

К третьему классу относятся ЛГМ, которые в естественных условиях не горят из-за высокой влажности, химического состава или особенностей структуры. В частности, это кустарнички (многолетний лютик) и травы (бадан), кустарники (сахалинская гречиха, серая ольха, многие виды спиреи), а также некоторые типы лиственных пород (липа, осина). Количественный анализ пирологических свойств ЛГМ, характерных для центральной части Красноярского края [27, 28], позволил выявить лесные породы и растения, наиболее пригодные для создания противоположных заслонов.

К четвертому классу относятся хвоинки и тонкие веточки в кронах деревьев.

К пятому классу относится пятая группа растений, благодаря которым происходит переход низового лесного пожара в верховой.

К шестому типу относятся стволы покрытые толстым слоем коры, которые играют роль теплозащитного покрытия.

Эти результаты подтверждают классификацию ЛГМ, предложенную в [27, 28].

Надо сказать, что в зависимости от времени года ЛГМ могут попадать в другой лесопирологический класс. Например, прошлогодняя трава следующей весной высушивается и становится проводником горения.

В целом все классы ЛГМ в лесных биогеоценозах составляют сложную слоисто-пористую трехмерную структуру, свойства которой могут меняться во времени и в пространстве вследствие изменения погоды (сухая или дождливая погода, температура окружающей среды, ветер) и времени года (весна, лето, осень).

Для оценки суммарной плотности теплового потока со стороны фронта лесного⁴ пожара к поверхности твердого тела полезно ввести понятие максимальной модели леса.

⁴ Эти оценки необходимы при проектировании тепловой защиты машин и механизмов, используемых при борьбе с лесными пожарами, нефтепромыслов и других предприятий, расположенных в лесах.

Под максимальной моделью леса будем понимать гипотетический лесной массив, в котором запас лесных горючих материалов для каждого из ярусов леса максимален, а их влагосодержание минимально. Очевидно, что при горении такого лесного массива температура горения и интенсивность пожара (количество тепловой энергии, выделившейся на единицу длины кромки пожара) будут максимальны, чем и объясняется название – максимальная модель леса. Как правило, при лесных пожарах сгорают тонкие (до 7 мм в диаметре) веточки, хвоинки (для хвойных лесов) и листья (для лиственных лесов) [9]. На основании данных о запасе лесных горючих материалов для различных ярусов леса [9] и теплотворной способности [3], а также вышеизложенного в качестве максимальной модели хвойного леса предлагается следующая совокупность ярусов гипотетического леса [15]:

1. Ярус мхов, лишайников с включениями из опавших хвоинок и тонких веточек (нулевой слой). Высота его составляет 15 см, плотность $\rho_c = 20 \text{ кг/м}^3$, запас ЛГМ $m_3 = 3,0 \text{ кг/м}^2$, теплотворная способность $q = 19\,446 \text{ кДж/кг}$, влагосодержание $W = 8 \%$.

2. Первый ярус леса – травы и кустарники. Высота слоя $h_1 = 2 \text{ м}$, а его толщина $\Delta_1 = h_1 - h_0$. Плотность ЛГМ в этом слое $\rho_c = 0,8 \text{ кг/м}^3$, запас ЛГМ в первом ярусе $m_3 = 1,6 \text{ кг/м}^2$, теплотворная способность $q = 17\,808 \text{ кДж/кг}$, влагосодержание $W = 80 \%$.

3. Второй ярус леса – подрост – представляет собой совокупность деревьев высотой до 6 м. Высота слоя $h_2 = 6 \text{ м}$, толщина $\Delta_2 = 5 \text{ м}$, т.е. нижняя граница полога подроста (полог подроста – совокупность крон молодых деревьев) находится в первом ярусе леса (первый и второй ярусы леса частично перекрываются). Плотность слоя $\rho_c = 0,4 \text{ кг/м}^3$, запас ЛГМ $m_3 = 2 \text{ кг/м}^2$, теплотворная способность $q = 21\,949 \text{ кДж/кг}$, влагосодержание $W = 80 \%$.

4. Третий ярус леса – совокупность крон деревьев. Высота верхней границы полога леса $\bar{h}_3 = 22 \text{ м}$, высота нижней – $\underline{h}_3 = 5 \text{ м}$, толщина слоя $\Delta_3 = 17 \text{ м}$, т.е. второй и третий ярусы леса частично перекрываются. Плотность слоя ЛГМ в пологе леса $\rho_c = 0,3 \text{ кг/м}^3$, запас ЛГМ $m_3 = 5,1 \text{ кг/м}^2$, теплотворная способность $q = 21\,949 \text{ кДж/кг}$, влагосодержание $W = 90 \%$.

Используя лесотаксационные описания лесных массивов, информацию о вертикально-фракционной структуре леса, данные о запасе лесных горючих материалов, можно построить максимальные модели леса для каждого региона страны и для России в целом.

В последнее время в монографиях [29, 30] дан обзор публикаций по растительным горючим материалам (РГМ) России, Канады и США. В частности, в [29, 30] все РГМ делятся на две категории – гигроскопические и негигроскопические. *Гигроскопическими являются мертвые растительные горючие материалы: опад хвои и листьев, сухие травы, валежник, сухостой, подстилка, а также мхи и лишайники.*

К негигроскопическим материалам относятся живые растения (травы, кустарнички, кустарники и живые деревья). Эти растения могут поддерживать в своих тканях определенное влагосодержание, путем всасывания корнями этих растений влаги.

В табл. 1.3.3 даны характеристики некоторых гигроскопических РГМ из напочвенного покрова [15].

Таблица 1.3.3

Характеристика гигроскопичных РГМ из напочвенного покрова

Вид РГМ	Низшая удельная теплота сгорания, МДж/кг	Зольность, %	Плотность частиц, кг/м ³	Пористость частиц, %	Максимальное влагосодержание, %	Равновесное влагосодержание при 20° С и при относительной влажности воздуха, %	
						20	90
Древесина веточек (D<6мм) из опада	19–20	0,3–0,4	380–420	380–420	73–75	9	23
Опад из хвой древесных пород (кроме лиственницы) и из ливствы кустарничков	19–21	3–5	320–350	76–79	150–300	11	26
Опад из ливствы древесных пород и хвой лиственницы; отмершие травы	18–19	3–5 (до 8)	190–280	82–87	200–400	9–10	31
Кустистые лишайники	18–20	2–5	180	88	200–400	12	40
Зеленые мхи	18–20	2–5	90	95	500–1000	16	40
Сфагнумы	18–20	2–5	50–60	96–97	1000–3000	–	–

Анализ данных этой таблицы показывает, что максимальным влагосодержанием обладают кустистые лишайники, зеленые мхи, сфагнумы. Эти же РГМ обладают максимальным равновесным влагосодержанием.

1.4. Влагосодержание и сушка природных горючих материалов

При лесных пожарах огромное значение имеет высушивание лесных горючих материалов в процессе горения. В настоящее время считают, что вода может быть связана с материалом химически, физико-химически и физико-механически [31].

Химически связанная вода обладает наибольшей энергией связи и при сушке не удаляется. К физико-химически связанной воде относят адсорбционно и осмотически связанную воду. Адсорбция воды материалом сопровождается выделением теплоты и сжатием, рассматриваемой термодинамической системы. Любопытно, что плотность воды в этом случае возрастает до 2,5 г/см³ (для свободной воды $\rho = 1$ г/см³) [31].

Свободной называют воду, для которой давление насыщенного пара равно давлению насыщенного пара над плоской поверхностью воды. При одной и той же температуре парциальное давление связанной воды меньше, чем парциальное давление свободной воды. Для математического описания испарения свободной воды используют закон Герца-Клаузевица-Кнудсена [12, 15, 30]:

$$(\rho v)_w = \frac{AM_B(p_* - p_B)}{\sqrt{2\pi MRT}}, \quad p_* = p_0 \exp\left(-\frac{L}{RT}\right), \quad p_B = px_B. \quad (1.4.1)$$

Здесь $(\rho v)_w$ – массовая скорость испарения с единицы площади поверхности; p_* – давление насыщенных паров воды; p_B – парциальное давление паров воды во внешней среде; R – универсальная газовая постоянная; L – теплота испарения воды, равная 40,5 кДж/моль; M_B – молекулярная масса воды; T – абсолютная температура; A, p_0 – постоянные множители, определяемые экспериментально; p – давление в смеси газов; x_B – молярная концентрация паров воды во внешней среде.

Испарение связанной воды – сложный многостадийный процесс, включающий помимо десорбции и адсорбции воды движение воды и пара по порам высушиваемого тела и течение пара в пограничном слое среды в окрестности тела. Теория сушки лесных горючих материалов разработана в [12, 14] и здесь в целях краткости подробно не обсуждается.

Используя формально-кинетический подход, можно моделировать скорость испарения воды из i -го элемента ЛГМ формулой [12, 14, 15, 30, 31]:

$$\frac{dm_i}{dt} = -\frac{A_i m_i s_i M}{\sqrt{2\pi MRT}} \left[P_0 \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right) - p_B \right]. \quad (1.4.2)$$

Здесь m_i – масса воды в i -м элементе полога леса; s_i – поверхность испарения i -го элемента; E_2 – эффективная теплота испарения воды из i -го элемента.

Несмотря на кажущуюся идентичность уравнений (1.4.1) и (1.4.2), на самом деле они существенно различаются из-за наличия в правой части (1.4.2) величины m_i . Последнее обстоятельство связано с необходимостью учета того факта, что при абсолютно сухих ЛГМ, то есть при $m_i = 0$, скорость испарения воды из i -го элемента ЛГМ равна нулю.

Надо сказать, что в условиях повышенных температур, соответствующих фронту лесного пожара, величина парциального давления воды p_B мала по сравнению с давлением насыщенных паров $p_* = p_0 \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right)$, поэтому выражение для скорости испарения воды из i -го элемента ЛГМ принимает более простой вид [12, 14, 32]:

$$\frac{dm_i}{dt} = -\frac{B_i m_i s_i M}{\sqrt{2\pi MRT}} \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right), \quad (1.4.3)$$

где $B_i = A_i p_0$ – эмпирический предэкспоненциальный множитель.

Выражение для скорости сушки совокупности хвоинок и тонких веточек, согласно [12, 14, 19, 20], имеет вид

$$\rho_2 \frac{d\varphi_2}{dt} = -\frac{k_2 \rho_2 \varphi_2}{\sqrt{T}} \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right), \quad (1.4.4)$$

где $k_2 = B_0 s_0 \sqrt{M_B} / \sqrt{2\pi R}$ – постоянная величина.

Для определения эффективных термокинетических постоянных k_2 и E_2 в [12, 15 30, 32] предложена специальная методика решения обратных задач кинетики сушки с использованием экспериментальных данных по убыли массы элементов ЛГМ при их сушке (табл. 1.4.1).

Таблица 1.4.1

Термокинетические постоянные для процесса сушки

ЛГМ	$E_2 / R, K^{-1}$	$k_2 \cdot K^{1/2} / 2$
Хвоя сосны	5956	$6,03 \cdot 10^5$
Ветки сосны	4783	$8 \cdot 10^3$
Хвоя кедра	5302	$1,85 \cdot 10^5$
Ветки кедра	4923	$1,05 \cdot 10^4$
Ветки ели	4177	$6,85 \cdot 10^3$

Видно, что E_2 выше, чем теплота испарения свободной воды L , что согласуется с априорными физическими соображениями. Поэтому при прочих равных условиях скорость испарения связанной воды меньше, чем свободной.

Скорость сушки ЛГМ сильно влияет на возникновение и распространение лесных пожаров. Обращает на себя внимание и тот факт, что E_2 и предэкспоненты k_2 для веточек и одних и тех же пород относительно слабо отличаются друг от друга. Невелико и различие этих величин для различных пород.

1.5. Химический состав, теплота сгорания и пиролиз лесных и степных горючих материалов

Представляет интерес химический состав сухих горючих материалов. Согласно [15, 24], химический состав большинства лесных горючих материалов изучен недостаточно, однако известно, что основными их компонентами являются зола, углеводы и лигнин. В состав углеводов входят целлюлоза и гемицеллюлоза.

Целлюлоза представляет собой полисахарид состава $(C_6H_{10}O_5)$ с молекулярной массой 80000-150000. Это сравнительно устойчивое соединение, которое при обычных условиях не растворяется в воде и не разлагается на воздухе.

Гемицеллюлозы имеют аналогичное химическое строение, по наряду с шестиуглеродными звеньями $(C_6H_{10}O_5)$ их полимерные цепи содержат пятиуглеродные звенья $(C_5H_8O_4)$. Это неустойчивые химические вещества, которые в отличие от целлюлозы легко гидролизуются в воде при нормальных условиях, а при нагревании разлагаются с образованием CO_2 , H_2O и CH_4 , причем, согласно [3], в интервале температур $493^\circ C \leq T \leq 578^\circ C$ происходит полное их разложение.

Лигнин – устойчивое высокомолекулярное соединение, заполняющее межклеточное пространство в высших растениях. Строение его молекул до конца еще не расшифровано. Лигнин относительно легко поддается окислению.

Количественный анализ состава типичных компонентов опада (табл. 1.5.1) показывает, что максимальное содержание золы наблюдается в листьях осины, а целлюлозы и гемицеллюлозы – в шишках сосны.

Таблица 1.5.1

Результаты группового анализа опада (% от массы в абсолютно сухом виде) [19]

Вещество	Исследуемые материалы						
	1	2	3	4	5	6	7
Зола	3,30	4,26	0,98	4,09	3,1	7,90	4,49
Целлюлоза	37,08	44,71	59,66	40,79	51,47	38,36	43,57
Гемицеллюлоза	21,40	13,55	16,99	8,96	12,56	9,52	16,02
Лигнин	38,2	36,92	37,25	31,14	34,72	32,92	37,37

Примечание. Цифрами обозначены составляющие опада в смешанном лесу; 1–3 – хвоя, ветки и шишки сосны соответственно; 4,5 – хвоя и ветки пихты; 6, 7 – листья и ветки осины.

Результаты группового анализа живых лесных горючих материалов (табл. 1.5.2) показывают, что, поскольку максимальное количество золы, которая состоит в основном из CO₂, образуется при горении хвои, последний можно считать менее пожароопасным, чем другие материалы.

Таблица 1.5.2

Результаты группового анализа живых ЛГМ (% от массы в абсолютно сухом виде) [15]

Вещество	Исследуемые материалы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Зола	2,8	9,2	29	4,9	1,3	1,1	1,8	–	–	
Целлюлоза	0	50,3	54,5	34	38	58	26,9	17,0	20,0	16,6
Лигнин	30	19,8	18,75	35	32,7	28	26,3	24,2	30,2	27,9

Примечание. Цифрами обозначены: 1 – багульник (листья); 2 – мох-вешенник; 3 – хвощ; 4 – папоротник; 5, 6 – сосновые ветки и шишки; 7–10 – хвоя сосны, ели, кедра и пихты соответственно.

Интересно [15], что в живой хвое сосны содержится 26,9 % целлюлозы, 26,3 % лигнина, 26,9 % гемицеллюлозы и 1,8 % золы. Влагосодержание живой хвои составляет 120 %, а хвоинок в опаде – только 4 %. Таким образом, происходящие в одногодичном опаде физико-химические процессы приводят к существенному изменению лесопирологических свойств лесных горючих материалов. Можно считать, что в результате уменьшения влажности и увеличения содержания малостабильной гемицеллюлозы опад из хвоинок сосны более пожароопасен, чем живая хвоя. Надо сказать, что вопрос о химических и реакционных свойствах горючих материалов рассматривается во многих публикациях [19, 21–30], но проведенные исследования не являются исчерпывающими.

Теплоты сгорания лесных горючих материалов. Как известно [12, 14], распространение лесных пожаров обусловлено тепловыделением во фронте пожара вследствие горения лесных горючих материалов, которые можно рассматривать как своеобразное топливо с соответствующей теплотой сгорания.

Теплоту сгорания называют высшей, если она включает в себя теплоту конденсации водяного пара, которая входит в состав продуктов сгорания. Если вода остается в продуктах сгорания парообразной, то говорят о низшей теплоте сгорания топлива. При лесных пожарах, очевидно, реализуется низшая теплота сгорания топлива, так как водяной пар уносится из зоны горения вместе с другими газообразными продуктами горения в результате диффузии, свободной и вынужденной конвекции.

Высшая и низшая теплоты сгорания связаны между собой формуле [33]:

$$Q_n = Q_B - 25(W - 9H), \quad (1.5.1)$$

где Q_n, Q_B – низшая и высшая теплоты сгорания, кДж/кг топлива; W, H – влагосодержание и содержание элементарного водорода в процентах к массе топлива.

Широкое распространение получила формула Д.И. Менделеева для расчета низшей теплоты сгорания [33, 34]:

$$Q_n = 4,19[18 C - 246H - 26 (O-S) - 6W] \text{ кДж/кг}, \quad (1.5.2)$$

где С, Н, О, S и W – содержание углерода, водорода, кислорода, серы и воды в процентах к массе топлива.

Формула (1.5.2) получена Д.И. Менделеевым путем обработки опытных данных для широкого круга топлив. С ее помощью можно анализировать влияние элементного состава и влагосодержания на теплоту сгорания лесных горючих материалов.

Более простая по сравнению с (1.5.2) формула для высшей теплоты сгорания древесных материалов предложена Г.Ф. Кнорре [33, 34]:

$$Q_B = 388 - 116 OH - 145 O. \quad (1.5.3)$$

Из анализа этой формулы следует, что чем выше содержание водорода, тем выше теплота сгорания топлива.

Связь между элементным составом и теплотворными способностями лесных горючих материалов представлена в табл. 1.5.3.

Таблица 1.5.3

Элементный состав, зольность и теплота сгорания лесных горючих материалов [3, 15]

ЛГМ	Содержание элементов, %			Зольность, %	Q_B , кДж/кг	Q_n , кДж/кг
	С	Н	Н+О			
1	2	3	4	5	6	7
1	49,90	5,51	1,64+39,37	3,34—8,57	18693	1748
2	47,74	6,22	1,46+40,38	5,4	19404	18066
3	—	—	—	9,5	17982	—
4	49,36	6,28	1,60+42,59	0,75	20491	19111
5	—	—	—	8	21119	—
6	53,1	5,9	35,5	3,5	21746	20575
7	—	—	—	9,0	19906	—
8	—	—	—	5,14—9,58	17982	—
9	—	—	—	4,12	20282	—
10	—	—	—	3,52	24464	—
11	—	—	—	2,58	21746	—
12	49,6	5,6	47,3	6	19655	18484
13	45,4	6,0	46,1	2,6	17982	16811
14	—	—	—	14,3	17438	—
15	—	—	—	22,8	15682	—
16	49,6	5,2	34,8	10,4	20784	19655
17	48	5,1	37,1	9,8	19989	18860
18	55	6,0	39	—	20910	19613
19	60	5,5	34,5	—	23837	22624
20	52,4	6,1	38,2	3,3	22415	20575
21	54,7	6,8	35,8	2,7	24255	22248
22	52,7	6,1	37,6	3,2	21537	20199
23	57,3	6,8	33,3	2,6	23837	18693
24	46,6	5,7	44,1	3,6	20048	18819

Примечание. Цифрами обозначены: 1 – осока; 2 – трос 3 – вейник; 4 – береза; 5 – липа амурская; 6 – хвоя сосны обыкновенной; 7 – хвоя лиственницы; 8 – хвоя лиственницы; 9 – хвоя сибирской; 10 – хвоя пихты сибирской; 11 – хвоя кедра сибирского; мох Шребера; 13 – лишайник Cladonia; 14 – подстилка листве даурской; 15 – вейниковая дернина; 16 – подстилка сосняка лишайниково-мшистого; 17 – подстилка сосняка-зеленомошника; 18, 19 – малой и высокой степени разложения; 20 – вереск; 21 – багульник; 22 – брусника; 23 – вероника; 24 – мох сфагнум.

Огромную роль при распространении лесных пожаров играет пиролиз (термолиз) – разложение лесных горючих материалов в результате их нагревания [12, 14]. В результате пиролиза образуются газообразные и конденсированные продукты. К первым относятся H_2 (водород), CO (оксид углерода), CO_2 (диоксид углерода), CH_4 (метан), C_2H_6 (этан) и непредельные углеводороды. К конденсированным продуктам пиролиза относятся твердый пористый коксовый остаток (древесный уголь), который состоит из почти чистого углерода, и жидкие продукты пиролиза, в которые входят вода, смола, спиртовые продукты и другие органические соединения.

Состав продуктов пиролиза древесины и ЛГМ дан в табл. 1.5.4. Представленные в этой таблице данные получены при разложении указанных выше материалов в атмосфере азота. Согласно [14], составы продуктов пиролиза древесины и ЛГМ близки друг к другу. В связи с этим в табл. 1.5.5 представлены количественные данные о составе газообразных продуктов пиролиза и теплоте их сгорания для различных значений температуры. Видно, что среди горючих газов больше всего выделяется CO.

Согласно [14, 34], при пожарах за счет горения летучих продуктов пиролиза выделяется 90 % тепла, а при беспламенном догорании угольного остатка – 6 %. Горение газообразных продуктов пиролиза происходит в диффузионном режиме и, следовательно, лимитируется поступлением продуктов пиролиза и окислителя в зону горения. Следует подчеркнуть, что горение летучих превалирует на первом этапе процесса, а горение конденсированного продукта пиролиза – на втором, завершающем. Поэтому для корректного математического описания лесных пожаров надо знать как скорость образования летучих, так и скорость образования конденсированных продуктов пиролиза (коксика).

Таблица 1.5.4

**Состав продуктов пиролиза древесины [34] и ЛГМ
(% от массы абсолютно сухого вещества)**

ЛГМ	Коксик	Жижка	Горючие газы	Диоксид углерода
Береза	33,66	48,31	17,06	11,19
Сосна	36,40	45,58	16,33	11,17
Ель	37,43	45,4	16,79	10,95
Хвоя сосны	24,2	47,4	28,4	20
Хвоя кедра	35,2	38,1	26,7	19,3
Шишка	29,7	42,7	27,6	21,5
Ирис	29,2	45,1	25,7	21,7
Лишайник	28,7	46,5	24,8	24,4
Багульник	30,0	49,3	20,7	19,5
Вейник	31,1	39,5	29,4	26,7
Мох Шребера	37,8	30,8	31,4	27,5
Опад в хвойном лесу	37,3	38,2	24,5	20,5
Осока	28,6	45,8	25,6	21,1

Кроме того, по величине скорости пиролиза (термолиза) ЛГМ можно косвенно судить о величине скорости горения горючих летучих продуктов пиролиза и высоте факела пламени. Чем выше скорость пиролиза, тем больше при прочих равных условиях скорость горения летучих и высота факела пламени при пожарах. В связи с этим в Томском госуниверситете были проведены специальные лабораторные эксперименты по определению скорости пиролиза элементов ЛГМ и разработана методика определения скорости разложения слоя ЛГМ [14].

Состав газообразных продуктов пиролиза сосновой древесины в зависимости от температуры разложения [14]

T, К	Объем газа (в расчете на 100 кг абсолютно сухих дров), м ³	Содержание газа, % от общего объема					Теплота сгорания, кДж/м ³
		H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	
573	5,6	–	40,7	56,07	3,76	–	6586
673	9,5	1,47	34	49,36	14,31	1,47	10915
773	12,8	2,34	29,37	43,2	21,72	2,34	14198
873	14,3	2,68	27,2	40,98	23,42	2,68	15181
973	16,0	2,81	38,58	24,94	24,94	2,81	15975

О радиоактивных лесах. Следует отметить, что значительная часть территории Казахстана, России, Украины и Белоруссии покрыта радиоактивными лесами [35, 36]. Это произошло в 1949–1993 годах в результате следующих причин:

1) испытаний в атмосфере, начиная с 1949, действия ядерного оружия в Казахстане на семипалатинском ядерном полигоне;

2) технологических сбросов радиоактивных отходов и различных аварий на производственном объединении «Маяк» Челябинской области в 1949–1956 годах, а также в 1957 и 1967 годах;

3) катастрофы на Чернобыльской атомной электростанции 26.04.1986 г.;

4) аварии, произошедшей на Сибирском химическом комбинате (Томск-7) 6.04.1993 г.

В результате исследований [35], проведенных ВНИИХ лесхозом в 1991 г., последствий лесных пожаров в различных районах Брянской области с разным (5, 10, 15...40 Ки/км²) уровнем загрязнения лесов и почвы показали, что при лесных пожарах продукты сгорания лесных горючих материалов (ЛГМ) – зола, недожог⁵, пепел являются радиоактивными. Согласно [35] в продуктах сгорания ЛГМ (золе и недожоге) происходит концентрация радионуклидов, причем и вся зона лесного пожара становится открытым источником ионизирующего излучения. В частности, зола и недожог лесной подстилки на участке с радиоактивностью 4 Ки/км² имели удельную радиоактивность 21,2 кБк/кг ($5,73 \cdot 10^{-7}$ Ки/кг), а на участке с плотностью загрязнения почвы радиоцезием в 169 Ки/км, этот показатель у золы и недожога нижнего слоя подстилки составил 4041,3 кБк/кг ($1,4 \cdot 10^{-4}$ Ки/кг). Известно [35], что по шкале радиоактивности твердые производственные отходы считаются радиоактивными при их активности ($2 \cdot 10^{-6}$ Ки/кг). Поэтому согласно [35] лесные пожары, в результате которых образуются открытые источники ионизирующего излучения с уровнем загрязнения радиоактивных отходов, превышающих $2 \cdot 10^{-6}$ Ки/кг и массой в сотни и тысячи килограммов на 1 га леса, следует называть радиоактивными лесными пожарами.

Вопрос об исследовании загрязнения окружающей среды в результате радиоактивных лесных пожаров продолжает оставаться актуальным и в настоящее время. Некоторые сведения об этих пожарах даны в [35, 36].

⁵ Под недожогом понимаются не полностью сгоревшие ЛГМ.

1.6. Пирологические особенности техногенных сред

В отличие от природных сред (леса, торфяники, степи), которые в основном состоят из органических горючих материалов, *поселки и города представляют собой многофазные техногенные среды*. Главная особенность этих сред заключается в том, что наряду с горючими материалами (деревянная мебель, ковры, одежда, деревянные полы, покрытия и полы, покрытые линолеумом) кирпичные дома и дома, выполненные из бетона содержат такую массу негоримых строительных материалов, которая часто превышает массу горимых материалов. Исключение составляют деревянные дома, но они расположены в основном в деревнях и поселках.

После интенсивного разрушительного воздействия (например, после массовых бомбардировок немецких городов Гамбург и Дрезден и японских городов Хиросима и Нагасаки американской авиацией) города превращаются в слой многофазной реакционноспособной среды [36]. Будем считать, что этот слой имеет одну и ту же высоту h_1 и является однородным по своему составу. Масса этого слоя состоит из негоримых и горимых материалов. К негоримым относятся остатки кирпичных и бетонных стен, металлическая арматура и инертные компоненты воздуха. К горимым материалам относятся резина (1), изделия из шерсти и различные хлопчатобумажные ткани (2), поролон (3), кожа (4), древесно-стружечные плиты (5), бумага (6), шелк (7), древесина (8). Совокупность этих материалов *будем называть городским горючим материалом (ГГМ)*.

Таким образом, горючие материалы в поселках и городах отличаются от природных горючих материалов. Тем не менее, если характерный масштаб площади городского пожара $r_{гп}$ значительно превышает размеры отдельных зданий и улиц, эту среду можно считать многофазной реагирующей техногенной средой.

Площадь пожара S и масса горимых веществ $M_{г}$ определяются по формулам

$$S_{г} = \pi r_{г}^2, \quad M_{г} = \sum_{i=1}^8 M_i. \quad (1.6.1)$$

Зная $M_{г}$, легко определить *величину пожарной нагрузки*

$$m_{г} = \frac{M_{г}}{S_{г}}, \quad (1.6.2)$$

которая равна значению массы горючего в килограммах на единице площади разрушенного города в квадратных метрах.

Надо сказать, что горение этих материалов происходит не только в открытом пространстве, но и в пустотах городской многофазной сплошной среды, образующейся после разрушения города. Поэтому горение может иметь место как в пламенном режиме, так и в режиме тления. Используя результаты работы [37], *легко получить значения коэффициентов эмиссии K_{α}* (табл. 1.6.1), под которым понимается отношение масс газообразных и дисперсных горючих материалов m_{α} к массе исходной городской многофазной горючей среды.

Таблица 1.6.1

Коэффициенты эмиссии газообразных горючих продуктов при массовых городских пожарах [38]

Наименование газообразных компонентов	Коэффициенты эмиссии газообразных продуктов горения							
	Резина	Шерсть	Поролон	Кожа	ДСП	Бумага	Шелк	Древесина
Водород	0,0026	0,0022	0,0054	0,0024	–	0,0065	0,0038	0,004
Оксид углерода	0,15	0,235	0,155	0,245	0,215	0,245	0,145	0,205
Диоксид углерода	0,416	0,70	0,255	0,582	0,686	0,673	0,426	0,724
Метан	0,0022	0,0018	0,0025	0,00135	0,0018	0,0032	0,0031	0,0024
Этилен	0,002	0,0021	0,004	0,002	0,0008	0,002	0,00198	0,0012
Этан	0,0042	0,00042	0,0008	0,0004	0,00018	0,0004	0,0004	0,0003
Пропилен	0,00332	0,0024	0,00224	0,00218	0,00196	0,00238	0,0021	0,00168
Сажевый аэрозоль	–	–	–	–	–	–	–	0,011

В этой таблице отсутствуют данные о частицах сажи и золы, которые, несомненно, образуются при горении городского горючего материала. Поэтому необходимы дополнительные исследования для определения коэффициентов эмиссии этих веществ.

Зная коэффициенты эмиссии и m_{Γ} – пожарную нагрузку, легко рассчитать плотность диффузионного потока α - компонента по формуле

$$q_{\alpha}|_{z=h_1} = \frac{m_{\Gamma} K_{\alpha}}{t_{\Gamma}}, \quad (1.6.3)$$

где t_{Γ} – время пламенного горения слоя ГГМ толщиной h_1 , которую приближенно можно считать равной 2–3 м на всей площади S .

Информация о составе продуктов пиролиза и горения при пожарах на нефтепромышленных объектах. Вопрос о химическом составе среды при пожарах на нефтепромышленных объектах изучен слабо. Известны всего две работы [38, 39], посвященные данному вопросу.

Согласно [38] во время войны между Ираком и Кувейтом в 1991 г. имели место пожары на 725 нефтяных скважинах. Ежесуточные потери нефти составили 220 000 т, а общие потери – 43 млн. т. Облака дыма, которые имели ширину от 15 до 150 км, распространялись на расстояние 1000 км, а высота подъема продуктов горения достигала 6 км. В таких странах, как Иран, Ирак, Саудовская Аравия, Турция, Армения и Азербайджан, наблюдалось выпадение сажи и других вредных примесей до 250 мг/м². По этим данным, за сутки при пожарах на нефтепромыслах в атмосферу выбрасывалось частиц сажи (С) 11 500 т, оксидов азота (NO_x) – 4 600 т, оксидов серы (SO₂) – 27 000 т.

Тогда легко оценить коэффициенты эмиссии вредных веществ K_{α} в соответствии с определением, данным в [39]:

$$K_1 = 0,052; K_2 = 0,209; K_3 = 1,227, \quad (1.6.4)$$

где $K_1 = M_1 / M_{\Gamma}$, $K_2 = M_2 / M_{\Gamma}$, $K_3 = M_3 / M_{\Gamma}$; M_1 , M_2 , M_3 – массы выбросов частиц сажи, оксидов азота и оксидов серы.

Эти коэффициенты отличаются от данных, приведенных в [40].

Предполагается, что, используя уточненные значения коэффициентов эмиссии, легко найдем плотности диффузионных потоков на высоте h_1 :

$$q_{\alpha} = \frac{K_{\alpha} m_{\Gamma}}{t_{\Gamma}}, \quad (1.6.5)$$

где индекс α приписывается конкретному поллютанту, а m_{Γ} – масса сгоревшего вещества на единице площади.

Таким образом, средние плотности диффузионных потоков при горении нефти и нефтепродуктов удастся определить по формуле (1.6.5).

В работе [39] даются иные значения K_{α} . Имеется компьютерная программа, которая позволяет рассчитывать выбросы вредных веществ в атмосферу в зависимости от времени для различных типов подстилающей поверхности [40].

При описании структуры природных горючих сред (леса, степи, болота) целесообразно использовать понятия и методы механики гетерогенных (многофазных) реагирующих сред [12, 14, 15, 38, 41, 42]. Такой подход позволяет правильно выбрать параметры состояния природных сред и использовать экспериментальные методы механики сплошных сред для определения параметров состояния природных сред на основе экспериментальных данных.

Основное требование, при котором многоярусную природную среду при пожарах можно считать сплошной многофазной средой состоит в том, *что размер включений (тонких веточек, хвоинок для полога леса или размер макропор для торфяников) должен быть значительно меньше характерного размера очага пожара.*

В диссертации Rodman Ray Linn [43] дан обзор работ американских ученых, посвященных исследованиям природных пожаров и опубликованных до 1997 г. В основном в этих работах используются полуэмпирические модели, которые можно использовать только в узких рамках изменения параметров состояния среды, соответствующим экспериментальным данным. В работе [43] используется упрощенная модель сплошной реагирующей природной среды, однако, полученные результаты математического моделирования природных пожаров представляют интерес, так как в этой диссертации впервые в США используются методы и модели механики сплошных реагирующих сред для описания природных пожаров.

Контрольные вопросы

1. Что такое лесная пирология?
2. Что такое пожароопасный сезон, пожароопасный период? Какова средняя продолжительность пожароопасного сезона в северной тайге и в зоне лесостепи?
3. Структура леса и его физическая модель.
4. Лесной горючий материал, лесопожарное созревание.
5. Факторы, влияющие на горимость лесов
6. Что происходит в процессе горения? Особенность горения лесных горючих материалов.
7. Влагосодержание и сушка природных горючих материалов. Критическое влагосодержание.
8. Теплота сгорания и пиролиз лесных горючих материалов.
9. Пирологические особенности техногенных сред.

2. ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ И МЕХАНИЗМ ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ

2.1. Виды лесных пожаров. Структура пожара

Лесные пожары с точки зрения лесной пирологии описаны во многих работах [13, 44, 45-47,]. Основные понятия и термины, используемые в практике борьбы с лесными пожарами, определены в [13, 45-47]. В данном разделе основные понятия и определения формулируются с позиций механики реагирующих сред.

Согласно [45], лесным пожаром называется явление неуправляемого многостадийного горения в открытом пространстве на покрытой лесом площади, в рамках которого имеют место взаимосвязанные процессы конвективного и радиационного переноса энергии, нагревания, сушки и пиролиза лесных горючих материалов (ЛГМ), а также горение газообразных и догорание конденсированных продуктов пиролиза ЛГМ.

Под пиролизом ЛГМ, в соответствии с общим определением [48], понимается расщепление при высокой температуре сложных органических соединений, из которых состоят ЛГМ, на более простые. В качестве более простых веществ получают конденсированный продукт – коксик, состоящий из почти чистого углерода, и газообразные горючие материалы негорючие продукты CH_4 , H_2 , CO и др [45].

В любой момент времени можно выделить достаточно большой контрольный объем среды – зону пожара, внутри которой параметры состояния среды в результате физико-химических превращений, обусловленных лесным пожаром, отличаются от невозмущенных значений, определяемых погодными условиями и типом растительности.

Наиболее сильное изменение параметров состояния среды происходит в некоторой части зоны лесного пожара – фронте пожара, который распространяется с некоторой скоростью по территории, покрытой лесом. Эта скорость определяется процессами переноса массы и энергии, а также физико-химическими процессами - сушкой, пиролизом ЛГМ, горением газообразных и конденсированных продуктов пиролиза ЛГМ. Визуально фронт лесного пожара наблюдается в виде светящейся зоны (см. рис. 2.1.1).

Поверхность, отделяющая фронт от несгоревших ЛГМ, называется внешней кромкой фронта лесного пожара. Ее проекцию на подстилающую поверхность будем называть контуром лесного пожара. Очевидно, что последний отделяет ЛГМ, пораженные огнем, от несгоревших материалов. Внешняя кромка, распространяющаяся по ветру, называется передней, а против ветра – задней кромкой.

Скорость распространения лесного пожара направлена по нормали к контуру лесного пожара, поэтому называется нормальной скоростью распространения и определяется формулой [16, 44]:

$$\vec{\omega}_n = \lim \frac{\Delta \vec{n}}{\Delta t}, \quad (2.1.1)$$

где $\Delta \vec{n}$ приращение контура пожара по нормали за промежуток времени Δt .



Рис. 2.1.1. Фотография фронта повального пожара, распространяющегося по лесной полосе из соснового молодняка. Ширина полосы 3 м, длина – 10 м, высота соснового древостоя – 3,5 м, напочвенный покров – слой лишайника *Cladonia* толщиной 0,1 м.

Поверхность, отделяющая фронт пожара от сгоревших ЛГМ, называется внутренней кромкой лесного пожара*. Она может продвигаться как по ветру, так и против ветра и, следовательно, с меньшей скоростью, чем передняя внешняя кромка, которая распространяется в направлении ветра. В результате толщина (ширина) фронта для различных пожаров может меняться в зависимости от времени, скорости ветра и запаса ЛГМ, который мало отличается от невозмущенных значений.

На схеме зоны лесного пожара (рис. 2.1.2, а, б) Г – граница зоны параметров состояния среды, 1 – контур лесного пожара (а) и передняя кромка фронта лесного пожара (б), 2 – внутренняя кромка фронта пожара (б) и проекция этой кромки на горизонтальную подстилающую поверхность (а); горизонтальные стрелки на рис. 2.1.2,б обозначают скорость (по величине и направлению) невозмущенного ветра для различных высот, а вертикальные W скорость вдува газообразных и дисперсных горючих продуктов горения из фронта пожара в приземный слой атмосферы.

Отметим, что сформулированные выше определения носят достаточно условный характер, так как понятие фронта вследствие эффекта догорания конденсированных продуктов пиролиза является асимптотическим. В этом отношении определение фронта пожара имеет много общего с понятием толщины пограничного слоя, кроме того, следует отметить, что вся фитомасса леса, как правило, не сгорает (в частности, обычно не горят стволы и крупные ветки деревьев), поэтому термин “сгоревший лес” несколько условен.

* В [11] задняя внешняя кромка называется тылом пожара, что также нельзя признать удачным термином, так как по аналогии с терминами (фронт, тыл), принятыми в военном деле, может возникнуть ложное представление о том, что задняя кромка безопасна для человека при лесных пожарах, чем передняя. С этих позиций правильнее считать тылом пространство за пределами зоны пожара. Удобно использовать и понятия левый и правый фланги лесного пожара (ориентация по направлению ветра) по аналогии с соответствующими терминами из военного дела [32].

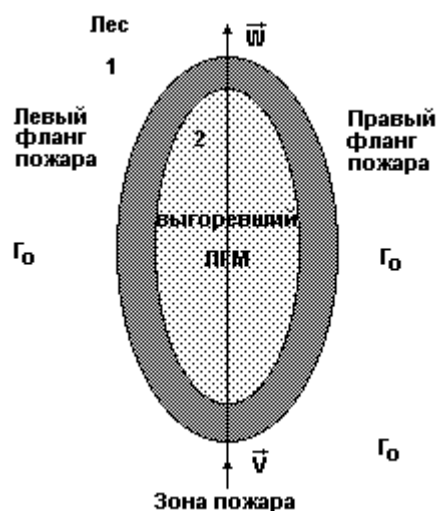


Рис. 2.1.2,а. Схема зоны лесного пожара (вид сверху) [45]

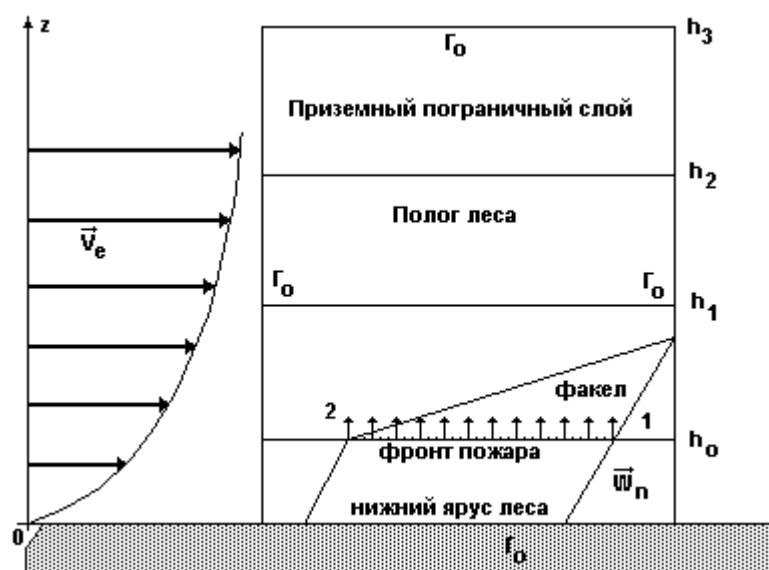


Рис. 2.1.2,б. Схема зоны лесного пожара (вид в вертикальной плоскости) [45]

Согласно [45], в зоне лесного пожара имеет место пористо-дисперсная среда, которая состоит из сухого органического вещества (объемная доля φ_1), воды в связанном с этим веществом состоянии (φ_2), конденсированного продукта пиролиза — коксика (φ_3), конденсированного продукта горения — золы (φ_4), газовой фазы (φ_5), включающей в себя компоненты воздуха, и газообразных продуктов пиролиза (φ_5), и дисперсных продуктов горения, которые состоят из частиц сажи (объемная доля φ_6), и частиц золы (φ_7). Известно [45, 49], что на большой высоте над фронтом лесного пожара могут образоваться кучевые облака вследствие конденсации паров воды, образующихся при сгорании ЛГМ. Поэтому необходимо ввести объемную долю капелек воды φ_8 , центрами конденсации которой могут быть дисперсные частицы сажи и пепла. Очевидно, параметры состояния среды в зоне пожара асимптотически стремятся к невозмущенным значениям. Поэтому для конкретного определения границы зоны пожара необходимо априори определять степень допустимых отличий невозмущенных и возмущенных значений параметров состояния на границе зоны пожара Γ_0 .

Ширина фронта развитого лесного пожара значительно меньше длины контура и характерного размера протяженности лесного массива, поэтому фронт лесного пожара

можно рассматривать как линейный очаг массы и энергии. Тепловыделение лесного пожара на единицу длины контура за единицу времени - удельная мощность или интенсивность лесного пожара определяется формулой

$$J = q\dot{M} = kq\omega_n m_3, \quad (2.1.2)$$

где k – коэффициент полноты сгорания ЛГМ ($0 < k < 1$); q – теплотворная способность ЛГМ; \dot{M} – количество ЛГМ, сгоревших за единицу времени на единицу длины фронта; m_3 – запас лесных горючих материалов.

Величины J и \dot{M} зависят от времени. Зная зависимость $J(t)$, можно определить количество энергии, выделившееся для данного лесного пожара за единицу времени (скорость тепловыделения, или мощность лесного пожара):

$$W_{\Pi} = q\dot{M} = \int_{L_{\Pi}} J dS, \quad (2.1.3)$$

где L_{Π} – контур лесного пожара.

Энергия Q_{Π} , выделившаяся при лесном пожаре, к моменту времени t определяется по формуле

$$Q_{\Pi} = qM_C = \int_0^{t_3} W_{\Pi} dt, \quad (2.1.4)$$

где M_C – масса лесных горючих материалов, сгоревших на территории, охваченной контуром лесного пожара.

Поскольку масса ЛГМ на любой ограниченной лесной площади M конечна, горение ЛГМ прекращается при $M_{\Pi} \approx M_C$. Графики $W_{\Pi}(t)$, $J(t)$ (рис. 2.1.3), а также величин $\dot{M} = W/q$ и $M_C = Q_{\Pi}/q$ имеют аналогичный вид. Анализ кривых рис. 2.1.3 показывает, что любой лесной пожар имеет три стадии развития. На первой стадии ($0 < t < t_1$) происходит усиление мощности пожара, обусловленное увеличением длины контура лесного пожара, ω_n и ширины фронта пламени. Поэтому период времени $0 < t < t_1$ можно обоснованно назвать стадией загорания или формирования фронта лесного пожара. При $t_1 < t < t_2$ (вторая стадия) интенсивность лесного пожара J можно считать постоянной, так как ω_n , ширина Δ фронта лесного пожара практически не зависят от t , а $W_{\Pi}(t)$ и $Q_{\Pi}(t)$ увеличиваются с ростом t вследствие роста L_{Π} . Наконец, период времени $t_2 < t < t_3$ (третья стадия) целесообразно назвать стадией потухания лесного пожара, так как в момент t_3 значения $\omega_n = J = W_{\Pi} = 0$ вследствие исчерпания запаса ЛГМ, а Q_{Π} становится постоянной.

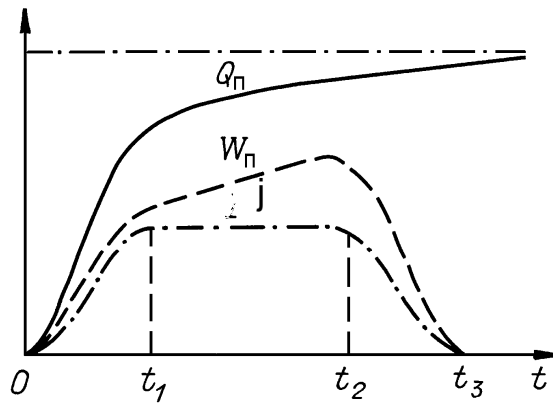


Рис. 2.1.3. Зависимости интенсивности I , мощности W_{Π} , теплоты Q_{Π} лесного пожара от времени

Эти стадии характерны для любого лесного пожара, однако для разных типов лесных пожаров значения $Q_{\Pi}(t)$, $W_{\Pi}(t)$ и $J(t)$ сильно различаются. В связи с этим лесные пожары классифицируют по разным признакам и прежде всего по степени вовлечения фитомассы леса в процесс горения. Наиболее подробная классификация лесных пожаров предложена И.С. Мелеховым [9, 15]. Анализ этой и других, в том числе зарубежных классификаций лесных пожаров дан в работе Н.П. Курбатского [50]. Согласно [50], главный недостаток классификации по Мелехову заключается в недостаточно четком и ясном определении лесного пожара, под которым понимается всякое неуправляемое горение в лесу, в том числе и горение отдельного дерева.

Первый признак, по которому в предложенной классификации делятся лесные пожары – их ландшафтная однородность [50]. Если пожар распространяется по территории, относящейся к одному типу ландшафта, то он называется ландшафтно-однородным. В противном случае принято говорить о втором, или смешанном, типе лесного пожара.

Как правило, площадь горения и мощность смешанных лесных пожаров больше, чем однородных. Ландшафтно-однородные пожары делятся на четыре типа в соответствии с типом поврежденного пожаром биогеоценоза. В свою очередь, лесные пожары можно подразделить на простые и сложные. Под простым понимается лесной пожар, тип которого не меняется во все время процесса горения ЛГМ. В том случае, если тип пожара меняется в процессе его развития, пожар считается сложным. По степени вовлечения фитомассы лесного биогеоценоза пожары подразделяются на низовые, верховые и почвенные.

При почвенных лесных пожарах сгорают ЛГМ в первом слое нижнего яруса леса, т.е. подстилка (подстилочные пожары) или торф (торфяные пожары).

Если при низовых лесных пожарах сгорают второй, третий и четвертый слои нижнего яруса, то это так называемые напочвенные пожары; если слои кустарников и подлесок, – подлесно-кустарниковые; если валежник – валежные.

Пожар называется верховым, если при горении повреждаются кроны деревьев. В том случае, если наряду с кронами деревьев повреждается фитоценоз во всех других ярусах леса, говорят о повальных верховых лесных пожарах.

Пожар называется вершинным, если при его распространении повреждаются только кроны деревьев.

Лесной пожар называется огненным штормом, если он распространяется в условиях длительной засухи и ураганного ветра по поваленному этим ветром древостою (пожар такого типа имел место 17 октября 1978 г. в 17 ч на территории сырьевой базы Мухенского лесокомбината в Хабаровском крае [51]).

Если горение ЛГМ носит многоочаговый характер, обусловленный переносом горящих частиц зоны основного (материнского) лесного пожара, то говорят о пятнистом лесном пожаре.

Термины «низовой» и «верховой» лесные пожары являются по существу международными. Их используют специалисты служб охраны лесов в США, Канаде и Европе [46, 50]. Синонимом повального верхового лесного пожара является термин «пассивный верховой пожар», что подчеркивает невозможность самостоятельного распространения этого типа пожара без горения нижнего яруса леса. Аналогом термина «вершинный верховой пожар» в канадской и американской литературе является термин «независимый лесной пожар» [13], что подчеркивает возможность самостоятельного распространения огня по кронам деревьев для этого типа лесного пожара. Ван-Вагнер [46] вводит также термин «активный верховой пожар», который не имеет аналога в классификации [50]. Согласно [52], этот тип лесного пожара представляет собой совокупность низового и верхового вершинного пожаров с общей энергетикой. В отличие от классификации Н.П. Курбатского в работе [52] в качестве основного признака для выделения различных типов пожаров используется механизм распространения лесного пожара, а не степень вовлечения фитомассы в процесс горения.

2.2. Причины и условия возникновения лесных пожаров

Надо сказать, что любой реальный пожар развивается от простого низового пожара к сложному. При этом первоначально простая форма пожара в видоизмененной форме входит в более сложную [50]. В частности, известно, что верховой лесной пожар возникает при поджигании крон деревьев от низового лесного пожара, который продолжает распространяться почти с той же скоростью, что и повальный верховой лесной пожар. В случае вершинных пожаров роль низового пожара сводится к подогреву, сушке, пиролизу и зажиганию продуктов пиролиза в кронах деревьев, после чего, в результате действия сильного ветра, следует быстрое распространение фронта по кронам деревьев, которое спустя некоторое время по тем или иным причинам прекращается. Вершинный верховой пожар может вновь возникнуть при подходе фронта низового пожара к месту остановки фронта вершинного пожара, и процесс может многократно повторяться в указанном порядке [49, 53]. Иными словами, самостоятельное существование вершинного верхового пожара невозможно, что послужило основанием для перенесения этого вида пожара в разряд сложных.

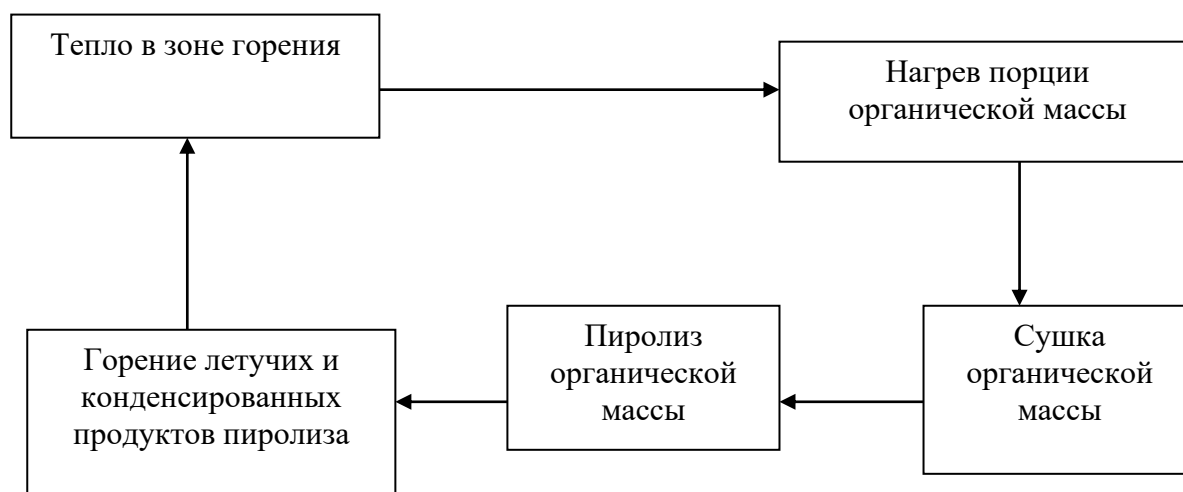


Рис. 2.2.1. Схема процесса горения при ландшафтном лесном или степном пожаре [45]

Возникновение и развитие подстилочных и торфяных лесных пожаров так обусловлены действием низового лесного пожара или очаговым загоранием типа костра, в результате которого происходят воспламенение подстилки или торфа и заглубление горения с образованием относительно автономных фронтов подстилочного или торфяного пожара.

Именно автономность развитых подстилочных и торфяных пожаров, т.е. способность к самостоятельному распространению, позволяет выделить их в самостоятельные виды простых пожаров

Анализ литературных данных по энергетике различных типов ландшафтных пожаров позволил сформулировать универсальный механизм их распространения [54], который в дальнейшем был подтвержден экспериментальными исследованиями [45, 49, 53]. Любой пожар распространяется за счет передачи выделившегося во фронте пожара тепла путем конвекции, кондукции и переноса горящих частиц к свежей порции органической массы, в результате чего происходят ее нагрев, сушка и пиролиз. Затем летучие и конденсированные продукты пиролиза сгорают, что вызывает перемещение фронта пожара с выделением тепла, и процесс повторяется в указанном порядке до тех пор, пока в зоне пожара не выгорит весь запас органической массы (см. рис. 2.2.1).

Универсальность такого механизма распространения позволяет все типы пожаров на территории считать разновидностями ландшафтного пожара.

С точки зрения пространственной структуры, природные (ландшафтные) пожары подразделяются в работе [55] на дву- и трехмерные (двумерные пожары называют также пустыми). Последний термин означает, что горение ЛГМ происходит только во фронте пожара, а на остальной площади, пройденной огнем, горения нет. К числу двумерных лесных пожаров можно, в частности, отнести развитые низовые и повальные верховые лесные пожары в отсутствие ветра. Для таких пожаров параметры состояния среды в зоне пожара зависят, от двух пространственных координат и времени. Низовые и верховые лесные пожары можно считать двумерными и при наличии ветра, если радиус кривизны контура лесного пожара значительно больше ширины его фронта.

2.3. Результаты анализа глобальных последствий природных пожаров

Согласно [12] во многих экосистемах пожар является *главной и экологически значимой силой, которая влияет на физические и биологические признаки, формирующие ландшафтное разнообразие и влияющие на потоки энергии и биохимические циклы, и в том числе на глобальный углеродный цикл*. Надо сказать, что использование пожаров для создания и управления состоянием сельскохозяйственных угодий, глубоко укоренилось в культуре и традициях многих развивающихся стран.

В то же время в некоторых экосистемах, например в тропиках, лесные пожары часто приводят к уничтожению растительности. В последнее время эти регионы, особенно во влажных тропиках, становятся все более уязвимы к пожарам ввиду роста населения, развития экономики и использования земли для сельского хозяйства. Сильное влияние на растительность и экологию оказывают природные пожары и в северной приполярной зоне Земли, особенно на территории России. Здесь в результате действия сухих гроз и роста антропогенной нагрузки за последние годы имели место многочисленные, периодически повторяющиеся пожары. Таким образом, число природных пожаров во всем мире становится все больше, и они оказывают все более значительное влияние на экономику, здоровье и безопасность населения. Их влияние сравнимо с влиянием, связанным с другими природными катастрофами, такими как землетрясения, извержения вулканов, наводнения и засухи. Надо сказать также, что во многих странах, и в первую очередь России быстро меняющиеся социальные, экономические и экологические условия окружающей среды также сильно влияют на сохранность лесов.

Несколько сотен миллионов гектар леса и другой растительности сгорают ежегодно во всем мире, но огромный процент этих пожаров не регистрируется.

Согласно [12], нынешние оценки степени и воздействия пожаров на растительность в глобальном масштабе далеки от того, чтобы быть полными. Например, в последние годы в России довольно часто происходят несанкционированные рубки леса и гибель леса из-за

увеличения числа лесных пожаров, обусловленного изменением системы защиты и охраны лесов. В то же время ясно, что принятие решений по чрезвычайным последствиям лесных пожаров, включая гуманитарную помощь, требуют своевременного их обнаружения и тушения, а также оценки их влияния на среду в национальном, региональном и глобальном масштабе. *Ключевые вопросы, решаемые при организации тушения лесных пожаров включают определение является ли пожар достаточно серьезной проблемой, требующей активных действий и, если это так, то какие факторы управляют его развитием (распространением) и влиянием, и каковы относительные затраты и выгоды разных вариантов тушения для сокращения убытков от последствий лесных пожаров.*

Глобальный центр наблюдений за пожарами (ГЦНП) был организован в Германии для осуществления мониторинга природных пожаров и получения информации о национальных и международных организациях, осуществляющих планирование землепользования, а также контроль и регулирование пожаров и других бедствий.

ГЦНП был основан в 1998 г. группой ученых-исследователей горения биомассы и экологии пожаров в Max Planck Институте Химии (Германия). Этот институт координирует экспериментальные исследования процессов горения биомасс в рамках международной программы геосферы-биосферы (IGBP), международного проекта глобальной атмосферной химии (проекта IGAC). ГЦНП первоначально спонсировался правительством Германии (Министерством иностранных дел, Ведомством координации гуманитарной помощи) как вклад (содействие) Германии в выполнение международной программы сокращения природных бедствий, выдвинутой Организацией объединенных наций (ООН).

Согласно [12] создание ГЦНП соответствует целям ООН; рекомендациям ИТТО (международной организации созданной для изучения тропического леса), WHO (международной организации здравоохранения) и различных общественных, научных и политических организаций, в том числе ЮНЕСКО, DMF (организация регулирования бедствий Всемирного банка) и IUCN (Всемирный союз сохранения).

С прекращением деятельности организаций IDNDR (1990 – 2000 гг.) ГЦНП ставит своей целью поддерживать введение ISDR (Центр международной стратегии по сокращению бедствий) и работу головной группы международной организации ООН по сокращению бедствий и ее программы раннего предупреждения по гуманитарным делам при ООН.

Информация и документация и о ГЦНП имеется в Интернете <http://www.uni-freiburg.de/fireglobe>, также в [12].

Об оценке глобальных последствий лесных пожаров в мире. Для оценки глобальных последствий лесных пожаров в ГЦНП [12] использовалось понятие географического ландшафта.

Согласно [16] *географический ландшафт – это относительно однородный участок географической оболочки Земли, отличающийся закономерным сочетанием ее компонентов – рельефа, климата и растительности.*

Использование выжиганий растительности в системах землепользования и природные пожары в лесах и других растительных покровах в тропических джунглях юго-восточной Азии и южной Америки достигли беспрецедентных уровней и ведут к серьезным проблемам и влиянию на общество, так как изменяют ландшафты. Традиционные системы вырубко-выжиганий в целях развития сельского хозяйства все более заменяются современными крупномасштабными преобразованиями лесов в перманентные сельскохозяйственные системы путем выжигания лесов и саванн. Во многих странах очистка суши огнем либо терпимо переносится правительствами, либо не контролируется эффективно из-за ограниченных или недостаточных возможностей правоохранительных органов для возможностей регулирования пожаров. Таким образом, деятельность по выжиганию растительности довольно часто проводится нелегально, с нарушением правил пользования лесами и саваннами.

Наиболее критическими являются ситуации во время экстремальной засухи. Под влиянием засухи деревья джунглей сбрасывают листья, в результате чего образуется легковоспламеняющийся слой подстилки. Поэтому выжигание напочвенного покрова в интересах развития сельского хозяйства приводит к возникновению неконтролируемых пожаров в лесах, окружающих участки, выбранные для развития сельского хозяйства.



Рис. 2.3.1. Последствия лесных пожаров в тропическом лесу

Низовые и верховые лесные и степные пожары *вредны тем, что наносят ущерб биомногообразию растений и приводят к неконтролируемому изменению химического состава атмосферы в различных регионах и во всем мире в целом.* В частности, согласно [12] в юго-восточной Азии необходим единый и согласованный подход, чтобы бороться с трансграничным загрязнением атмосферы, причиной которого является сжигание растительности. В то же время, поскольку огонь является главным орудием землепользования в тропиках, необходимо разработать такую технологию выжигания растительности, при которой выгоды от использования огня будут экологически оправданы, а нежелательные экологические последствия – минимальными. Очевидно, что *национальные и региональные экономические планы и политика регулирования выжигания растительности должны учесть сложность и многообразие использования огня в разных типах растительности и системах землепользования.*

Природные пожары в Индонезии. Например, установлено [12], что в Индонезии серия взаимосвязанных процессов возникновения в результате лесных пожаров приводит к исчезновению тропических джунглей и превращению их в саванны. Согласно [12] влияние операций по заготовке и транспортировке леса, а также наземных пожаров низкой интенсивности в лесах, где проводится заготовка деловой древесины и ее вывоз, долгое время недооценивалось. Ситуация типичная для всех регионов джунглей показана на серии фотографий (см. рис. 2.3.2, а, б, в, г, д), характеризующих трансформацию низинных джунглей в восточном Калимантане (Индонезия) [12].



Рис. 2.3.2. Последствия пожаров в Индонезии

На фотографиях показано как лес, пострадавший от засухи, горит в результате действия природного пожара в 1982 г. На рис. 2.3.2, б и в показаны одиночные крупные деревья, которые не погибли в огне, что гарантирует регенерацию леса при благоприятных условиях. Второй природный пожар в 1998 г. (см. рис. 2.3.2, фото г) уничтожает деревья-саженцы и молодую поросль. В результате чего возникает саванна с бедным травяным биоразнообразием (см. рис. 2.3.2, фото д).

Пожары в Африке. Анализ показывает, что самые крупные территории, которые подвержены пожарам регулярно – это тропические и субтропические саванны. Эти территории характеризуются сезонными воспламенениями слоя трав и более или менее открытых крон кустарников и деревьев. Многие пожары вызваны действием молний. Однако в последние годы относительная доля пожаров, причиной которых является вмешательство человека, быстро растет. Длительность интервалов времени между пожарами зависит от продуктивности экосистем саванн. Западно-африканские «влажные» саванны, в которых запас травяных горючих материалов составляет порядка 5-12 тонн/га, горят с интервалом 1-2 года. В основном это обусловлено ростом числа природных пожаров в сухой сезон. Пожары в менее продуктивных экосистемах сухих саванн происходят реже. Общая площадь саванны, которая сгорает ежегодно от природных пожаров еще точно не известна. Однако подсчитано, что *несколько сотен миллионов гектар саванн и открытых тропических лесов сгорает каждый год* [12].

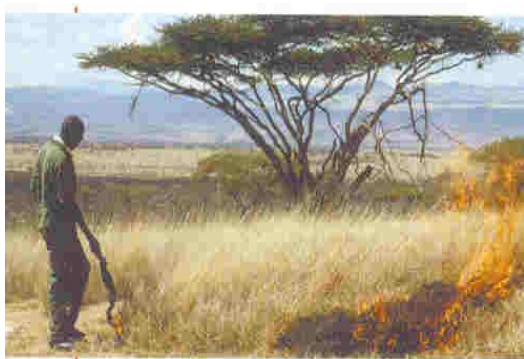


Рис. 2.3.3. Выжигание саваны в Западной Африке



Рис. 2.3.4. Неконтролируемый пожар в саванне (Западная Африка)

Было установлено, что сухие саванные травы горят быстрее и более полно (до конца) по сравнению с зелеными влажными лесными горючими материалами северных лесов.

Надо сказать, что использование огня для регулирования роста растительности как для организации выпаса домашнего скота, так и в сохранении живой природы в Африке применимости достаточно широко. Накопленный опыт в сжигании и растительности и исследовании экологии пожаров являются главными предпосылками для развития теории регулирования экосистем.

Главные проблемы экологической безопасности, однако, возникают на границе раздела между зонами горения саванн, жилых районов, сельскохозяйственных территорий и теми лесами, которые не адаптированы к огню. Экологически и экономически важные ресурсы в различных районах мира часто разрушаются пожаром, который пересекает границы от адаптированной к пожару среды к очень чувствительному к пожару району окружающей среды.

Пожары в Средиземноморье, Северной Евразии (России) Азии (Монголии) и Северной Америке (США, Канада). В странах Средиземноморья, а также на территориях с холодным климатом природные пожары происходят регулярно в течение периодов всего сухого северного лета. В Северной Америке и Евразии ежегодно сгорают примерно 5-20 млн. га. Согласно статистике о пожарах за последнее десятилетие примерно 1-265 млн га лесов сгорает ежегодно в США, примерно 1-7 млн га в Канаде, и 0,65 млн га в Средиземноморском бассейне. В менее населенных высоких широтах (Северная Евразия и Северная Америка) главный источник зажигания – это молния. В более плотно населенных регионах необдуманные действия людей являются причиной большинства пожаров (брошенные окурки, непогашенные костры и др.). В Европе 95-99% всех природных пожаров были вызваны людьми.



а)



б)

Рис. 2.3.5. Низовой лесной пожар в хвойном лесу и его переход в верховой

Надо сказать, что ряд лесных, кустарниковых и пастбищных экосистем в умеренно-северных Средиземноморских типах растительности эволюционировали совместно с пожарами. Как показывает анализ, подавление пожаров в этих экосистемах может привести к обеднению биоразнообразия и опасному росту горючих материалов, в результате которого случайные пожары могут стать намного более серьезными и разрушительными по сравнению с периодически повторяющимся природным пожаром средней интенсивности.

Природные пожары на границе с городом Лос-Аламосом в штате Калифорния (США) в 1991-1993 гг. нанесли экологический ущерб 1,0-1,2 млрд долларов.

Для Евразийского региона в 1992 г. началась кампания исследования пожаров Азия-Север (FIRESCAN). FIRESCAN обращает внимание на роль пожара в северных экосистемах и на последствия для глобальной атмосферы и климата. Были исследованы эмиссии газов в результате пожаров в северных хвойных лесах Красноярского края (см. рис. 2.4.5). Пожары в торфяных болотистых лесах, характеризуются неполным сгоранием горючих материалов, в результате чего в атмосферу выбрасывается самое высокое содержание однооксида углерода (CO).

В лесах ряда индустриальных стран, малые запасы природных горючих материалов на границе раздела между лесом и жилыми районами и различными промышленными

предприятиями контролируются как наземными, так и воздушными средствами подавления пожаров. В то же время в большинстве развивающихся стран нет современных средств борьбы с лесными пожарами и поэтому крупные пожары происходят более часто.

В северо-восточной части КНР во время засухи 1987 г. лесные пожары привели к следующим последствиям: количество погибших – 221 человек; сгорели леса на площади 1,3 млн га; остались без крова 50000 граждан.

Экологические и гуманитарные последствия лесных пожаров в тропиках (Индонезия, Малайзия, Африка). За последние два десятилетия бедствия, вызванные массовыми природными пожарами в Австралии, Азии, Африке и Америке, показали уязвимость человечества в индустриальных и развивающихся странах от этих природных катастроф.

Согласно [12] в Индонезии и Малайзии в период с 1982 г. по 1983 г. имели место природные пожары на территории более 5 млн га леса и сельскохозяйственных угодий. Экономический ущерб составил 9 млрд долларов США. В период с 1997 г. по 1998 г. в Индонезии произошли природные пожары на площади примерно 8–9 млн га, из которых 5,2 млн га леса сгорело только в провинции Восточная Калимантана. Подсчитанные экономические потери за этот период составили 10 млрд долларов США. Погибло более 250 человек. Примерно 40 млн людей в Юго-Восточной Азии были подвержены влиянию задымления, в результате чего возникли смертные случаи и длительные болезни.

Природные пожары в Мексике в течение 1998 г. заставили местное руководство закрыть ряд промышленных производств, чтобы уменьшить дополнительное промышленное загрязнение атмосферы во время смогов, генерируемых этими пожарами. Согласно [12] ежедневные производственные потери составили примерно 8 млн долларов США.

Пожары в Австралии в 1983 г. привели к следующим последствиям: количество погибших – 75 человек; сгорело 2539 домов; сгорело почти 300 000 голов домашнего скота.

В результате обширных пожаров в лесах и саванне в государстве Cote d'Ivoire (Африка) в 1982-1983 г.г. погибли более 100 человек; площадь пожаров составила 12 млн га; сгорели плантации кофе на территории в 40000 га; сгорели плантации какао на территории в 60000 га.

Анализ риска в стратегическом планировании: изменение климата и пожары. Атмосферные концентрации парниковых газов возрастают во всем мире с начала индустриальной революции и предположительно приведут к изменению климата на региональном и глобальном уровнях. Обезлесивание пожарами и другими средствами способствует предсказуемому росту радиоактивных (излучающих активных) газов. Влияние этого роста парниковых газов в общем определяется с помощью атмосферных моделей общей циркуляции (круговорота) [12]. В рамках этих моделей было предсказано среднее глобальное потепление на 2-4 °С к середине этого столетия за счет роста концентрации двуокиси углерода, с самым сильным средним потеплением и рост длительных сухих периодов во время лета на высоких широтах. В результате, возрастет риск пожаров и суровость климата. В рамках этой модели было предсказано уменьшение осадков в течение первых летних месяцев в зоне северных лесов.

Природные пожары также имеют как краткосрочное, так и долгосрочное влияние на слабые газовые эмиссии от экосистем, которые подверглись действию лесных пожаров. Например, после пожара выделение CO₂ и N₂O могут быть более значимые, чем их непосредственное выделение во время пожара. На глобальный углеродный цикл значительно влияют прямые или косвенные эффекты пожаров растительности. Например, в нетронutom (чистом) тропическом лесу величина порядка 400 тонн органического вещества (над и под землей) на гектар равно накоплению примерно 200 тонн углерода на гектар. После сжигания и преобразования в ухудшенную пастбищную экосистему углерода накапливается менее 10 т/га. Около 190 т/га углерода в этом случае частично остается в атмосфере и способствует парниковому эффекту. Надо сказать, что углерод и другие питательные вещества также

уносятся водой и ветром и осаждаются в океанах, где они остаются недоступными для повторного роста растений.

Южно-Африканская инициатива исследования атмосферы в результате действия пожаров (SAFARI). Проект исследований под названием SAFARI был африканской региональной составляющей южно-тропического атлантического регионального эксперимента. Целью SAFARI была программа проведения измерений концентраций продуктов горения с самолета, спутника и на поверхности Земли, которые проводились в 1992 г. для исследования источников слабых выбросов газов, а также химических процессов от природных пожаров над Атлантическим океаном в южных тропиках в атмосфере и переноса вредных веществ в атмосфере.

Было установлено, что пожары в тропической растительности сильно влияют на глобальную атмосферу. Пожары в Южной Америке и Африке выделяют газы- предвестники, которые приводят к формированию высоких концентраций озона в тропосфере над Атлантическим океаном. Эти научные открытия основаны на исследовании выбросов из фронта горения (см. рис. 2.3.6) на земле и выделений (эмиссий) пожаров с самолетов.



Рис. 2.3.6. Анализ состава газовыделений от пожаров, исследуемых в организации SAFARI с использованием пробоотборников

Мониторинг активных пожаров, загрязнений дымом и ущерба от пожаров в юго-восточной Азии. Анализ специальных ежедневных пожаров и загрязнения дымом дается для стран юго-восточной Азии. Он включает в себя рейтинг опасности ежедневных пожаров и нынешнюю информацию о пожарах из некоторых основных регионов, чтобы поддерживать готовность служб охраны и защиты леса; обнаружение пожаров со спутников для контроля всех природных пожаров и пожаров, обусловленных землепользованием; обеспечение карт поверхностных ветров, чтобы поддерживать оценку потенциального трансграничного загрязнения атмосферы дымом; данные о погоде из некоторых основных регионов.

Общее наблюдение за лесными пожарами (IFFM) и содействие проектам постоянного управления пожарами (SFPM) в Индонезии привело к совместным Индонезийско-Германским проектам, поддерживаемым немецким агентством для технического сотрудничества GTZ. Были разработаны методологии для оценки ущерба от пожаров в системах тропических лесов и землепользования.

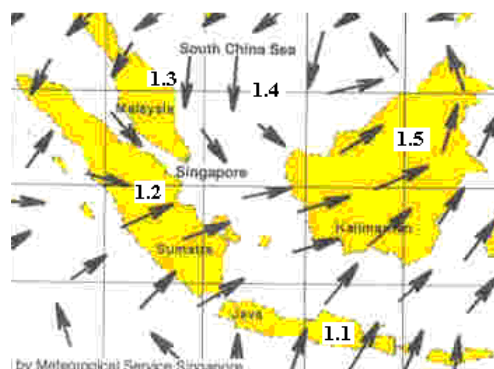


Рис. 2.3.7. Изменение поля скоростей в атмосфере и последствия лесных пожаров в Юго-Восточной Азии: карта Юго-Восточной Азии (1.1 – остров Ява; 1.2 – Суматра; 1.3 – Малайзия; 1.4 – Южно-Китайское море; 1.5 – Калимантан)

Определена площадь, охваченная пожаром в провинции Восточного Калимантана (Индонезия) в период засухи 1997-98 гг. составила 5,2 млн га (для сравнения: эта площадь соответствует 50% всех лесов Германии).

Оценки влияния бывшей, настоящей и будущей роли природных пожаров на состояние экосистем, землепользовании и состав атмосферы можно осуществлять с использованием карт наблюдений (рис. 2.3.7) отнести частично на инвентари, которые должны быть выполнены в соответствующих пространственных масштабах для конкретных значений времени. Процедура и формат стандартизованного статистического сообщения о пожарах на международном уровне еще не разработана на должном уровне. ГЦНП непрерывно выдает обновленный набор данных, глобальное представление о состоянии растительности при пожарах (GFVI), который создается на основе опубликованных региональных и национальных статистических данных, а также сообщений от организаций, которые были предоставлены в двустороннем порядке по просьбе ГЦНП. ГЦНП планирует развитие стандартизованной и глобально признанной пожарной инвентаризационной системы, которую сейчас обсуждают. Информация о природных пожарах, которую собирают, включает данные о природных пожарах, а также различные типы использования огня в системах землепользования. ГЦНП также поддерживает пожарные группы глобального наблюдения за лесами (GOFC) и проекты поддержки регулирования бедствий (DMSP), так как обе они – неотъемлемые части интегральной глобальной стратегии наблюдения (IGOS) комитета спутникового наблюдения земли (CEOS).

Следуя первому предложению ГЦНП, пожарная группа GOFC рекомендовала принятие критериев и процедур внедрения глобальной инвентаризации растительных пожаров под эгидой ООН. Усовершенствованная система относительных данных для междисциплинарной оценки влияния эффектов пожаров на глобальную окружающую среду должна включать самые важные экологические, экономические и гуманитарные параметры, которые требуются для полной оценки прямых воздействий и косвенных последствий пожара (например, эмиссий газов и аэрозолей от пожаров) в разных регионах глобального общества.

Требуется создать современные технологии чувствительных элементов (датчиков) и операционные системы для спутников слежения за пожарами, чтобы улучшить пространственно-временное разрешение и информационное содержание в научно-исследовательских целях и целях тушения лесных пожаров. Модель-прототип улучшенного высокотемпературного датчика (HTE), BIRD (биспектральный миниатюрный спутник для обнаружения инфракрасного излучения, IR) сейчас разрабатывается Аэрокосмическим центром Германии в сотрудничестве с ГЦНП. Разработка новейшей системы датчиков инфракрасного излучения FOCUS, которая полетит как первая внешняя полезная нагрузка на международной космической станции (ISS) – это еще один совместный проект DLR-GFMC.

Организация продовольствия и сельского хозяйства ООН (FAO) и другие организации, участвующие в регулировании природных пожаров. Требуется международная стандартная терминология по пожарам для того, чтобы совершенствовать международную связь в науке и регулировании природных пожаров. ГЦНП подготовил пересмотренное и обновленное издание 1976 года. Источник: FAO 2000. Терминология регулирования природных пожаров. Организация продовольствия и сельского хозяйства ООН, FAO Документ 70 лесного хозяйства (пересмотр издания 1976 года). Основные директивы здравоохранения (WHO) Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в случаях растительных пожаров.

ГЦНП поддерживает *проекты и осуществляет внедрение регулирования пожарами и исследовательские проекты по всему миру*. Одна из главных целей концепции FIREGLOBE глобального центра регулирования пожарами – *это передать богатство научных знаний и технологий тем, кто организует охрану и защиту лесов от пожаров*. Таким образом, *удается поддержать развитие правильной национальной и региональной политики в этой области*. В первом десятилетии 21 века ГЦНП с помощью FIREGLOBE был нацелен на объединение стран, расположенных в эко-регионах с близкими и различающимися лесопожарными проблемами; удалось обеспечить такой процесс познания, при котором международные партнеры получают пользу друг от друга в развитии стратегий и операционных систем Объединенного регулирования пожарами. В результате в конце успешного процесса взаимодействия страны-партнеры FIREGLOBE смогут полностью понять:

- культурную;
- социально-экономическую;
- экологическую окружающую среду пожара.

Согласно [12] необходимо определить как выгодный размер (величину), так и вредный размер (наносающий ущерб, бедствие) лесного пожара.

Перенос технологий регулирования лесных пожаров на управление лесами осуществляет с 1980 г. головной институт ГЦНП – Исследовательская Группа экологии пожаров, которая внедрила огромное количество исследовательских проектов и разработки, включая программы обучения регулирования пожарами и консультативные, в юго-восточной, центральной и северной Азии, Африке и Южной Америке.

Научный и технический оплот обеспечивается соответствующими вкладами ГЦНП в продолжающиеся проекты, поддерживаемые сообществом Интегрального Регулирования (лесными) пожарами (I/F/FM) в Индонезии (GTZ, ITTO), Монголии (GTZ) и Намибии (Программа лесного хозяйства Намибии-Финляндии). Концепция IFFM требует интеграции местных сообществ в социально и политически сбалансированную программу защиты от лесных пожаров.

В дополнение к совместной рутинной работе с его спонсорами (ЮНЕСКО, Всемирный Банк, IUCN) и международным проектам исследования пожаров и разработкам, ГЦНП развивал тесные рабочие связи с ООН и другими международными организациями и содействовал следующим агентствам и программам:

– ECE (Экономическая комиссия ООН по Европе), FAO (Организация продовольствия и сельского хозяйства), и ILO (международная организация труда): поддержка отдела труда UN-ECE, отдел лесного хозяйства, формируя и координируя работу команды специалистов по лесным пожарам FAO/ECE/ILO;

– IDNDR (Международное десятилетие по сокращению природных бедствий): Рабочая группа раннего предупреждения Опасности Пожара и связанный с ним окружающей средой; эта деятельность будет продолжена в рамках организации преемника IDNDR (ООН главная задача между агентствами по сокращению бедствий, международная стратегия по сокращению бедствий - ISDR);

– FAO (организация продовольствия и сельского хозяйства ООН): пересмотр FAO многоязычного словаря регулирования природных пожаров.

– WHO (всемирная организация здравоохранения): подготовка основных директив здравоохранения в случаях растительного пожара;

– WMO (всемирная метеорологическая организация), ответственная за глобальное атмосферное наблюдение:

Программа трансграничного загрязнения дымом, юго-восточная Азия.

– ITTO (международная организация тропического леса): подготовка ITTO основных директив по регулированию пожаров в тропических лесах.

– INSARAG (международная консультативная группа по поиску и спасению): поддержка создания международной SAR группы отклика на природные пожары.

– GTZ (Германская организация по техническому сотрудничеству): научный оплот проектов технического сотрудничества.

Многие прямые и косвенные воздействия природных пожаров и землепользования на растительность в различных зонах мира и повышенная уязвимость экосистем и обществ от бесконтрольных пожаров привело к возросшему общественному и политическому осознанию. Создан Глобальный центр регулирования пожаров, который обладает возможностями систематически следить, заносить в архив и распределять информацию о пожарах и соответствующих воздействиях на окружающую среду в глобальном масштабе. Деятельность Центра служит осуществлению множества целей. Они включают удовлетворение требований по информации со стороны ученых, которые занимаются анализом земных ресурсов, сообществ по смягчению последствий бедствий, предотвращению и регулированию пожаров, а также различных политических деятелей и обычной общественности.

Контрольные вопросы

1. Что такое лесной пожар? Расскажите о причинах возникновения лесных пожаров. Каковы условия возникновения и распространения лесных пожаров. Как измеряется пожарная опасность в лесу? Назовите виды лесных пожаров.
2. Зависимость распространения пожара от категории земель, характера горючего материала.
3. Источники огня в лесу. Характер их распределения и степень опасности.
4. Причины возникновения низового лесного пожара.
5. Переход низового лесного пожара в верховой.
6. Основные параметры лесного пожара.
7. Результаты анализа глобальных последствий природных пожаров
8. Особенности пламенного и беспламенного горения в лесу.

3. ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Обнаружение лесных пожаров – установление пожара по дыму или другим признакам горения (тепловому излучению, запаху гари) и определения точного места очага горения.

Каждый пожар начинается с точечного источника огня – спички, не затушенной сигареты, от костра, молнии и т. п. В сухую погоду при свободном распространении огня первоначально небольшой очаг распространяется на сотни гектаров, когда его тушение становится очень сложной задачей. Вот почему так важна оперативность обнаружения лесных пожаров. Способы обнаружения лесных пожаров можно объединить в 3 группы:

1. Наземные, при которых пожары обнаруживаются с наземных стационарных наблюдательных пунктов, при патрулировании на наземном или водном транспорте.

2. Авиационные. Обнаружение пожаров осуществляется с борта летательных аппаратов (самолетов, вертолетов, дирижаблей), специально для этого выделенных. Сообщения о лесных пожарах поступают и с борта летательных аппаратов, выполняющих плановые рейсы.

3. Космические – с борта искусственных спутников Земли и пилотируемых космических кораблей.

Выбор метода и способа наблюдений за лесной территорией определяется в первую очередь освоенностью территории, а в целом совокупностью факторов. Но во всех случаях наблюдение должно обеспечивать оперативность обнаружения загорания.

3.1. Наземное обнаружение лесных пожаров

Пожарные наблюдательные пункты. Основным способом наземного обнаружения лесных пожаров является наблюдение за лесом с пожарных наблюдательных пунктов.

Пожарный наблюдательный пункт (ПНП) – это специально оборудованное сооружение, предназначенное для осмотра территории и обнаружения лесных пожаров. Наблюдательные пункты бывают разных конструкций, сооружаются из различных строительных материалов, что определяет срок их действия. Сейчас на практике по конструкции ПНП выделяют 3 основные группы:

- 1) пожарные наблюдательные вышки (ПНВ);
- 2) пожарные наблюдательные мачты (ПНМ);
- 3) пожарные наблюдательные пункты павильонного типа.

Строительство пожарного пункта мероприятие дорогостоящее, поэтому для наблюдения за лесами можно использовать имеющиеся на охраняемой территории высокие сооружения: колокольни, триангуляционные вышки, радиорелейные мачты и др. Иногда лесхозы устраивают упрощенные наблюдательные пункты на высоком дереве. Наверху дерева устраивается площадка с перилами и навесом для наблюдателя. Для подъема на площадку сооружается лестница. Сооружение для жесткости можно укрепить двумя стойками, скрепленных досками в виде поперечин.

Помимо постоянных ПНП могут быть и временные. Срок их действия ограничен проведением одной операции: наблюдение за ходом развития лесного пожара, контролируемого выжигания, окарауливания локализованного пожара и т. д.

Но часто имеющихся высоких сооружений недостаточно и приходится сооружать ПНП. Строятся они из дерева или из металла. Сеть наблюдательных пунктов должна быть построена таким образом, чтобы наблюдением охватывалась вся охраняемая территория лесного фонда, при этом большее внимание необходимо уделять участкам высокой пожарной опасности с наличием потенциальных источников огня.

Методики размещения ПНП на местности до настоящего времени отсутствуют, хотя имеется несколько предложений. Так, предлагается использовать топокарты с высотными

отметками, гипсометрические модели местности, на которых источник света перемещают из одной точки макета в другую и таким путем по теневым участкам отыскивается точка, для которой размер не просматриваемых площадей минимальный. Но и в этом случае важное значение имеет характер не просматриваемой местности – занята ли она ценными и высокогоримыми лесами, либо, наоборот, опасность возникновения лесных пожаров на ней минимальная.

Из существующих сейчас способов размещения наблюдательных пунктов наиболее простым и достаточным является выбор места строительства ПНП в натуре. Осматривается несколько вариантов и выбирается оптимальный.

При выборе места строительства ПНП учитывается не только максимальная видимость территории, но и ценность лесных массивов, частота пожаров, удаленность от населенного пункта, а также возможность организации надежной радио или телефонной связи с пунктом.

При размещении ПНП следует иметь в виду, что точное определение места загорания с одного пункта возможно только при возникновении пожара вблизи пункта и недалеко от хорошо известного ориентира. Либо тогда, когда на ПНП установлен инструмент с дальномером. В других случаях наблюдатель может установить по азимутальному кругу только направление на пожар, поэтому ПНП размещают так, чтобы любой участок охраняемой территории просматривался не менее, чем с двух точек. Тогда с каждого ПНП определяется направление на пожар (видимую дымовую колонку) и азимут сообщают в контору лесхоза, лесничества или на пожарно-химическую станцию. Там с помощью карты лесничества, на которой точно привязаны ПНП, по полученным азимутам проводят прямые линии. Место пересечения линий и будет местом пожара.

Для проведения наблюдений с ПНП он должен быть соответствующим образом оборудован. Там должен иметься угломерный инструмент для определения азимута на пожар, но обычно угломерный инструмент заменяют самодельным приспособлением. На площадке наблюдателя (в центре) сооружается столик, на котором укрепляется вычерченный азимутальный круг с делениями $0,5^\circ$. Азимутальный круг по надежному компасу ориентируется строго по странам света. В центре азимутального круга укрепляется стрелка с диоптрами на концах для визирования на пожар. Кроме того, на ПНП должен быть бинокль, средства связи и журнал наблюдений.

При появлении дымовой колонки наблюдатель по азимутальному кругу определяет направление на пожар, по цвету дыма вид пожара (низовой, верховой). Ширина дымовой колонки может дать представление о площади пожара, а характер дымообразования – об интенсивности пожара. Полученные в результате наблюдения данные немедленно заносятся в журнал, где указывается:

- 1) время обнаружения (месяц, число, час, минута);
- 2) характеристика пожара по видимым признакам;
- 3) азимут на пожар (если наблюдатель определил место пожара, то указывается квартал, либо другие хорошо известные ориентиры);
- 4) время сообщения о пожаре лесничеству, лесхозу, ПХС;
- 5) должность и фамилия лица, принявшего сообщение.

Однако, следует помнить, что даже при минимальном радиусе обзора отдельные участки территории могут не просматриваться из-за рельефа местности. Чтобы определить не просматриваемые с наблюдательного пункта участки, из точки расположения пункта на топографических картах проводят радиусы, вдоль которых по высотным отметкам топографических карт вычерчивают вертикальные профили. По ним определяют видимые и не просматриваемые участки территории.

Поскольку дым от лесного пожара, находящегося на стороне солнца, замечен на расстоянии 8-10 км, не следует располагать ПНП далее 10-12 км друг от друга. Принято считать, что если лесной пожар находится от наблюдателя ближе 8-10 км, то заметно движение дыма, если же дымовая колонка видна в виде неподвижного столба, значит

горение происходит на большом удалении. С одной пожарной вышки или мачты высотой 30 м можно обеспечить наблюдение за лесом на площади 20 тыс. га.

Все ПНП могут сооружаться только по типовым проектам с соблюдением строительных норм и правил по технике безопасности. Кустарное изготовление вышек и мачт не допускается. Построенные вышки и мачты принимает в эксплуатацию специальная комиссия с обязательным участием технического инспектора. Аналогичный порядок приемки принят для подъемных устройств, если они не монтируются одновременно с вышкой или мачтой. На каждую вышку и мачту заполняется технический паспорт.

Ежегодно до начала пожароопасного сезона комиссия осматривает все ПНП и по результатам осмотра составляется акт. Согласно правилам по технике безопасности на наблюдательных пунктах устанавливаются молниеотводы. Во время грозы, сильного ветра, в сумерках находиться на ПНП запрещается. Место размещения ПНП привязывается к квартальной сети и отмечается на пожарной карте лесхоза или лесничества условным знаком.

Дежурство на ПНП ведется в зависимости от величины комплексного показателя горимости лесов по условиям погоды.

Дежурство начинается:

- при II классе пожарной опасности с 11 до 17 час;
- при III классе пожарной опасности с 10 до 19 час;
- при IV-V классах - все светлое время суток.

Пожарные наблюдательные вышки. Вышка представляет собой деревянное или металлическое сооружение высотой 25 м и более с кабиной наблюдателя наверху. Высота вышки определяется по уровню пола наблюдательной площадки, на которую ведут лестничные марши. Широкое распространение получили деревянные вышки пирамидальной формы высотой в 25 м. Размер вышки по низу 5,5×5,5 м по верху 3×3 м. Подъем на вышку осуществляется по 5-ти маршевой лестнице. Площадка для наблюдения со всех сторон обшивается досками до высоты 1,1 м. Вышка устанавливается на столбчатый бетонный фундамент. Стойки выполняются из сосновых или еловых бревен. Деревянные пирамидальные вышки удобны, для них проще найти наблюдателя, но трудны в изготовлении, а главное, недолговечны. Срок их службы не превышает 10 лет. Но последнее объясняется применением для строительства вышек не антисептированной древесины. Пропитка же бревен каменноугольным маслом повышает срок их службы до 50 лет.

Собирают вышки в лежачем положении, а после сборки поднимают в вертикальное положение.

Металлические наблюдательные вышки. Имеется несколько типовых проектов металлических вышек разной конструкции и высоты. Широко распространена призматическая вышка высотой 35 м без подъемника с лестничными маршами. Вышка собирается из 5 одинаковых блоков сечением 1,4×1,4 м и высотой 6,8 м. Каждый блок имеет 2 лестничные площадки, расположенные внутри через 3,4 м. К площадкам крепятся под углом 80° наклонные металлические лестницы. Кабина наблюдателя имеет размеры 2,6×2,6 м и устанавливается на последнем блоке. Срок службы вышки – 30 лет. Имеется проект вышки высотой 60 м. Такие вышки имеются в Алтайском крае. При надлежащем уходе металлические вышки могут служить несколько десятков лет.

Пожарные наблюдательные мачты. Пожарная наблюдательная мачта – одностовальное деревянное или металлическое сооружение высотой 35 м, закрепленное в бетонном фундаменте и поддерживаемое в целях устойчивости системой растяжек. Пожарные наблюдательные мачты появились как альтернатива вышкам, строительство и материалоемкость которых достаточно высока. Мачты же проще по конструкции и менее материалоемкие сооружения.

Первые пожарные наблюдательные мачты (ПНМ-1) не отвечали требованиям технике безопасности, так как подъем наблюдателя на смотровую площадку предусматривался по

лестнице, укрепленной на стволе мачты. Да и сам подъем на 35 метровую высоту по вертикальной лестнице, без площадок для отдыха, а наверху мачта достаточно ощутимо раскачивается, требовал хорошо физически подготовленных и не боящихся высоты людей. В настоящее время такие мачты не строятся, а имеющиеся не используются.

Более совершенной явилась ПНМ-2. Она имела подъемник с противовесом, регулирование веса которого под конкретного наблюдателя, позволяло без особых усилий подниматься в кабине подъемника на наблюдательную площадку. Разновидностью ПНМ-2 явилась ПНМ-3. Эта мачта не имеет кабины наблюдателя наверху, а наблюдение осуществляется непосредственно с подъемника, что недостаточно удобно и утомительно.

Ствол мачты может быть не из дерева, а из металлических труб достаточного диаметра. Представителем таких мачт является ПНМ-4, имеющая наверху стационарную кабину наблюдателя.

Мачты в 3 раза дешевле вышек, но популярностью у лесников не пользуются, на них труднее, а иногда и невозможно, найти наблюдателя. Подъем на высоту по вертикальному столбу даже в кабине подъемника вызывает опасение у наблюдателя. К тому же мачта имеет способность раскачиваться даже при слабом ветре и наблюдатель, находясь в раскачивающейся кабине на большой высоте, испытывает чувство страха.

Пожарные наблюдательные пункты павильонного типа. В горных условиях достаточно высоких точек рельефа, откуда можно вести наблюдения, поэтому здесь нет необходимости строить высокие наблюдательные мачты и вышки. В горах достаточно выбрать командную отметку высот, с которой радиус обзора будет максимальный, а площадь не просматриваемой территории минимальной. На этой высоте строят пожарный наблюдательный пункт павильонного типа. Обычно это двухэтажное строение. Первый этаж служит служебным помещением, размер его 3,3×3,3 м, а второй этаж представляет собой остекленную площадку для наблюдателя, размером 2,9×2,9 м. Первый и второй этажи связаны лестницей, идущей из служебного помещения.

Павильоны имеют несомненное преимущество перед вышками и мачтами. Удобны в эксплуатации, нет подъема на высоту, и на них могут дежурить наблюдатели без ограничения возраста и других ограничений по физическому состоянию наблюдателя, которые есть при работе на вышках и мачтах.

Телевизионные установки. Обнаружение лесных пожаров путем осмотра территории с пожарных наблюдательных пунктов имеет существенные недостатки, главным из которых является необходимость постоянного нахождения наблюдателя на ПНП. Кроме того, невозможно привлечь наблюдателей пожилого возраста, многие люди боятся высоты, подъемники иногда отказывают и наблюдатель может оказаться заблокированным в кабине подъемника на неопределенное время.

В то же время развитие промышленного телевидения привело к созданию телевизионных систем с дистанционным управлением видеокамерой и установкой монитора в удобном помещении. При этом наблюдатель может вести наблюдение за территорией, находясь в обычной комнате в конторе или в специально построенном небольшом здании недалеко от вышки.

Наиболее известна модель ПТУ-59. Камера размещается на мачте, монитор в помещении и здесь же пульт управления камерой. В последние годы разработана ПТУ-96М, способная работать с цветным монитором и предназначенная для замены морально устаревшей черно-белой ПТУ-59.

Высота размещения ПТУ над лесом должна быть не менее 10 м. При таком размещении камеры видимый дым от пожара проектируется на лес и его лучше видно.

Передающая камера делает полный оборот за 4 минуты. Оператор может изменять вертикальный угол наклона камеры в диапазоне $\pm 45^\circ$ и останавливать ее в любой момент для тщательного осмотра сектора обзора. Если будет обнаружен дым, наблюдатель с помощью системы пеленгации достаточно точно определяет азимут на лесной пожар. Это возможно

потому, что камера ориентирована по магнитному меридиану и отклонение ее в градусах от этого направления может быть зафиксировано непосредственно на пункте управления камерой.

В принципе управление несколькими телевизионными установками возможно с одного пункта, но для этого надо решить несколько технических задач. Дело в том, что передача изображения с камеры на монитор возможна на расстоянии не более 1 км. За рубежом эта техническая задача решена, и монитор может находиться от передающей камеры на большом расстоянии.

В нашей стране в настоящее время использовать все преимущества телевидения при обнаружении лесных пожаров не представляется возможным. Наряду с положительными моментами этому способу присущ ряд недостатков, в основном технического характера. Прежде всего, телевизионные системы требуют подсоединения к линиям электропередачи, что уже создает определенные трудности в отдаленных районах. При передаче сигнала от видеоконтрольного устройства на расстояние больше 1 км необходимо устанавливать усилители, расходовать дорогостоящий кабель. Аппаратура быстро выходит из строя и при ее ремонте возникает много сложностей. Все это необходимо учитывать при решении вопроса об использовании ПТУ. Но, учитывая достоинства ПТУ и появление цветных мониторов, позволяющих отличать дым от пожара от пыли от автомобилей, за ними несомненное будущее.

Маршрутное патрулирование. Наземное патрулирование является хорошим дополнением к наблюдению с ПНП и авиационному обнаружению лесных пожаров в засушливые периоды. При большой задымленности атмосферы, что часто бывает при большой горимости лесов, наземное патрулирование становится одним из наиболее важных способов обнаружения загораний. Патрулирование проводится с целью выявления и пресечения нарушений правил пожарной безопасности в лесах, обнаружения загораний и принятия срочных мер к их ликвидации. Причем патрулирование является наиболее эффективной формой обнаружения возникающих лесных пожаров и источников огня, могущих вызвать пожары, и позволяет ликвидировать очаги загораний в самой ранней их стадии.

Патрульные группы формируются из работников лесничеств и работников пожарно-химических станций (ПХС). В пожарные команды могут включаться члены школьных лесничеств, но их роль ограничивается установкой факта пожара и проведением профилактических бесед с населением. Использовать школьников на тушении пожаров нельзя.

Патрульные группы работают в самых опасных в пожарном отношении массивах по заранее запланированным маршрутам. При разработке маршрутов учитывают классы пожарной опасности насаждений, интенсивность их посещения населением.

Патрулирование может быть пешее, конное, на мотоциклах, автомашинах, моторных лодках, катерах, дрезинах. Вид патрулирования зависит от местных условий, но в местах массового отдыха населения предпочтительнее пешее патрулирование. Максимум внимания патрулированию уделяют в выходные дни, на которые приходится 40 % всех недельных посещений леса. При чрезвычайной пожарной опасности (1V-V классы) одиночное патрулирование запрещается, а группы должны состоять из 3-4 человек, что вызывается необходимостью немедленного тушения загорания и срочного оповещения о нем лесохозяйственных подразделений.

Скорость движения транспорта на патрулировании лесов не должна превышать 20-25 км/час, в противном случае осуществить надежный осмотр территории невозможно.

Каждая патрульная группа должна быть обеспечена средствами пожаротушения: лопаты, топоры, ранцевые опрыскиватели с водой или раствором химических веществ, мегафонами для проведения профилактической работы при движении по маршруту. Группа должна располагать средствами связи с конторой лесничества, либо с ПХС.

Маршруты патрулирования ежедневно уточняются в зависимости от класса пожарной опасности по погоде. Время патрулирования при среднем классе пожарной опасности с 10 до 19 часов, при высокой – с 8 до 20 часов и при чрезвычайной пожарной опасности – круглосуточно.

3.2. Авиационное обнаружение лесных пожаров

С помощью авиации контролируют в основном удаленные территории в Сибири, на Дальнем Востоке, Урале и Севере европейской части России. Здесь имеются огромные площади неосвоенных территорий, малая плотность населения и организовать охрану лесов без помощи авиации невозможно.

Авиационная охрана лесов ведется базами авиационной охраны. Днем рождения авиационной охраны лесов от пожаров принято считать 6 июня 1931 года, когда впервые в истории страны в Нижегородском крае применили самолет для обнаружения очагов горения в лесу. За 40 часов летнего времени в течение 6 дней с самолета У-2 обнаружили 16 лесных пожаров. Самолет обеспечил охрану 1,5 млн. га.

В феврале 1936 г. в стране организовали воздушную службу для охраны лесов от пожаров: Государственный всесоюзный трест лесной авиации «Лесавиа», на местах сформированы авиационные отряды.

Авиационная база – хозрасчетное предприятие, выполняющее лесоохранные работы на основе договоров с Управлением лесами.

Непосредственная охрана лесов от пожаров на обслуживаемой территории выполняется оперативными отделениями. Каждое оперативное отделение располагает летательным аппаратом, руководство осуществляет старший летчик-наблюдатель. Командиром самолета или вертолета является летчик-наблюдатель. В задачу оперативного отделения входит задача не только обнаружение лесных пожаров, но и ликвидация их в зоне авиационной охраны. Для борьбы с лесными пожарами организованы подразделения авиапожарной службы: парашютно-пожарные и десантно-пожарные команды, численностью около 20 человек. Средняя площадь лесной территории, обслуживаемой одним отделением – порядка 3 млн. га.

С 1952 года основной машиной для авиапатрулирования лесов остается самолет АН-2. Он берет на борт 8 парашютистов со снаряжением и может находиться в воздухе 6 часов, пролетая за это время 1000 км. В последние годы парк самолетов АН-2 резко сократился и появились серьезные проблемы в авиапатрулировании лесов.

С 1957 года на авиалесоохране начали применять вертолеты. Сейчас широкое применение получили вертолеты МИ-8. С появлением вертолетов решен вопрос с доставкой десантников к местам лесных пожаров.

На тушении лесных пожаров начали применять и сверхтяжелые вертолеты. Так, МИ-26 способен доставлять внутри фюзеляжа или на внешней подвеске 20 т груза на расстоянии до 500 км. С появлением такого вертолета решается вопрос с доставкой на пожар землеройной техники, так необходимой при ликвидации крупных лесных пожаров.

С 1973 г. в системе авиационной охраны лесов начали организовывать механизированные отряды. За ними закрепляется территория, относящаяся к районам наземной охраны. На закрепленной территории мехотряды ведут обнаружение лесных пожаров с помощью обслуживающих их летательных аппаратов, тушат обнаруженные очаги загораний и ведут профилактическую работу по предупреждению и распространению пожаров. Мехотряды выполняют те же задачи, что возложены и на пожарно-химические станции лесхозов. Но в отличие от последних мехотряды более мощные подразделения. Численность их от 30 до 60 человек, они имеют более 20 единиц техники, в том числе бульдозеры, вездеходы, пожарные автоцистерны и другое достаточно мощное противопожарное оборудование. Мехотряды располагают высококвалифицированными

кадрами по тушению лесных пожаров. Создание мехотрядов позволило снизить горимость самых опасных в пожарном отношении лесов. В зоне действия мехотрядов, как правило, пожары ликвидируются оперативно и на небольшой площади.

Обнаружение лесных пожаров с помощью авиации осуществляется при авиапатрулировании территории лесничества. За каждым оперативным отделением закрепляется определенная площадь. Размер площади зависит от ряда факторов, но в первую очередь от классов природной пожарной опасности. Границы обслуживаемой площади должны совпадать с границами лесничеств.

На каждый летательный аппарат также устанавливается нагрузка по площади. Она должна быть такова, чтобы обеспечивала требуемый режим полетов и обслуживание лесных пожаров по установленной технологической схеме.

Коэффициент полезности маршрута определяется как отношение осматриваемой территории к расчетной площади, соответствующей протяженности маршрута. Смысл этого коэффициента заключается в том, что не вся территория под самолетом относится к обслуживаемой площади. Обычно коэффициент равен 0,7-0,8. Радиус обзора с летательного аппарата принимается в 30 км.

Оптимальная протяженность маршрута патрулирования зависит от кратности и количества пожаров на единицу охраняемой территории, поэтому варьирует в широком диапазоне от 200 до 600 км, а в исключительных тяжелых условиях может быть и меньше. Соответственно площади нагрузки на летательный аппарат составляют 1-3 млн. га.

После определения нормативной нагрузки на летательный аппарат разрабатываются маршруты полетов с условием осмотра всей охраняемой территории. Маршруты прокладываются по наиболее опасным в пожарном отношении массивам. За каждым самолетом и вертолетом закрепляется, как правило, один маршрут. Он может пролегать по территориям нескольких лесничеств. При этом часто, из-за сложной конфигурации границ лесничеств, создается ситуация, когда с одного маршрута вся территория лесничества не просматривается. Поэтому маршруты разрабатываются в целом для авиазвена сразу для нескольких летательных аппаратов. При этом часть территории лесхоза, не осматриваемая с основного для него маршрута, осматривается с другого летательного аппарата. Желательно, чтобы оперативные отделения размещались в тех же населенных пунктах, что и конторы лесничеств.

Авиапатрулирование – это регулярные полеты над лесной территорией в целях своевременного обнаружения лесных пожаров. Патрулирование проводится на высоте 600-800 м. В зависимости от условий видимости высота полета может быть и ниже, но нижний предел полета по высоте ограничен требованиями полетов в данной местности. Максимальная высота полета установлена в 2000 м. Количество полетов в день по маршруту определяется пожарной опасностью по погоде.

При I классе пожарной опасности авиапатрулирование не проводится. Выполняются в случае необходимости эпизодические полеты для контроля состояния действующих пожаров и оказания помощи командам, работающим на их тушении. Пожарные команды оперативных отделений занимаются тренировкой, подготовкой снаряжения и техники или выполняют другие работы.

При II классе авиапатрулирование проводится через 1-2 дня, а при наличии пожаров – ежедневно в середине дня в виде разовых полетов. Пожарные команды, если они не заняты на тушении пожаров, находятся на местах дежурства с 11 до 17 часов.

При III классе пожарной опасности авиапатрулирование производится 1-2 раза в течение дня с 10 до 17 часов. Пожарные команды, если не заняты на тушении пожаров, в полном составе находятся на местах дежурства с 10 до 19 часов.

При IV классе авиапатрулирование проводится не менее 2 раз в день по каждому маршруту. Пожарные команды, находятся в полной готовности к вылету, дежурят с 8 до 20 часов.

При У классе авиапатрулирование проводится не менее 3 раз в день по каждому маршруту, для чего привлекаются дополнительные летательные аппараты. Пожарные команды дежурят в полной готовности к вылету с 8 до 20 часов.

При обнаружении дыма во время патрулирования летчик-наблюдатель дает указание пилоту об изменении курса полета на пожар и осматривает очаг горения. Осмотр проводится с высоты 600-800 м.

Летчик-наблюдатель определяет вид пожара и наносит его границы на патрульную карту. Кроме границ пожара на карте красной стрелкой показывается направление движения фронта пожара, а черной стрелкой – направление ветра. Затем с помощью палетки определяется площадь пожара. Если площадь небольшая и на карте диаметр меньше 0,5 см, то место пожара обозначают красным кружком с крестиком. Площадь таких пожаров летчик-наблюдатель определяет на глаз.

Место загорания устанавливают путем привязки его к ближайшему ориентиру, или пеленгацией, если очаг находится на значительном расстоянии от ориентиров. Направление на пожар находят с двух ориентиров, выбранных таким образом, чтобы пересечение пеленгов было под углом близким к 90° (не менее 45° и не больше 135°). Летнаб может продолжать полет по маршруту лишь после того, как убедится в точности определения места пожара.

В донесении о лесном пожаре летнаб рисует абрис с границами квартала, указывает место пожара в нем, указывает ближайшие ориентиры и расстояния до них, наносит на абрис дороги и подписывает в какие населенных пункты они ведут и расстояния до них. Голубым цветом рисуются реки и ручьи, названия их также подписываются синим цветом, направления течения показываются стрелками. На абрисе указываются имеющиеся преграды для распространения огня, намечают пути подхода к очагу горения.

После составления схемы летчик-наблюдатель отдает распоряжение пилоту о снижении до высоты, позволяющей провести описание древостоя: состав, полноту, возрастную группу (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые). Но согласно инструкции снижаться над пожаром ниже 200 метров для самолетов и 100 метров для вертолетов не разрешается. После описания древостоя летчик-наблюдатель вносит в донесение характеристику пожара: вид пожара, его интенсивность; а также указывает необходимое количество рабочих для тушения и технических средств по их видам. В конце донесения летчик-наблюдатель дает рекомендации по тушению пожара. При этом необходимо учитывать вероятное развитие пожара до прибытия рабочих для ликвидации загорания.

Для определения вида пожара с воздуха руководствуются следующими признаками:

- низовой пожар – форма пожара вытянутая с извилистыми границами, цвет дыма беловатый;

- верховой пожар – площадь пожара сильно вытянутая, видны горящие кроны деревьев, цвет дыма темный;

- подземный пожар – границы пожара плохо заметны, огонь не виден, дым от недавно возникшего пожара поднимается по всей площади. У давно действующих границы выгоревшей площади хорошо заметны, дым сосредоточен по периферии очага, много упавших деревьев.

Для определения интенсивности низового пожара пользуются следующими придержками:

- высокая интенсивность – пламя заметно с высоты 200 м по всему фронту огня;

- средняя интенсивность – пламя заметно с высоты 200 м лишь на отдельных участках фронта огня;

- слабая интенсивность – с высоты 200 м огонь не виден.

В том случае, когда загорание обнаружено в районе наземной охраны лесов, летчик-наблюдатель должен сразу передать информацию в лесхоз открытым текстом, а донесение сбросить в пункт приема донесений лесхозом.

Если радиосвязь самолета с лесхозом отсутствует, то донесение доставляется в населенный пункт, находящийся ближе других к месту загорания. Если там нет пункта приема донесений, необходимо второй экземпляр сообщения сбросить в ближайший поселок, где этот пункт имеется. В любом случае, при прохождении маршрута патрулирования вблизи конторы лесхоза или лесничества, летнаб доставляет туда копию донесения, в котором дополнительно сообщает, в какие населенные пункты и когда передана информация о лесном пожаре.

Обнаружив пожар в зоне авиационной охраны лесов, летнаб немедленно докладывает о нем на авиаотделение. Его сообщение радист передает диспетчеру авиабазы, а тот ставит в известность лесничество, на территории которого зарегистрировано загорание.

Обнаружение пожаров в лесу с помощью авиации имеет много достоинств, но и не лишено некоторых недостатков. Полеты невозможны при сильном ветре, грозе, тумане, низкой облачности. При высокой задымленности атмосферы, что часто бывает при массовых пожарах, наблюдение с воздуха затруднено из-за слабой видимости. Поэтому для выявления плохо видимых по каким-либо причинам пожаров (задымленность атмосферы, слабого дымообразования при горении очень сухих горючих материалов и т. д.) предложено использовать инфракрасные приборы. Наиболее известны авиационные детекторы «Тайга» и «Тайга-2». «Тайга-2» состоит из четырех блоков: оптико-механического, установленного под фюзеляжем самолета; электронного; регистрации (записи) изображения ландшафта и очагов горения; пульта управления.

Угол обзора в направлении, перпендикулярном линии полета, при вращении сканера составляет 120°. Сканирование местности производится за счет вращения двухгранной пирамиды в оптико-механическом блоке.

Принцип действия прибора основан на преобразовании потока лучистой энергии от тепло излучающих объектов в электрический сигнал. Информация об этих объектах выводится на пульте в виде световой и звуковой сигнализации, а также ведется запись изображения лесного ландшафта и объекта тепловой аномалии на электрохимическую бумагу 1ЭХБ, шириной 125 мм.

«Тайга-2» работает в двух режимах: детектирования и съемки местности в инфракрасных лучах. В первом случае при попадании в сектор обзора прибора теплоизлучающего объекта на пульте управления срабатывает звуковая (зуммер) и световая сигнализация в виде загорания лампы, соответствующей одному из шести секторов, на которые разбит угол обзора. В этом режиме можно работать на высотах от 100 до 3000 м и обнаруживать очаги загорания от 0,06 га и более, не дающих видимого шлейфа дыма.

Во втором случае запись ландшафта с очагами загораний может проводиться одновременно с детектированием, но только на 7 дискретных высотах: 600, 800, 1000, 1200, 1500, 2400 и 3000 м. С более низких высот запись невозможна по техническим параметрам аппарата. При проведении записи ландшафта площадь загорания можно определить с большой точностью.

На основе «Тайги-2» сделана система «Вулкан». Она имеет факсимильный аппарат, также как и остальные блоки «Тайги-2», на борту самолета. Аппарат передает полученное изображение на копировальное устройство в авиабазе. Радиус передачи изображения – 300 км.

В настоящее время воздушное патрулирование лесов осуществляется на самолетах и вертолетах. Но еще в 1921 г. на лесной конференции было предложено использовать на охране лесов от пожаров аэростаты. В 30-е годы в период интенсивного развития дирижаблестроения проводились работы по применению дирижаблей на охране леса, но дальше проектов дело в нашей стране не пошло.

В США с 1987 года патрулирование лесов осуществлялось на дирижаблях. Количество их постоянно увеличивалось, что позволяло США контролировать всю территорию своей страны на высоте 3000 м. В настоящее время из-за интенсивного гражданского движения пассажирских самолетов и космического мониторинга по всей территории США специального авиапатрулирования территории не производится.

Хорошие перспективы имеет применение на охране лесов малой авиации. Один из перспективных, с точки зрения охраны лесов, представителей малой авиации – мотодельтаплан. Он в 30 раз дешевле самолета АН-2, подготовка летчика не требует много времени. Для разбега и взлета достаточно нескольких метров. Скорость – до 100 км/час, потолок – до 2000 м. Кроме пилота мотодельтаплан может поднять еще одного пассажира.

Примером обычного мотодельтаплана может служить Т-2 КМЗ О. К. Антонова. Он легкий, компактен, быстро трансформируется для решения разных задач. Взлетная масса аппарата 360 кг, масса пустого – 150 кг, коммерческая нагрузка – 100 кг, крейсерская скорость – 60 км/час, диапазон высот полета 1-3000 м, длина разбега – 50 м, пробега – 30 м. В сложенном виде дельтаплан представлен двумя пакетами размером 1800×700×500 мм. Два человека собирают дельтаплан за 30 минут.

Малые самолеты обеспечивают более высокую точность работ, проще в эксплуатации, не требуют особых взлетно-посадочных полос, меньше расходуют горючего, дешевле в эксплуатации.

Наблюдения за поверхностью Земли из космоса открывают большие возможности для решения проблемы предупреждения, обнаружения и тушения лесных пожаров. Это особенно важно для районов, где редкая сеть метеорологических станций и не вся территория находится под контролем авиалесоохраны.

Для охраны лесов от пожаров большое значение имеют сканеры, производящие съемку в невидимом диапазоне спектра – ИК радиометры. Они позволяют регистрировать температурные контрасты с погрешностью менее 1°C. Но использование тепlopеленгационных приборов, несмотря на их высокую чувствительность, встречает в лесной обстановке серьезные трудности. Тепловое излучение экранируется пологом леса, подлеском, осложняют обнаружение очагов облака и т. п.

Лабораторией лесной пирологии Института леса и древесины РАН создана бортовая автоматизированная система «Прогноз», состоящая из подсистем спутникового контроля, самолетного зондирования и наземного пункта приема и обработки дистанционной информации. Суть ее заключается в следующем.

При обнаружении загорания спутник передает исходную информацию о нем по радиоканалу на центральный диспетчерский пункт, находящийся в штабе территориальной авиационной базы охраны лесов. Здесь поступившие сведения анализируются с помощью ЭВМ и затем на ближайшее к очагу горения оперативное отделение поступает указание диспетчера. Патрульный летательный аппарат за короткое время доставляет пожарный десант к месту горения. Но пока эта система не работает.

3.3. Организация наземной охраны лесов

Наземную охрану лесов от пожаров осуществляют лесничества и лесопарки. Основной задачей их является контроль за соблюдением Правил пожарной безопасности, предупреждение возникновения лесных пожаров или обнаружение их в начальной стадии.

В лесничестве всей работой руководит лесничий, он несет всю ответственность за организацию охраны лесов от пожаров на его территории. Лесничий участвует в разработке планов противопожарных мероприятий по лесничеству и организует их выполнение. В зависимости от степени пожарной опасности насаждений, разрабатывает маршруты

патрулирования временных пожарных сторожей, организует дежурства на пожарных наблюдательных вышках и мачтах, пунктах приема донесений в конторе лесничества.

В соответствии с оперативными (мобилизационными) планами по борьбе с лесными пожарами, утвержденными местными органами самоуправления районов, лесничий привлекает на тушение лесных пожаров рабочую силу и технические средства предприятий, организаций и учреждений. Но оперативное привлечение указанных сил возможно лишь в том случае, когда при подготовке оперативного плана будет точно выяснено, какими средствами располагает предприятие и когда установлены тесные контакты с руководителями предприятий, которые обязаны выделять людей и технику для тушения лесных пожаров с назначением ответственного лица от предприятия за сбор людей, их экипировку и направление рабочих и техники на пожар.

В соответствии с новым лесным законодательством тушение пожаров должны осуществлять организации, выигравшие конкурс по осуществлению такой деятельности. Выиграть может любая организация, предложившая наиболее выгодные условия для управления лесами, если даже у нее вообще ничего нет не только для тушения пожаров, но и для всякой другой деятельности. По замыслу в конкурсе предусматривалось участие лесхозов, но сейчас их нет не только, чтобы создать конкуренцию, но в Томской области, к примеру, они вообще исчезли по причине банкротства.

При отсутствии в лесхозах и лесничествах пожарно-химических станций организуют и укомплектовывают пункты сосредоточения пожарного оборудования и средств тушения пожаров. Нормы обеспечения пунктов противопожарным инвентарем и оборудованием утверждены приказом Федеральной службы лесного хозяйства Российской Федерации № 290 от 29.10.93 г. Кроме того, на пожароопасный сезон создается дозорно-сторожевая служба. Она включает в себя метеосигнализацию, наземное патрулирование, наблюдение с пожарных наблюдательных пунктов.

Работа на наблюдательных пунктах организуется в течение всего пожароопасного сезона. Для определения места лесного пожара методом засечек наблюдательные пункты необходимо оснастить геодезическими угломерными инструментами, биноклями и часами, а в конторах лесхозов и лесничеств на схематический план лесного массива нанести места нахождения наблюдательных пунктов и азимутальные круги с делениями, а также общий ориентир для всех вышек.

Руководство работой наблюдателей на пожарных наблюдательных пунктах и ответственность за организацию их работы возлагаются на инженера по охране и защите леса.

В лесхозах согласно классу пожарной опасности по природным условиям организуют пожарно-химические станции (ПХС).

ПХС-1 (первого типа) организуют в основном при лесничествах. Они оснащаются легкими средствами пожаротушения, транспортом, предназначены для быстрой ликвидации возникающих лесных пожаров на закрепленной за ними территории. Команда ПХС-1 формируется, как правило, на пожароопасный сезон.

ПХС-2 (второго типа). Они оснащены большим количеством и более мощной противопожарной техникой. Задача ПХС-2 – тушение пожаров в начале развития на закрепленной территории и, кроме того, тушение пожаров, вышедших из-под контроля, на территории, обслуживаемой ПХС-1. Команда ПХС-2 может формироваться на постоянной основе, но обычно на постоянную работу принимаются основные специалисты, а рабочие формируются на временной основе – на пожароопасный сезон.

ПХС-3 (третьего типа) организуют в районах, леса которых имеют очень высокую природную пожарную опасность, продолжительный пожароопасный сезон и являются наиболее горимыми. Формируется как специализированная межрайонная лесопожарная станция при управлении лесами, оснащается мощной техникой, транспортом для

оперативной доставки команды и средств пожаротушения. Является формированием круглогодичного действия.

Тип пожарно-химической станции (ПХС-1, ПХС-2), размер закрепленной за ней территории, перечень пожарной техники, оборудования и транспорта, порядок комплектования и численность команды устанавливаются лесничими в соответствии с планом противопожарного устройства лесов, положением о ПХС и утверждается вышестоящим органом лесного хозяйства.

ПХС-3 организуется руководителем регионального управления лесами по согласованию с Федеральной службой лесного хозяйства России. Структуру и численность команды определяют с учетом закрепленной за ней техники, автотранспорта и числа лесопожарных команд, входящих в ее состав, а также финансовых средств, выделенных на ее содержание. Каждая команда при необходимости должна самостоятельно тушить лесные пожары.

Команды ПХС в лесных массивах с высоким классом пожарной опасности укомплектовываются постоянными работниками (команда круглогодичного содержания) по принципу профессиональных пожарных команд. В неопасный в пожарном отношении период такие команды используют на других работах.

Состав команд ПХС уточняют за 10-15 дней до начала пожароопасного сезона. По плану, утвержденному директором лесхоза, с командой проводят занятия и учения по тактике и технике тушения пожаров. По результатам обучения составляют акт о готовности техники и команды к выполнению возложенных на нее обязанностей. Акт утверждает директор лесхоза, а для ПХС-3 – руководитель управления лесами области.

Команды ПХС в течение пожароопасного сезона систематически отрабатывают совместное применение различных средств и методов тушения лесных пожаров. Целесообразны тренировочные выезды команд всех ПХС лесхоза для отработки совместных действий при тушении крупных пожаров в сложных условиях.

Работой ПХС в лесхозе руководит директор. Постоянный контроль за состоянием и правильным использованием пожарной техники, оборудования, инвентаря, средств связи и транспорта, а также контроль за подготовкой и работой команд возлагается на инженеров по охране и защите леса.

Задача лесохозяйственных органов и лесхозов состоит в том, чтобы обеспечить своевременное выявление возникающих в лесу пожаров и ликвидировать их на малых площадях, не допуская распространения. Тушение осуществляется силами и средствами лесхозов, а в зоне применения авиационных сил и средств – оперативными авиаотделениями и механизированными отрядами авиабаз. Однако бывают случаи, когда сил и средств лесхозов и авиабаз не хватает для тушения нескольких одновременно действующих пожаров и они начинают распространяться на больших площадях. В этих случаях к борьбе с лесными пожарами привлекают дополнительные силы и средства с промышленных и сельскохозяйственных предприятий и подразделения МЧС, которые и организуют работы по тушению лесных пожаров.

Правилами пожарной безопасности в лесах Российской Федерации установлено, что руководители предприятий, организаций и учреждений обязаны направлять по требованию работников лесной охраны лесхозов и баз авиационной охраны лесов рабочих и технические средства, привлекаемые на тушение лесных пожаров, в соответствии с решениями местной исполнительной власти. Сроки подготовки людей и техники не должны превышать 2 часов с момента принятия решения о направлении дополнительных сил и средств и передачи этого решения руководителю предприятия, учреждения.

Федеральной службой лесного хозяйства России и Правительства были разработаны и утверждены в октябре 1993 г. «Нормы обеспечения противопожарным оборудованием, средствами тушения лесных пожаров владельцев лесного фонда и лесопользователей». Эти нормы обязательны для всех предприятий и организаций, работающих в лесу или имеющих в

лесах свои объекты: лесозаготовительные предприятия и их подразделения; торфодобывающие предприятия; предприятия, производящие добычу полезных ископаемых; предприятия, имеющие шоссейные дороги, нефтепроводы и газопроводы, линии электропередачи, связи и другие линейные объекты в лесу; изыскательские и исследовательские экспедиции, партии, отряды; туристические базы и другие организации, работающие в лесу.

Организация связи. Эффективная работа по обнаружению и своевременному началу тушения лесных пожаров зависит от быстроты передачи информации о загорании и принимаемых мерах по его ликвидации. Даже небольшая задержка сообщения о произошедшем загорании лесного массива при высокой горимости грозит тяжелыми последствиями и сводит на нет все усилия по обнаружению очага загорания.

В настоящее время основными техническими средствами связи являются радиосвязь и телефонная связь по проводам.

Для организации радиосвязи следует иметь разрешение соответствующих служб. Радиостанции подлежат регистрации, им устанавливают рабочие частоты и позывные.

Связь на охране лесов осуществляется по единой схеме, обычно в ее основе лежит ступенчатый признак. Лесхозы связываются с территориальным управлением, соседними лесохозяйственными предприятиями, другими организациями, производящими работы в лесу, оперативными отделениями, летчиками-наблюдателями, находящимися в воздухе, а также со всеми лесничествами и административными органами.

Лесничества поддерживают связь с ПХС, наблюдательными пунктами, лесными кордонами, патрульными группами, самолетами и вертолетами авиаохраны и административными органами. ПХС налаживают связь с наблюдательными пунктами, пожарными командами в местах работ.

В некоторых случаях для связи летательных аппаратов с наземными службами сбрасываются вымпелы. Вымпел представляет собой мешочек из ткани с двумя отделениями, в одном из которых размещается донесение о пожаре, а второе заполнено песком. Вымпел заканчивается лентой длиной до 1 м, для более быстрого его нахождения на земле. В некоторых случаях связь с помощью сбрасываемого вымпела является единственно возможной и точной. При появлении самолета над пунктом приема донесений, дежурный выходит на улицу и расстилает на земле белый флаг, что говорит летчику-наблюдателю о готовности дежурного принять донесение. После поднятия вымпела дежурный тем же флагом делает отмашку, что говорит о приеме донесения. Если флаг продолжает лежать на земле, то это является сигналом летчику-наблюдателю о том, что дежурным донесение не получено (вымпел не найден). В этом случае летчик сбрасывает копию донесения и будет их сбрасывать до тех пор, пока дежурный не сделает отмашку, подтверждающую факт приема донесения.

Иногда на самолетах и вертолетах устанавливаются звуковещательные станции ЗСВС. С их помощью можно передать сообщение с летательного аппарата на землю. Обычно станции ЗСВС применяются для подачи команд с борта самолета АН-2 и вертолетов МИ-8 при патрулировании лесов и выполнении работ по тушению загораний.

Обратная связь, когда отсутствует радиосвязь, может быть выполнена специальными сигналами, передаваемыми переговорными полотнищами. Для передачи информации полотнища раскладывают на земле определенными знаками, ранее согласованными с экипажами летательных аппаратов. Таким способом можно передать экипажу самолета срочные сообщения (о необходимости медицинской помощи, доставки продуктов питания, питьевой воды, проведения розыска заблудившихся и др.).

Самая оперативная связь – радиосвязь. Радиостанции, используемые на охране лесов, работают либо на коротких (1,6-1,8 МГц), либо на ультракоротких (33-46 МГц) частотах. Связь на УКВ частотах более четкая и надежная, но ограничена прямой видимостью. Рации КВ диапазона более пригодны для лесничеств, расположенных в многолесных районах с

малой плотностью населения. Рации УКВ диапазона используют в обжитых районах, где площади лесничеств небольшие и связь приходится осуществлять на короткие расстояния.

Для связи управления лесами с отдаленными лесничествами и авиабаз с оперативными отделениями применяются КВ радиостанции мощностью 30 Вт и более. Команды на пожаре связываются с патрульными самолетами, используя портативные рации. При разработке схемы связи на лесохозяйственном предприятии желательно дублирование связи, так как возможен отказ телефонов, помехи при радиосвязи.

Ежедневно перед вылетом воздушного судна на патрулирование радиостанция авиаотделения дает циркулярный сеанс связи для всех лесничеств в обслуживаемом районе. При этом уточняется очередность работы радиостанций летательного аппарата с наземными пунктами. Затем все радиостанции лесничеств включаются на радиоканал самолета или вертолета и следят за их работой, находясь в режиме «Прием».

При выполнении патрульного полета летчик-наблюдатель связывается с наземными службами и дает информацию об обнаруженных загораниях и общей пожарной обстановке. Радиообмен между станциями лесничеств на канале работы с летательными аппаратами возможен лишь по пожарным вопросам с момента, когда летнаб закончит сеанс связи словами «Конец работы». Радиосредства, следящие за сообщениями с патрульного воздушного судна, не могут быть выключены ранее конца работы, определяемого летнабом.

К работе на стационарных радиостанциях допускаются лица, прошедшие соответствующую подготовку и имеющие квалификацию радиооператора. Они должны знать и строго соблюдать ведомственный перечень сведений, разрешенных к передаче по радиоканалам, а также правила ведения радиосвязи. При эксплуатации таких станций они устанавливаются в охраняемых помещениях.

Метеообслуживание. Погодные условия представляют наиболее изменчивый фактор из числа определяющих пожарную опасность в лесу. Известно, что наибольшее количество загораний возникает при антициклоническом типе погоды, когда вследствие длительной засухи горючие материалы просыхают и воспламеняются даже от искры. Поэтому в дозорно-сторожевую службу, кроме патрулирования и организации пожарных наблюдательных пунктов, входят метеонаблюдения и метеосигнализация.

Удобнее всего метеосводки получать с пунктов Госкомгидромета. Но сейчас эта услуга стала платной. Лесхозу сообщают либо вычисленное значение комплексного показателя, либо абсолютные величины температуры воздуха, температуры точки росы, количество осадков и др.

Наблюдения за погодой можно организовать и при лесхозе. В этом случае наблюдательные пункты должны быть оснащены психрометром Ассмана, осадкомером и иметь психрометрические таблицы.

В некоторых лесхозах есть специальные приборы для определения класса пожарной опасности по погоде – УСП-1. Разработан он в 1972 г. ДальНИИЛХом. С его помощью можно следить за изменениями комплексного показателя горимости в течение сезона без дополнительных расчетов и ежедневных наблюдений. Работает прибор автоматически и состоит из воронки для сбора осадков, двух прозрачных цилиндров разного диаметра, испарителя, поплавкового клапана и шкалы.

Работа УСП-1 основана на том, что через пористый фильтр испарителя жидкость испаряется. В результате в цилиндре малого диаметра понижается ее уровень, по которому на шкале можно определить комплексный показатель и класс пожарной опасности. При выпадении осадков через воронку прибора они попадают в малый цилиндр, повышая в нем уровень воды и снижая тем самым на шкале класс горимости. Для снижения показателей прибора до 1 класса достаточно 2,5 мм осадков, при таком дожде цилиндры заполняются до верхней нулевой отметки прибора. При более обильных осадках вода выливается из прибора. УСП-1 устанавливают подобно осадкомеру на открытом месте на высоте 1,5-1,8 метра над поверхностью почвы.

К недостаткам определения класса пожарной опасности погоды с помощью прибора УСП-1 можно отнести тот факт, что он учитывает осадки местного ливневого характера, которые, как правило, выпадают на небольших площадях. Но указанное относится и к данным метеостанций.

Кроме того, поскольку в лесу представлены различные горючие материалы по-разному реагирующие на изменение погодных условий, неодинаково горящие во время пожара и имеющие разную структуру, невозможно точно моделировать процесс их высыхания. В связи с этим многие исследователи отмечают необходимость строить шкалы по типам леса. Ибо участки разные по типологическим признакам характеризуются и своими отличными показателями горимости.

Контрольные вопросы.

1. Расскажите о методах обнаружения лесных пожаров. Сколько лесной площади приходится на одну вышку? В чем заключается работа лесной охраны по обнаружению пожаров?
2. Охарактеризуйте структуру лесопожарных подразделений лесничеств и баз авиалесоохраны.
3. Авиационная охрана лесов от пожаров.
4. Организация наземной охраны лесов.
5. Космический мониторинг лесов.
6. Метеообслуживание и организация связи при наземной охране лесов.
7. Перечислите основные виды работ, включаемые в план противопожарных мероприятий в лесничестве.
8. В чем заключается взаимодействие авиационной и наземной службы?
9. Перечислите виды наземных наблюдательных пунктов.
10. Как организовано патрулирование лесов работниками лесной службы?

4. ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Борьба с лесными пожарами – сложная и экологически важная задача, стоящая перед человечеством. Экономический и экологический ущерб от лесных пожаров настолько велик, а борьба с лесными пожарами настолько сложная задача, что требует самого серьезного внимания к этой проблеме. Сейчас нельзя сказать, что человечество взяло под контроль это стихийное бедствие, несмотря на значительные успехи в технологическом и техническом прогрессе нашей цивилизации.

В 1995 году в такой экономически развитой стране, как Канада, возникло 8302 пожара, огнем пройдено 7132370 га лесной площади. На тушение пожаров было задействовано 67 азротанкеров, 1088 комплектов pomp, выполнено 1200 первоначальных с воздуха атак в целях сдерживания распространения огня.

В 1997 году в Индонезии лесные пожары приняли масштабы экологической катастрофы. К сентябрю месяцу огнем было охвачено более 3 млн. га лесов. Правительство было вынуждено обратиться за помощью к другим странам, так как своими силами республика не в состоянии справиться со стихийным бедствием. Дымом от лесных пожаров была покрыта вся страна, в Джакарте буквально не чем было дышать. Аналогичное положение сложилось в начале 1998 года в лесах Бразилии.

Из этих примеров видно, что и в конце XX столетия лесные пожары представляют серьезную проблему для человечества.

В России ежегодно регистрируется от 12 до 34 тыс. лесных пожаров. Площадь полностью разрушенных пожарами лесов составляет 28,4 млн. га. Эта площадь, пройденная сильными пожарами с гибелью древостоев, в 3,3 раза больше, чем площадь не возобновившихся вырубок. Регулярное наблюдение за лесными пожарами выполняется только в зоне активной охраны лесов, включающей в себе две трети всех лесов. Остальная площадь лесов не охраняется.

Число лесных пожаров, регистрируемых ежегодно в охраняемой зоне лесов, колеблется между 10 и 30 тысячами, охватывающих от 0,5 до 2,1 млн. га лесов. Учитывая корреляцию между пройденной пожаром площадью и площадью погибшего леса (сухостоя) в охраняемой, неохраняемой и эпизодически охраняемой территории, можно сказать, что ежегодно лесные пожары оказывают воздействие на 0,9-3,7 млн. га лесного фонда России.

Почти половина всех лесных пожаров была обнаружена при авиационном наблюдении. Доля пожаров, обнаруженных с воздуха, в многолесных районах еще выше и достигает 70 %. Эффективная борьба с лесными пожарами возможна только при своевременном обнаружении и оперативном тушении очага загорания. Позднее обнаружение и задержка с началом тушения делают проблематичной успешность борьбы с пожарами.

4.1. Общие положения

Для горения необходимы горючие материалы, кислород воздуха в зоне горения и тепло, поступление которого должно быть не меньше, чем расходуется на подогрев воспламеняемых частиц и потерь в окружающее пространство. Устранение или ослабление какого-либо из перечисленных факторов влечет за собой затухание огня, на чем и основаны способы тушения.

Тушение лесного пожара включает следующие операции: остановку, локализацию пожара, дотушивание оставшихся очагов горения, окарауливание пожарища.

При тушении лесных пожаров применяют различные средства и способы: захлестывание огня по кромке пожара ветвями; засыпка кромки пожара грунтом с помощью лопат, грунтометов или полосопрокладывателей; прокладка на пути распространения пожара заградительных минерализованных полос и канав; производство отжига; тушение горящей

кромки водой или растворами химических веществ; искусственный вызов осадков из облаков.

Выбор способов и технических средств для тушения пожара зависит от вида, силы и скорости распространения пожара, природной обстановки, в которой он действует, наличия сил и средств пожаротушения и намечаемых тактических приемов.

Успех борьбы с лесным пожаром зависит от многих факторов, однако основными являются выбор правильной технологии работ и умелое руководство. Это особенно важно при тушении крупных пожаров (не потушенных в начальной стадии развития), где приходится использовать большое количество работников лесной охраны, привлеченных сил, технических и других средств. Успех тушения начинающихся лесных пожаров зависит от быстроты работ и правильного применения выбранных методов и приемов тушения.

Если по каким-либо причинам (позднее обнаружение и др.) пожар невозможно потушить в начальной стадии, руководителю необходимо организовать его тушение по одной из схем согласно выработанному плану. Для этого руководитель должен обладать следующими качествами: знать перспективное поведение пожара и иметь опыт организации тушения; знать тактику и технику тушения и противопожарное оборудование; владеть приемами борьбы с огнем; уметь руководить людьми и повести их за собой; следить за техникой безопасности; знать местность и хорошо ориентироваться в лесу и по карте.

Формирование рабочих групп из 2-6 человек в зависимости от вида и объема работ производится на месте пожара. Желательно, чтобы каждый вид работ обеспечивался соответствующей рабочей группой.

Каждый рабочий должен получить и знать задание по тушению конкретного участка пожара, а руководитель знать, где начинается и заканчивается участок, который должна обрабатывать его группа. Эти правила особенно важно соблюдать при непосредственном тушении огня, так как от этого зависит успех работ и безопасность работающих.

Когда на пожаре работают несколько групп, объединенных в команды, то руководитель команды является руководителем тушения, осуществляя свой замысел через руководителей групп на линии огня.

При условии дальнейшего развития пожара общее руководство берет на себя более опытный руководитель. При организации тушения крупного пожара создается штаб тушения, который возглавляет руководитель.

Руководитель группы численностью до 6 человек несет ответственность за качественное и своевременное выполнение работ на участке пожара, закрепленном за группой, или по тушению небольшого пожара. В последнем случае руководитель группы одновременно является и руководителем тушения пожара. Обязанности руководителя включают:

- точное понимание поставленной задачи и требований по ее выполнению;
- проверка наличия у членов группы спецодежды, санпакетов, средств тушения и другого оснащения до их направления к месту пожара;
- разумное распределение грузовых задач всех членов группы, исключив ненужные работы;
- оснащение рабочих необходимыми в данных условиях средствами пожаротушения;
- инструктаж всех членов группы и привлеченных на тушение по использованию индивидуальных средств пожаротушения;
- ведение списка всех работающих и учет их рабочего времени;
- обеспечение контроля над ходом работ и поведением персонала;
- обеспечение безопасности работ на тушении, при перевозках, переходах, соблюдение предосторожностей при курении и т.д.;
- обеспечение работающих питанием, установление порядка приема пищи;
- доклад руководителю команды обо всех нарушениях, происшедших по вине членов команды, и необходимых мерах по их устранению;

– особое внимание руководитель группы должен обратить на работу вновь принятых членов группы, работу группы ночью, в условиях непредвиденного поведения пожара.

Руководитель команды (18-20 человек) отвечает за выполнение предусмотренного вида объема работ, безопасность и поведение команды на работе, отдыхе и практически постоянно находится с командой.

При работах по тушению руководитель обязан перед началом работ или смены разъяснить:

- характер работ, подлежащих выполнению;
- длительность выполнения работ сменой;
- схему подчиненности с указанием лиц, отдающих распоряжения;
- организовать эффективную работу по выполнению поставленной задачи;
- распределить конкретные индивидуальные задания руководителям групп и членам команды в пределах порученного им участка заградительной полосы;
- проинструктировать (разъяснить или продемонстрировать) не имеющих опыта или новых членов команды об эффективности и безопасных способах выполнения задания;
- организовать оказание первой медицинской помощи лицам, получившим незначительные травмы;
- систематически проверять ход выполнения задания на месте работ.

Кроме того, руководитель команды должен:

- установить порядок (график) отдыха, питания, другого обслуживания работающих;
- позаботиться о подготовке пожарного оборудования и средств пожаротушения, получении питания, таборного имущества, средств связи, транспорта и т.д.;
- инструктировать работающих об их действиях при перевозке на машинах, вертолетах и их поведении при тушении с воздуха.

Выбор способов и технических средств для тушения пожара зависит от вида, силы и скорости распространения пожара, природной обстановки, в которой он действует, наличия сил и средств пожаротушения и намечаемых тактических приемов.

При тушении лесного пожара в первую очередь следует добиться снижения интенсивности горения. Физико-химические принципы прекращения горения заключаются в следующем:

1. Ликвидация горючих материалов на пути распространения лесного пожара. Достигается при применении почвообрабатывающих орудий, землеройных машин, ручных инструментов, взрывчатых веществ, предварительным выжиганием напочвенного покрова.

2. Прекращение доступа воздуха к горящему материалу. Для изоляции лесных горючих материалов от кислорода используют грунт, пену. Но можно вытеснить кислород из зоны горения и каким-нибудь газом.

3. Охлаждение лесных горючих материалов ниже температуры их воспламенения водой, растворами химикатов, грунтом.

4. Повышение устойчивости горючего к воспламенению. Здесь применяются такие приемы, как увлажнение горючих материалов, уплотнение их структуры, обработка ретардантами.

5. Отрыв пламени от горючего материала. Возникает при резком ударе ветками по кромке пожара или от мощной воздушной струи.

При использовании того или иного способа тушения чаще всего проявляется комплексное действие факторов. Например, грунт изолирует горючие материалы от кислорода, охлаждает их, а также сбивает пламя, если он брошен с силой в зону горения.

К огнетушащим относятся вещества и материалы, с помощью которых прекращается горение. Огнетушащие средства в зависимости от принципа прекращения горения разделяются на виды:

- охлаждающие зону реакции или горящие вещества (вода, растворы солей, твердый диоксид углерода и др.);

- разбавляющие горючие материалы в зоне реакции горения (инертные газы, водяной пар и др.);
- изолирующие вещества от зоны горения (химические и воздушно-механические пены, огнетушащие порошки, негорючие сыпучие вещества, листовые материалы и др.);
- химически тормозящие реакцию горения (составы 3,5; хладоны 114В, 13-В1и др.);

Существующие огнетушащие средства оказывают комбинированное воздействие на процесс горения, то есть, одновременно могут охлаждать и изолировать источник горения или тормозить реакцию окисления. Вместе с тем, любое огнетушащее средство обладает каким-либо доминирующим свойством.

4.2. Методы и способы тушения лесных пожаров

Тушение пожара, как правило, весьма трудная работа, сопряженная с определенной опасностью для работающих. Успех здесь зависит от правильности выбора тактики тушения.

Тактика – это выбор метода и средств тушения пожара в зависимости от характеристики участков, охваченных пожаром, и условий, существующих в момент тушения. Различают два метода тушения в зависимости от характера воздействия на процесс горения:

- прямой (непосредственное подавление огня);
- косвенный (упреждающий).

Прямой метод применяется в том случае, когда возможно непосредственно тушить кромку пожара или создать у кромки заградительную полосу. Косвенный метод используется, когда кромку пожара из-за высокой интенсивности горения тушить невозможно.

Прямой метод предусматривает непосредственное тушение пламени путем захлестывания, заливания водой и раствором химикатов, засыпание кромки пожара грунтом. Используют данный метод на низовых пожарах слабых и средних по силе, которые характеризуются небольшой высотой пламени и сравнительно медленной скоростью распространения огня.

Положительной стороной такого тушения является небольшой прирост пройденной огнем площади с момента начала работ и достаточно высокая производительность труда при слабом горении. Но диапазон лесорастительных и погодных условий, при которых возможно непосредственное тушение огня, весьма ограничен. Кроме того, рабочим приходится работать в условиях задымленности и при повышенных температурах. Работа очень трудоемкая и тяжелая, особенно при захлестывании и забрасывании огня грунтом.

Косвенный метод тушения предусматривает активные действия пожарных на некотором удалении от пожара. Этот метод основан на создании противопожарных барьеров перед надвигающейся кромкой пожара путем уничтожения горючих материалов (выжигание, механическое удаление, обработка химикатами, засыпка грунтом).

Косвенное тушение применяется при борьбе с высокоинтенсивными быстро распространяющимися пожарами. Это тушение более безопасно и позволяет использовать широкую механизацию работ. Но при использовании косвенного метода часть территории теряется, так как для создания заградительных барьеров требуется определенное время и приходится отступать от кромки пожара. И главное, чтобы успешно управлять этим процессом, нужен грамотный работник, имеющий соответствующий опыт.

Основная задача заключается в том, чтобы потушить пожар в начальной стадии его развития, когда пожар не набрал «силу» и может быть потушен небольшой группой людей из 2-6 человек с руководителем. В этом случае исход дела решают знания, опыт и быстрота действий руководителя и его группы.

Локализация лесного пожара в большинстве случаев проводится в два этапа. На первом этапе останавливается продвижение кромки пожара. Это дает возможность выиграть время и затем сосредоточить силы и средства на более трудоемких работах второго этапа –

прокладка заградительных минерализованных полос и канав, ликвидации очагов горения по периферии пожара с тем, чтобы исключить возможность возобновления пожара.

Захлестывание, засыпка грунтом, заливка кромки пожара водой или растворами химикатов в большинстве случаев обеспечивает выполнение лишь первой стадии локализации пожара – остановка его распространения, причем горение кромки часто через некоторое время возобновляется и пожар продолжает распространяться. Поэтому локализованным может считаться тот пожар, вокруг которого проложены заградительные минерализованные полосы и канавы, а лицо, руководящее тушением пожара, имеет полную уверенность, что применявшиеся способы локализации пожара исключают возможность его возобновления.

Дотушивание пожара производится сразу же после локализации и состоит в ликвидации очагов горения, оставшихся внутри пожарища.

Окарауливание пожара заключается в непрерывном или периодическом осмотре пройденной пожаром площади с целью предотвращения возобновления пожара от скрытых очагов, не выявленных при дотушивании.

Лицо, руководящее тушением пожара, с учетом имеющихся сил и средств, должно организовать быструю локализацию пожара. При организации работ должны быть учтены возможности использования препятствий, имеющихся на местности (противопожарных разрывов, минерализованных полос, ручьев, рек, автодорог и т.д.).

При прибытии на пожар должностное лицо лесной охраны, исходя из имеющихся в его распоряжении данных о пожаре, разрабатывает план тушения, в котором определяет тактические приемы и технические способы наиболее быстрой ликвидации пожара прибывшими силами и средствами. Если нет данных о пожаре, руководитель тушением организует разведку пожара, при которой должны быть выяснены: вид и скорость распространения пожара по фронту, на флангах и в тылу; наиболее опасное направление распространения пожара; наличие препятствий для его распространения; наличие опорных полос для пуска встречного огня и место, где наиболее быстро можно проложить опорные полосы; безопасные места для организации лагеря и пути отхода рабочих на случай прорыва огня; места укрытия и другие данные.

При невозможности потушить пожар собственными силами, руководитель тушением определяет возможную скорость распространения пожара и количество необходимых сил и средств для тушения пожара и эти данные передает в лесхоз, организовать тушение на наиболее опасном направлении.

При тушении кромки пожара по всему периметру каждому рабочему отводится определенный участок, на котором он должен остановить, локализовать и ликвидировать пожар. Если тушение пожара проводится продвижением с фронта к тылу или наоборот, то рабочий, закончив обработку своего участка, приступает к тушению участка впереди группы. У каждого рабочего должен быть только один начальник, отдающий ему распоряжения.

Слабые пожары тушат водой или растворами химикатов из ранцевых лесных огнетушителей распыленной струей. Каждому рабочему отводится участок, который можно потушить одной зарядкой емкости огнетушителя. При сильном пламени работают парами: один сбивает пламя, а второй обрабатывает кромку распыленной струей. С помощью насосов тушение пожаров всегда начинают с фронта, охватывая затем очаг по периметру.

Создание заградительных полос почвообрабатывающими орудиями, взрывчатыми веществами и отжигом всегда проводят в первую очередь перед фронтом. Заградительные полосы должны охватывать весь пожар или упираться в другие преграды.

Верховые пожары еще недостаточно изучены, поэтому основным способом их остановки является отжиг. Во всех случаях отжиг должен начинаться от имеющейся или созданной опорной полосы. Пуск отжига производится с таким расчетом, чтобы к моменту подхода фронта выгоревшая полоса была не менее 200 м.

Как правило, в вечернее время и рано утром интенсивность и скорость горения пожаров снижаются и в большинстве случаев они переходят в низовые, поэтому локализация верховых пожаров в это время наиболее возможна.

Руководитель работ на тушении верховых пожаров должен внимательно следить за изменением обстановки с тем, чтобы своевременно вывести людей при возникновении угрожающей ситуации.

Тушение подземных пожаров имеет свою специфику. Скорость распространения подземных пожаров незначительна, однако чаще всего они возникают при низовых пожарах в результате заглубления огня.

Локализовать подземные пожары возможно только созданием вокруг них канав, которые прокладывают канавокопателями, экскаваторами или другой землеройной техникой, а также взрывным способом. Канава должна быть прорыта до уровня грунтовых вод или минерального слоя почвы. Ширина канавы по дну должна быть не менее 30 см. Торфяные пожары тушат с применением торфяных стволов ТС-1 и ТС-2. Вода, подаваемая в стволы, должна быть «мокрой», то есть с добавлением смачивателей. Обычная вода сухой торф смачивает плохо, скатывается с него и не прекращает его горения. Скважины для торфяных стволов располагают в два ряда на расстоянии 0,3-0,4 м друг от друга и такое же расстояние принимается между скважинами в ряду.

Очаг небольшого торфяного пожара проще потушить путем уборки горящего торфа и складирования его на площадке, очищенной от горючих материалов.

При тушении подземных пожаров руководитель обязан перед началом работ организовать разведку пожара для определения границ горения. Установленная граница горения должна отмечаться на местности специальными знаками (флажками, вешками и др.) и окапываться канавой. Рабочих, производящих разведку на торфяных пожарах, снабжают шестами для проверки грунта при ходьбе по болоту и оказания помощи в случае падения рабочего в горящую каверну. При разведке и тушении подземных пожаров необходимо соблюдать большую осторожность, так как кромка пожара заметна не везде и можно провалиться в выгоревшую яму. Опасность для рабочих представляют и падающие деревья. Поэтому переход в сторону пожара через отмеченную границу или канаву запрещается.

4.3. Способы тушения огня при лесных пожарах

Захлестывание кромки пожара. Этот способ остановки низовых пожаров используется при борьбе со слабыми и средними по интенсивности горения. Несмотря на свою примитивность, захлестывание широко применяется в мировой пирологической практике. Способ хорош тем, что орудия производства имеются в лесу в достаточном количестве.

Техника захлестывания заключается в следующем. Для работы используют крупные ветви, связанные в пучок, либо молодые деревца с хорошо развитой кроной, у которых удаляют нижние ветви. Этими орудиями наносят скользящий удар по внешней горячей кромке в сторону выгоревшей площади. В этом случае горящие частицы не попадают на напочвенный покров, не охваченный огнем, а отбрасываются на выгоревшую площадь.

Огнетушащий эффект состоит в отрыве пламени от факела горючих газов, охлаждении зоны горения более холодным воздухом, частичное удаление горящих частиц на пройденную огнем площадь.

На участках с развитым кустарничковым покровом из вереска, багульника, брусники и других растений с гибкими стволиками захлестывание малоэффективно. Эти растения амортизируют удар и он не достигает напочвенного покрова. Не применяют этот способ и при тушении устойчивых низовых пожаров, когда огонь заглубляется в подстилку. Беспламенное горение нельзя ликвидировать ударом ветвей и ветер быстро раздувает огонь.

Чаще всего захлестывание используют на небольших пожарах, которые только начинают развиваться. Однако захлестывание можно использовать и на крупных пожарах

при остановке фланговых и тыловых частей кромки. Лучшие результаты достигаются в поздние вечерние и ранние утренние часы. В это время температура понижается, ветер затихает, а влажность воздуха повышается. Но поскольку надежность этого способа невелика, при борьбе с крупными пожарами он имеет второстепенное значение.

Производительность труда на тушении захлестыванием составляет в лишайниковых и зеленомошных типах в среднем 100-120 м/час на одного человека.

Сбивание пламени воздушной струей. Сбить пламя и удалить с кромки мелкие кусочки горючего на выгоревшую площадь можно мощной воздушной струей. В нашей стране на борьбе с лесными пожарами способом сбивания пламени воздушной струей используются ранцевые воздуходувки.

Воздуходувка лесная переносная ВЛП-2,5 предназначена для тушения кромки низового пожара воздушной или воздушно-жидкостной струей, дотушивания отдельных очагов горения, раздувания пламени при производстве отжига.

ВЛП-2,5 создана на базе пилы «Тайга-214». У пилы снимается шина и на ее место устанавливается направляющий аппарат, имеющий спиральный кожух. Воздух нагнетается вентилятором. При вращении вентилятор нагнетает воздух в сопло, откуда в виде высокоскоростной струи воздух направляется на горящую кромку.

В случае необходимости к воздуходувке присоединяется ранцевый огнетушитель РЛО-М. Вода по шлангу из емкости огнетушителя поступает в сопло вентилятора и таким образом создается воздушно-жидкостная струя. С помощью воздуходувки сбивают пламя низовых пожаров невысокой интенсивности. При этом оператор движется вдоль горящей кромки на расстоянии двух метров и сбивает пламя воздушной струей. Следом за ним на расстоянии 15-20 м движется второй оператор и дотушивает огонь воздушно-жидкостной струей. Такая схема повышает надежность остановки лесного пожара и увеличивает производительность труда за счет сокращения возвратов для ликвидации возобновившегося горения.

Заправки двигателя хватает на 30-35 мин работы и за это же время расходуется жидкость из ранцевого опрыскивателя. Поэтому для большей оперативности в помощь оператором требуется рабочий, в функции которого входит доставка горюче-смазочных материалов и воды. При таком составе звена производительность составляет 1-1,5 км/час, что значительно выше, чем при захлестывании и забрасывании грунтом.

Забрасывание кромки пожаров грунтом. Самым доступным огнегасящим веществом в лесу является грунт, поэтому он широко применяется при тушении лесных пожаров. Этот способ перспективен еще и по той причине, что наиболее горимые леса – светлохвойные – произрастают на сухих песчаных почвах, грунт которых больше других пригоден для ликвидации горения.

Этот способ можно применять в насаждениях, где есть кустарнички, активно поддерживающие горение. При засыпке грунтом мхов и лишайников распространение пожара прекращается. Эффект тушения огня грунтом достигается за счет сбивания пламени, охлаждением горящих частиц ниже температуры их воспламенения, изоляции горючих материалов от притока воздуха.

В настоящее время тушение грунтом осуществляется как ручным инструментом, так и грунтометами. При засыпке кромки пожара вручную на легких почвах используют штыковые лопаты. Для этого убирают слой органики и делают ямки через 3-5 м, а доставаемый оттуда грунт бросают веерообразным движением в нижнюю часть пламени. В этом случае пламя сбивается по всей ширине кромки. Затем необходимо засыпать кромку пожара слоем грунта толщиной 5-6 см и шириной 0,5 м. При этом полоса из грунта должна быть сплошной, в том числе и на участках, нетронутых огнем.

При наличии древесного хлама (валежника, старых пней) каждый очаг горения следует окопать, удалить с него подстилку и засыпать толстым слоем грунта. Однако такой способ тушения не дает гарантии ликвидации огня, так как процесс беспламенного горения может

происходить и под слоем грунта. Поэтому надо локализовать очаг горения узкой (30-40 см) минполосой.

Применение ручного труда на тушении лесных пожаров малопроизводительно и весьма трудоемко. Один человек с лопатой может потушить до 80 погонных метров горящей кромки в течение первого часа работы. Далее производительность снижается на второй час до 60 и на третий до 40 метров.

Забрасывание грунтом вручную производят, когда захлестывание огня не эффективно и по какой-либо причине нельзя применять механизмы для прокладки минполосы.

Для механизации процесса тушения лесных пожаров грунтом разработана серия грунтометательных машин как легких, так и тяжелых моделей.

Ручной моторизованный грунтомет ГР-1 на базе бензопилы «Дружба» из-за ненадежности конструкции, высокого уровня шума и сильной вибрации распространения не получил и до настоящего времени надежного ручного грунтомета в нашей стране нет.

ГТ-3 – грунтомет тракторный лесопожарный. Грунтометательные машины позволяют прокладывать широкие заградительные полосы. При этом они не наносят серьезного вреда корневым системам деревьев; небольшие корни их фрезы или роторы перерезают, а при встрече с крупными выглубляются, нанося лишь незначительные повреждения.

Масса грунтомета 1200 кг. Глубина минерализованной полосы, откуда забирается грунт, 25 см, ширина – 70 см. Дальность выброса грунта до 35 м.

Навешивается на трактор Т-150К. Выброс грунта может производиться на обе стороны при переключении реверса. Ротор имеет 4 комбинированные лопатки. Впереди рабочего органа монтируется черенковый нож, который защищает рабочий орган от удара при встрече с препятствием

Дальность метания регулируется соответствующей установкой кожуха. При установке кожуха под углом 45 градусов к горизонту дальность выбрасывания струи максимальная – до 35 м. В этом случае грунт падает на землю на расстоянии от 15 до 35 м от машины и ширина заградительной полосы – 20 м. Но чаще такое положение кожуха используется при тушении кромки низовых пожаров слабой и средней интенсивности. А для создания заградительной полосы шириной 20 м перед фронтом сильного низового пожара кожух устанавливают под углом 30-35 градусов к горизонту. Зона падения грунта начинается с 5 м от рабочего органа и распространяется до 25 м. При установке направляющего кожуха под углом 20 градусов ширина защитной полосы составляет 5-6 м. Грунт укладывается начиная с 0,8 м от рабочего органа.

ПФ-1 – полосопрокладыватель фрезерный. Это навесное орудие, агрегатируемое с тракторами типа ЛХТ-55, которые оборудованы задним валом отбора мощности и задней гидронавеской. Предназначен для создания широких заградительных полос при тушении лесных пожаров и при противопожарном устройстве лесов. Его можно использовать на участках свободных от валежа и камней. Заградительная полоса, образованная ПФ-1 состоит из борозды и выброшенного грунта шириной 7-10 м. Ширина борозды – 1,2 м, глубина – 0,2 м. Рабочая скорость – 2 км/час.

ПЛ-3 – полосопрокладыватель лесопожарный. Предназначен для прокладки минерализованных полос при тушении лесных пожаров и противопожарном устройстве лесов на тяжелых почвах. Навешивается на трактор ЛХТ-4, ТЛП-4. Масса – 1300 кг. ПЛ-3 состоит из клина и рабочего органа. Клиן служит для предварительной расчистки трассы от мелкого древесного хлама и древесно-кустарниковой растительности. Он также является опорой орудия и обеспечивает его устойчивость во время работы.

Рабочий орган состоит из ковшового ротора, режущего грунт и подающего его к метателям. Метатели вращаются в два раза быстрее ротора и выбрасывают грунт перпендикулярно движению агрегата. Метание может осуществляться только в одну сторону – в левую по ходу движения. Ширина заградительной полосы – 6 м, в том числе борозда – 0,6 м, ее глубина – 0,12 м. Рабочая скорость движения около 2 км/час.

АЛФ-10 – агрегат лесопожарный фрезерный. Грунтометателям и полосопрокладывателям, монтируемым на тяжелых тракторах, присущ один существенный недостаток, ограничивающий их применение на тушении лесных пожаров. Это большая масса и малая транспортная скорость. Попытки создать такие агрегаты на базе трактора Т-150, отличающегося достаточным тяговым усилием и большой транспортной скоростью, в целом удачны, но таких тракторов мало, они не приспособлены к работе в лесу и излишне громоздки.

Вместе с тем в лесном хозяйстве получили широкое распространение тракторы типа «Беларусь», которые имеют хорошую проходимость, надежны в эксплуатации и отличаются хорошей проходимостью. На базе таких тракторов разработан лесопожарный агрегат АЛФ-10.

Фреза диаметром 80 см имеет режущие ножи и метательные лопатки. Приводится в действие выходным валом редуктора. Направляющий кожух предназначен для изменения направления и дальности метания грунта. Выброс грунта может производиться в любую сторону по ходу движения. При метании вправо обеспечивается верхний выброс, влево – нижний выброс. При верхнем выбросе образуется защитная полоса шириной до 10 м, при нижнем – 8 м. Машина опирается на опорный каток, который предохраняет фрезу при наезде на пни, корни.

Технология создания противопожарных полос состоит в том, что режущие ножи фрезы вырезают грунт, который поступает на метательные лопатки и выбрасывается ими через вырез направляющего кожуха. В результате создается насыпная часть полосы, образующая вместе с бороздой защитную полосу. Фреза перерезает корни до 7 см, а при встрече с более толстыми корнями выглубляется. Рабочая скорость агрегата около 2 км/час.

ПЛК-5,0 – полосопрокладыватель лесопожарный комбинированный – предназначен для прокладки минерализованной полосы с одновременным формированием противопожарной полосы за счет присыпания напочвенного покрова грунтом. Навешивается на тяжелые тракторы класса 30-40 кН, масса оборудования 900 кг. Рабочий орган представлен активным лопастным метателем с 8-ю лопастями. Для предохранения метателя от повреждений и обеспечения его устойчивой работы впереди установлен отвал, расчищающий полосу. Ширина противопожарной полосы – 5 м. Производительность 2,6 км/час.

Тушение лесных пожаров водой. Вода является одним из наиболее эффективных огнетушащих средств охлаждения, наиболее доступным и универсальным. Охлаждающее действие воды обусловлено ее высокой теплоемкостью (1 ккал./град) и большое количество тепла пожара расходуется на нагревание воды. Еще больше тепла забирается у пожара для перевода воды в пар (534 ккал/кг), в результате чего происходит значительное охлаждение горящих материалов. Кроме того, при испарении воды ее объем увеличивается в 1700 раз и образующийся пар вытесняет кислород воздуха из очага пожара. И при снижении концентрации кислорода до 14 % горение прекращается.

Для воды характерна высокая термическая стойкость, разложение ее на водород и кислород начинается лишь при температуре 1700 градусов. Поэтому ее применение на пожаре безопасно, так как такой температуры при лесных пожарах не бывает (максимум 1300).

Но вода имеет и ряд недостатков, снижающих ее огнегасящий эффект. Во-первых, она плохо смачивает лесные горючие материалы из-за высокого поверхностного натяжения. Во-вторых, вода обладает незначительной вязкостью, что также отрицательно сказывается на ее огнетушащей способности. Даже небольшое увеличение вязкости ощутимо сокращает время тушения пожара и повышает коэффициент использования воды.

Недостатком воды в тушении пожаров является ее низкая теплопроводность и охлаждающий эффект оказывает лишь поверхность капель. Поэтому при подаче воды в очаг распыленной струей эффект пожаротушения будет выше. Но есть обстоятельства, при которых нужна сплошная струя воды.

При ликвидации пламенного горения необходима высокая дисперсионность распыла, так как мелкие капли, имея большую совокупную поверхность, больше поглощают тепла. Распыленной струей тушат интенсивные пожары и верховые пожары в молодняках.

Сплошные струи воды при тушении лесных пожаров применяют, когда надо подать воду на большое расстояние или когда воде необходимо придать ударную силу. Это требуется при борьбе с пожарами в насаждениях с мощной подстилкой, развитым покровом из мхов и кустарничков, на торфянистых почвах, при дотушивании валежника, муравейников, старых пней, когда преобладает беспламенное горение.

В настоящее время можно выделить три способа тушения лесных пожаров водой: с использованием ранцевых опрыскивателей, наземных насосных установок и из летательных аппаратов.

Наибольшее распространение на тушении лесных пожаров получили лесные огнетушители (или, как их еще называют, ранцевые опрыскиватели). Выбор ранцевых опрыскивателей достаточно широк. Они различаются по материалу, из которого изготовлена емкость (прорезиненная ткань, палаточная ткань, сталь), по способу выбрасывания струи (ручной насос, избыточное давление воздуха, давление, создаваемое химическим зарядом или хладонами).

Наиболее известны лесные огнетушители: РЛО-М, ОР, ОРМ-1, ОРХ-3, РООП-М, ОЛУ-16. Эти аппараты предназначены не только для непосредственного подавления огня на кромке низовых пожаров слабой и средней интенсивности, но и для создания опорных полос при проведении отжига при остановке сильных низовых и верховых пожаров.

Малая производительность этого способа тушения и прокладки минерализованных полос компенсируется высокой производительностью рабочего с ранцевым опрыскивателем в условиях, где лесопожарная техника пройти не может.

РЛО-М состоит из прорезиненного мешка емкостью 20 л с лямками для ношения его на спине, резинового шланга и гидропульта двойного действия. Гидропульт имеет съемный наконечник, который может создать сосредоточенную струю жидкости длиной до 7 м и факелы распыленной жидкости длиной 1,5-2 м. Вес аппарата 2,5 кг.

ОР – легкий эластичный резервуар из палаточной ткани. Имеет два отделения: одно для воды, другое для укладки поролоновой прокладки, используемой при нахождении опрыскивателя с водой на спине рабочего (предохранение рабочего от переохлаждения холодной водой). Когда прокладка находится на спине рабочего, то часто отделение для нее используется для переноски продуктов и питьевой воды.

ОРМ-1 – в отличие от РЛО-М для подачи воды вместо гидропульта используется насос, приводимый в действие рычагом. В пользовании неудобен и на тушении пожаров применяется редко.

ОРХ-3 – огнетушитель ранцевый химический. Избыточное давление для выброса огнетушащей жидкости создается химическим зарядом. Резервуар стальной. Он состоит из двух сообщающихся сверху и внизу баллонов, жестко соединенных между собой. Один баллон имеет заливную горловину, куда после заливки жидкости вставляют химический стакан. Жидкость выбрасывается за 4,5-5 мин.

Для создания давления в лесных огнетушителях используют также хладоны. Их больше 20, но в основном используют хладон-12. Он не ядовит, не агрессивен к металлам, поэтому может быть использован в любом аппарате.

Хладон-12 представляет собой сжиженный под давлением газ со слабым запахом. Он доставляется в пропановых баллонах. Один баллон обеспечивает пятикратную зарядку аппарата. Для этой цели применяются специальные зарядные приспособления, а при их отсутствии баллон устанавливается непосредственно на огнетушителе. В резервуар заливают 13 л жидкости и доводят давление до 0,6 атм. Расход хладона на одну зарядку – 200 г. Затраты времени на подготовительные работы – 3 мин.

Более удобны аэрозольные баллоны одноразового пользования. Диаметр баллона 5,5 см, высота 16 см, в нем 350 г хладона. Баллон устанавливается в держатель, который вставляется в горловину огнетушителя. Надавливанием на крышку резервуара баллон прокалывается иглой, укрепленной в стакане держателя.

РООП-М – ранцевый огнетушитель-опрыскиватель. Корпус металлический. Избыточное давление создается сжатым воздухом, для этого используют ручные насосы, компрессоры автомобилей. Подготовительные работы занимают 5 мин. Вместимость огнетушителя 13 л.

ОЛУ-16 – огнетушитель лесной универсальный. Корпус емкости стальной. В огнетушителе в качестве огнетушащего вещества можно использовать порошки. Давление создается газогенератором термического разложения. Длина струи до 15 м. Одной заправки достаточно для тушения до 60 м кромки пожара.

При тушении лесных пожаров твердыми веществами основными огнетушащими факторами выступает способность порошков вызывать карбонизацию горючих материалов при температурах, меньше температуры их воспламенения и создавать на поверхности горючего материала стекловидный слой, ликвидирующий тление.

После заправки резервуара рабочим препаратом с помощью пускового механизма приводят в действие газогенератор. Продолжительность разложения газогенерирующего состава не превышает двух секунд. Подача порошка осуществляется непрерывно, либо в дискретном режиме. Дискретный режим применяется при дотушивании очага горения, когда надо ликвидировать отдельные небольшие очаги.

Тушение пламени растворами химикатов из ранцевых опрыскивателей производится непосредственно по кромке низового пожара. При этом струя раствора химикатов направляется в нижнюю часть пламени до полного прекращения горения. Наиболее экономно раствор химикатов расходуется при подаче его из ранцевого опрыскивателя в виде распыленной струи. Этим достигается быстрое тушение при малых затратах огнетушащей жидкости. Поэтому во всех случаях, когда имеется возможность подойти к огню на близкое расстояние, пламя тушат распыленной струей раствора химиката.

Применение ранцевых опрыскивателей дает значительно большую возможность непосредственного тушения огня, чем ручные орудия. Они позволяют проводить тушение на расстоянии 2-3 м от линии огня. Непосредственное же тушение является наиболее эффективным приемом ликвидации пожара. При помощи опрыскивателей можно тушить пламя в головной части пожара даже при сильном горении.

На остановку огня при помощи ранцевых опрыскивателей на каждые 100 пог. м кромки пожара требуется 5-6 чел. мин при расходе раствора до 15 л. Пожарно-химическая команда в составе 6 чел. может остановить в течение 10-15 мин пожар, охвативший площадь до 5 га.

Однако следует иметь в виду, что химические средства имеют и свои недостатки: при помощи химикатов можно лишь остановить распространение огня, а этого часто бывает недостаточно. Для надежной локализации пожара его приходится дополнительно окапывать или опахивать. В связи с этим иногда лучше сразу применять почвообрабатывающие орудия. Кроме того, растворы химикатов не всегда можно подвести к кромке пожара и рабочим приходится ходить за ними за 200-250 м.

Для остановки интенсивных пожаров необходимо подать на кромку пожара большое количество воды, что осуществить ранцевыми опрыскивателями невозможно. Поэтому для этой цели используют мотопомпы.

Мотопомпы представляют собой агрегаты, состоящие из двигателя, водяного насоса, всасывающей и напорной линий. В зависимости от размера и массы их подразделяют на легкие с массой до 20 кг, средние 21-80 кг, и тяжелые (прицепные) - свыше 80 кг. Весьма распространенными являются малогабаритные лесопожарные мотопомпы: МЛН 2,5/0,5, МЛП 1/0,70, МЛВ 1/1,20. Первая цифра в марке мотопомпы показывает ее производительность в л/сек, вторая - развиваемое давление.

МЛН 2,5/0,5 – мотопомпа лесная низкого давления. Производительность 2,5 л/сек, напор – 0,25 Мпа, масса мотопомпы без рукавов – 15 кг, в полном комплекте с рукавами и стволами – 62 кг. Высота всасывания – 1,5 м. Смонтирована на базе бензопилы «Дружба» или «Урал». При транспортировке мотопомпа разбирается на 3 части: двигатель с центробежным насосом, водозаборный рукав и выкидные пожарные рукава. Несмотря на привлекательность, помпа имеет ряд недостатков, ограничивающих ее применение в практике наземной и авиационной охраны лесов. Это прежде всего отсутствие устройства для переноски агрегата, недостаточная надежность механизма заполнения водой насоса перед пуском в работу, большая масса водозаборного рукава.

МЛП 1/0,70 – мотопомпа лесопожарная плавающая. Двигатель от «Дружбы» или «Урала». Располагается на понтонах из пенопласта. Заборного рукава нет, поскольку фильтр и нижняя часть насоса при работе погружены в воду. В комплект мотопомпы входят рукава пожарные с пожарным стволом и якорное устройство. Длина рукавной линии, поставляемой с мотопомпой – 160 м, а расчетная длина линии, с которой помпа может работать – 500 м. Могут быть использованы напорные рукава диаметром 51 и 26 мм.

Источник забора воды должен иметь размер зеркала не менее 1×1 м и глубину не менее 0,15 м. Эта мотопомпа может брать воду из загрязненных источников, болот, канав. Обслуживают мотопомпу 2 человека. Масса – 20 кг, производительность 1 л/сек.

Все рассмотренные мотопомпы развивают сравнительно низкое давление, что не обеспечивает хорошего распыла жидкости и подачи ее на большие расстояния. Поэтому разработана малогабаритная мотопомпа высокого давления.

МЛВ 1/1,20 – мотопомпа лесопожарная высоконапорная. Представляет собой, состоящий из двигателя бензопилы «Урал» и центробежного трехступенчатого насоса, что и позволяет развивать высокое давление. Дальность подачи воды – 1 км. В комплект помпы входит напорная линия из синтетических материалов длиной 120 м и диаметром 26 мм, ручной ствол со сменными насадками, ствол – распылитель, всасывающий рукав диаметром 32 мм. За счет того, что при использовании этой помпы можно получить мелко дисперсионную жидкость, эффективность тушения пожаров выше, по сравнению с помпами низкого давления.

Несмотря на большую популярность малогабаритных мотопомп у рабочих на тушении пожаров, они имеют тот недостаток, что их основой служат двигатели бензопил, не рассчитанные на длительную непрерывную работу, в результате которой они перегреваются. Поэтому были разработаны мотопомпы на базе более мощных двигателей, предназначенных для тушения высокоинтенсивных пожаров.

МП-600В – переносная на базе одноцилиндрового двухтактного двигателя и центробежного насоса. Двигатель водяного охлаждения. Производительность мотопомпы – 600 л/мин, давление – 0,6 Мпа, масса – 56 кг, переносят ее двое рабочих.

МП-800Б. Эта мотопомпа имеет двухцилиндровый двигатель с водяным охлаждением. Масса – 72 кг. Производительность 800 л/сек, давление 0,8 Мпа.

Обе эти мотопомпы оснащены рукавами диаметром 66 мм и 51 мм. Мотопомпы предназначены для подачи воды на большие расстояния для борьбы с лесными пожарами высокой интенсивности (в молодняках, на захламленных участках), где необходимо подавать воду струей на большие расстояния.

МП-1600 – прицепная мотопомпа. Используют на тушении крупных пожаров. Водоемы должны иметь хорошие подъездные пути и достаточный запас воды, обеспечивающий расход в 1600 л/мин. На 1 час работы этой мотопомпе нужно 100 м³ воды.

Применять воду для тушения лесных пожаров можно лишь при наличии вблизи пожара водоема, а при использовании автоцистерн - возможности подъезда к пожару.

Преимущество водного способа заключается в том, что, не подходя близко к огню, можно одновременно остановить и локализовать пожар. Водой можно погасить заглубившийся пожар, что освобождает людей от последующего длительного окарауливания

пожарищ. Наиболее трудоемкой работой при тушении водой является прокладка пожарных рукавов от мотопомп к пожару. На установку мотопомпы у водоема и прокладку рукавной линии на расстояние 500 м затрачивается 30-40 мин, само же тушение пламени по кромке пожара протекает очень быстро.

Однако надо учитывать, что с повышением местности и уменьшением диаметра пожарных рукавов дальность подачи воды насосом уменьшается. Так, при подъеме воды на каждые 3,5 м дальность подачи ее уменьшается на 100 м.

При использовании подвозной воды надо учитывать, что только для заполнения каждых 100 м пожарных рукавов диаметром 66 мм требуется 300 л, а при диаметре 51 мм – около 200 л. Поэтому для обеспечения быстрой остановки лесных пожаров воду из автоцистерны следует подавать по пожарным рукавам с наименьшего расстояния от огня.

От мотопомпы по направлению к пожару прокладывают магистральную линию из рукавов диаметром 66 мм. Огонь тушат по кромке пожара распыленной струей воды из ствола-распылителя. Потушив огонь в пределах длины водяной струи, ствол-распылитель отключают от магистральной линии и к ней присоединяют рукавное разветвление. По обе стороны от рукавного разветвления прокладывают рабочие линии из рукавов диаметром 51 мм. Если для тушения пожара требуется большая протяженность рукавной линии и для заполнения ее напор воды окажется недостаточным, помпу переносят на новое, более близкое к пожару место, а рукавную линию прокладывают заново.

Пожарные рукава бывают нескольких типов, а по роли делятся на всасывающие и напорные. Всасывающие рукава армированы спиралью из стальной проволоки, стенки их состоят из нескольких слоев вулканизированной резины. Напорные рукава изготавливают из ткани и синтетики. Из всех видов тканевых рукавов наибольшее применение находят льняные. В зависимости от прочности они делятся на 3 группы:

- облегченные, диаметром 51 мм, выдерживающие напор до 0,5 Мпа;
- нормальные, диаметром 51 и 66 мм, выдерживающие напор до 1,2 Мпа;
- усиленные, диаметром 51 и 66 мм, выдерживающие напор до 1,5 Мпа.

Различают их по продольным полоскам (просновкам):

- нормальные – одна полоска;
- усиленные – две полоски;
- облегченные – полосок нет.

Масса одного рукава диаметром 66 мм – 9,6 кг, а диаметром 51 мм – 6,4 кг. На концах напорных рукавов смонтированы быстро смыкающиеся соединительные головки. В мокром состоянии рукава гораздо тяжелее. Поэтому переноска напорных рукавов в лесу, имеющих длину 20 м, очень тяжелая операция. А когда они наполнены водой, то это практически невозможно.

В последние годы для подачи воды разработан пожарный пластмассовый рукав с внутренним диаметром 26 мм. Его чехол изготовлен из лавсана, а гидроизоляционный слой – из полимера на основе пластизола. Масса 1 м рукава – 250 г, рабочее давление – 2 Мпа, разрывное – 4 Мпа.

Чтобы разделить поток воды, подаваемой по магистральной линии, на 2-3 потока применяются пожарные разветвления. Наиболее распространены 3-х ходовые, имеющие один входной и 3 выходных штуцера.

При тушении лесных пожаров с помощью мотопомп много времени уходит на перемещение помпы и перекладку рукавов. Н.П. Курбатский (1962) рекомендует следующий порядок наращивания рукавных линий без изменения позиции насосного агрегата у водосточника.

После проведения разведки пожара и прилегающих территорий выбирают место для установки мотопомпы и моторист с одним помощником устанавливает помпу. Остальные члены бригады прокладывают магистральную линию и присоединяют к ней пожарный ствол. Моторист запускает мотопомпу и ствольщик приступает к тушению огня в пределах

достижения струи. Одновременно ведется прокладка пожарных рукавов по обеим сторонам от стволика вдоль кромки пожара. Далее вместо ствола устанавливается разветвитель. К нему присоединяются рукава рабочих линий и ствольщики продолжают тушить горящую кромку. После ликвидации огня на доступном участке рабочий, обслуживающий разветвление, прекращает доступ воды на одну линию. Ствольщик снимает пожарный ствол и подсоединяет вместо него подготовленный помощником очередной рукав. Подача воды по линии возобновляется и работа продолжается по описанной схеме.

Следует помнить, что при наращивании линий подача воды в магистраль не должна прекращаться во избежание разрыва рукавов вследствие гидравлического удара.

Для обеспечения работы насосного агрегата формируют бригаду в составе 6 человек: моторист, 2 ствольщика и 2 их помощника и рабочий на разветвлении. Такой состав обеспечивает нормальную работу насоса с рукавной линией общей длиной 600 м. При увеличении протяженности линии количество рабочих увеличивается из расчета один рабочий на 160 м дополнительной линии. В обязанности дополнительных рабочих входит подноска рукавов и слежение за работой напорной линии.

При локализации пожара обрабатываются лишь периферийные полосы пожарища шириной 3-5 м. В этом случае необходимы лишь две рабочие линии рукавов. Работа на одной занимает от 1 до 2 мин. Ствольщик работает посменно с помощником. В первую очередь с каждой позиции обрабатывается участок в направлении прокладки очередного рукава, что дает помощнику возможность заранее проложить рукав и подключить к нему запасной ствол. Перерыв в работе для подключения очередного рукава при таком способе длится не более 2 мин.

Подземные пожары можно локализовать только созданием вокруг них канав, которые прокладываются канавокопателями, экскаваторами или другой землеройной техникой. А также взрывным способом. Канава должна быть прорыта до уровня грунтовых вод или минерального слоя почвы. Ширина канавы по дну должна быть не менее 30 см. Ликвидацию подземных пожаров с применением воды ведут через торфяные стволы ТС-1 и ТС-2 с добавлением в воду смачивателей. При использовании на тушении пожаров торфяных стволов, для полной ликвидации очага пожара необходимо обрабатывать водой полосу шириной 70-80 см. Для создания такой полосы скважины необходимо проложить в два ряда на расстоянии 0,3-0,4 м между ними. Скважины в каждом ряду располагают на таком же расстоянии. Потушить торфяной пожар обычной водой (без смачивателя) обычно не удастся, так как сухой торф очень плохо смачивается водой.

В последние годы для непосредственного тушения лесных пожаров и создания заградительных полос используют сброс огнегасящих средств с воздуха. С этой целью самолеты и вертолеты оснащаются соответствующим оборудованием.

Тушение лесных пожаров с воздуха путем слива на огонь воды и растворов химических веществ применяют во многих странах мира. Но летательные аппараты сами по себе ликвидировать пожар не могут. Их в основном используют для начальной атаки на очаг горения с целью сдерживания его до подхода наземных групп. Жидкость на пожар может сбрасываться мгновенно, постепенно, либо сливаться через насадки под давлением.

Из летающих амфибий наиболее эффективным считается канадский самолет CL-215 «Канадэр», принимающий на борт 6 т воды. Он может сесть и закачать воду на любом близлежащем водоеме достаточных размеров.

В июне 1991 г. на авиасалоне в Ле Бурже был показан наш реактивный самолет-амфибия А-40 «Альбатрос». Он берет на борт 30 т жидкости. Небольшая взлетно-посадочная скорость позволяет самолету садиться на высокую волну. На салоне самолет получил звание «Мисс Париж», но сейчас не выпускается.

В 1992 г. конструкторы приступили к переоборудованию военных самолетов-амфибий в пожарные. Так появился пожарный вариант Бе-12. Он забирает на борт 6 т воды. Для тушения лесных пожаров перспективным является применение самолетов-амфибий,

способных самостоятельно заправить в емкости и доставить на место пожара запас воды. Так, самолет Бе-200, использующий метод челночных рейсов с наполнением водяных баков в режиме глиссирования, способен доставлять на место тушения 12 т воды и может применяться как для ликвидации мелких очагов пожара, так и для сдерживания распространения горения, а также для патрулирования лесных массивов. Забор воды осуществляется на любом водоеме за 15 сек. Из тяжелых самолетов, применяющихся на тушении лесных пожаров, в нашей стране наиболее известен ИЛ-76, поднимающий 42 т воды. При сливе воды на пожар из двух резервуаров этого самолета последовательно, с интервалом времени 8 сек, на земле образуется пятно длиной 1100 м и шириной 80 м. При сливе воды из двух резервуаров одновременно размер пятна 600 х 100 м. У самолета Бе-200 этот показатель по длине пятна равен 550 м, у Бе-12П – 200 м. Считается, что за одну заправку топливом самолет Бе-200 может локализовать пожар на площади 1600 га. Бе-12П – 134 га и CL-215 – 865 га. Но пока эти самолеты в нашей стране представлены единичными экземплярами. Эффективным является применение для авиапатрулирования и тушения пожаров вертолетных комплексов на базе вертолетов Ми-8Т и Ми-26Т, которые могут расходовать на тушение до 15 т жидкости. Их можно использовать для воздействия на кромку пожара водой в виде пролива крупнокапельной струи жидкости и прокладки перед кромкой пожара заградительной полосы растворами огнезадерживающих химикатов. При крупных пожарах эффективно применение самолетов с большим запасом огнетушащих веществ.

Значительно большее применение на борьбе с огнем в лесу получили специальные емкости, транспортируемые на внешней подвеске вертолета. Поскольку такие емкости впервые были применены в Канаде, они получили название «канадские бочки». Это небольшие (от 250 до 3000 л) цистерны из стеклопластика, управляемые тросовыми приспособлениями. Вода либо зачерпывается, либо набирается в бочку через клапан в днище.

Подвесные емкости хороши тем, что могут использоваться на любых вертолетах без каких-либо конструктивных доработок.

С 1980 г. в нашей стране начали применять водосливное устройство на вертолете МИ-8. ВСУ представляет собой цилиндрический резервуар из дюралюминия. Устройство имеет 4 ушка с кольцами для подцепки к внешней подвеске вертолета, или для швартовки его в фюзеляже машины при перевозке на дальние расстояния. Заполнение резервуара объемом 2 м³ производится при опускании ВСУ в водоем с зависшего вертолета за 18-20 сек. Воду на огонь сливают с высоты 40 м, если пожар на открытом месте, и 60 м, если вода сливается на лес. Время слива 14-17 сек, размеры смоченной полосы 60×10 м.

К числу недостатков применения водосливных устройств относится малая протяженность смачиваемой полосы за один слив, а в случае тушения водой – ограниченный срок действия. Для забора воды необходимы подходы, а глубина водоема не должна быть меньше 1,5 м.

Летательные аппараты небольшой грузоподъемности эффективны при тушении лесных пожаров в начальной стадии их развития.

Как показали экспериментальные работы, проведенные на самолетах АН-2П, после сброса воды со смачивателем (1260 л) пламенное горение восстанавливается через 10 мин. в зеленомошных типах леса и через 40 мин в лишайниковых. Помощь авиации в тушении высокоинтенсивных лесных пожаров может быть значительной. Огнезадерживающие химикаты переводят горение в беспламенную фазу и таким образом облегчается работа наземных групп пожаротушения.

Производительность авиационной техники резко снижается вследствие создания заградительной полосы излишней ширины в ущерб ее длине. Свободный сброс не позволяет растянуть полосу. Для того, чтобы полоса получилась как можно длиннее при оптимальной

ширине, применяют слив с вертолета под давлением. Этот прием увеличивает протяженность полосы в 2-3 раза.

Но до настоящего времени тушение лесных пожаров путем слива жидкости с летательных аппаратов широкого применения не нашло. Прежде всего, по причине ограничений на режимы полетов в зоне пожаров. Усложняют работы над очагом горения задымление, высокая сомкнутость полога насаждений. При интенсивном пожаре сброс воды с самолетов и вертолетов малой и средней грузоподъемности дает сравнительно небольшой эффект и на распространение устойчивых низовых пожаров не оказывает практически никакого влияния.

Но летательные аппараты для начальной атаки на очаг горения с целью сдерживания его до подхода наземных групп несомненно нужны и широко применяются для этой цели за рубежом.

Пока же предпочтительнее использовать легкие и средние вертолеты для доставки воды наземным группам пожаротушения. Для этой цели используют мягкие резервуары. Все они изготовлены из прорезиненной ткани. Но отличаются по назначению и объему.

РДВ-1500 – самый большой по емкости. Предназначен для доставки воды на пожар в кузове автомобиля. В ЗИЛ-130 входит 2 резервуара, масса его 42 кг.

П-1000 – резервуар для доставки воды к лесным пожарам на внешней подвеске вертолета МИ-8Т на тросе длиной до 40 м. Вертолет может транспортировать 2 емкости по 1000 л каждая. Масса 45 кг. Резервуар имеет форму усеченного конуса, в нижней части которого имеется штуцер, на который надевается 1,5-метровый шланг для слива воды.

РДВ-100 – емкость объемом 100 л. Транспортируется либо в машине, либо вертолетами в капроновой сетке.

РДВ-30, РДВ-12. Цилиндрические емкости для переноса воды.

Все резервуары боятся острых предметов, бензина, керосина, прямых солнечных лучей.

Основной же машиной по тушению лесных пожаров водой является до настоящего времени пожарная автоцистерна. Автоцистерны, поступающие в лесхозы, монтируются на базе грузовых автомобилей обычной и повышенной проходимости. Они оснащаются емкостью воды, насосной установкой и дополнительной кабиной для команды пожарных. Автоцистерны бывают специальные лесные – АЦЛ-3(66)-147 и общего пользования – АЦ-30(53)-106; АЦ-30(66)-146 и др.

Наиболее широко распространенной лесопожарной машиной, которой оснащаются лесхозы и мехотряды авиабаз, является АЦЛ3(66)147. Базовой машиной служит автомобиль повышенной проходимости ГАЗ-66. Автоцистерна имеет следующие узлы и агрегаты:

- дополнительную кабину для рабочих пожарных на 6 человек;
- насосную установку с рукавами и стволами;
- цистерну для огнегасящей жидкости емкостью 900 литров;
- кузов для хранения и перевозки лесопожарного оборудования;
- плуг дисковый.

Кроме того, машина снабжается ручным инструментом для тушения пожаров, бензопилой, ранцевыми опрыскивателями, радиостанцией, бачком для питьевой воды, аптечкой.

Машина снабжена насосом, способным подать в минуту 600 л раствора при давлении 0,8 Мпа.

Тушение лесных пожаров химическими веществами. Огнетушащие химические вещества – это химикаты для активного тушения кромки лесных пожаров и создания заградительных полос. К ним относятся антипирены (ретарданты), смачиватели и загустители. Наиболее обширна группа антипиренов.

В настоящее время химические вещества при борьбе с лесными пожарами используются преимущественно для усиления огнегасящих свойств воды, улучшения ее смачивающей способности и повышения вязкости.

Антипирены – химические соединения или их смеси, способные при обработке ими горючих материалов понизить горючесть последних. Защитное действие антипиренов определяется:

- низкой температурой их плавления с образованием плотной пленки, преграждающей доступ кислорода к материалу;
- разложением антипиренов при нагревании с выделением инертных газов и паров, затрудняющих воспламенение газообразных продуктов разложения горючих материалов;
- поглощением большого количества теплоты на плавление и испарение антипирена, что предохраняет пропитанные им материалы от нагревания до температуры их разложения;
- повышенным углеобразованием пропитанных ими материалов при нагревании.

Смачиватели – поверхностно-активные вещества, снижающие поверхностное натяжение жидкостей и увеличивающие их смачивающие свойства.

Загустители – вещества, повышающие вязкость жидкости и замедляющие ее испарение.

Химические вещества, используемые для борьбы с лесными пожарами, по их физико-химическим свойствам делят на 5 классов: растворы, эмульсии, пены, суспензии, твердые вещества.

Растворы неорганических солей предназначены в основном для тушения беспламенной фазы горения (углей) и надежно ликвидируют тлеющий очаг. Здесь проявляется не только охлаждающее действие воды, но и большой расход тепла горящих углей на нагревание, плавление и разложение окислов металлов и кислотных остатков, содержащихся в солях.

На тушении лесных пожаров используют следующие водорастворимые химикаты: хлористый кальций, хлористый магний, аммофос, диаммонийфосфат, сульфат аммония.

Оптимальная концентрация огнетушащих растворов 15-20 %. С повышением содержания неорганических солей в растворе выше некоторого предела эффект тушения снижается. Растворы можно хранить длительное время, при этом они не утрачивают огнетушащих свойств.

При изготовлении растворов из монолитов следует начать их подготовку за сутки до применения, так как монолит растворяется медленно. Порошки (сульфат аммония, диаммонийфосфат) растворяются лучше и раствор из них можно приготовить за 15-20 мин. При большом количестве посторонних примесей раствор следует процедить. Растворы по эффективности в 1,3 раза превышает воду, что с учетом затрат труда на их подготовку, нельзя считать удовлетворительным показателем. Поэтому начали создавать смеси, которые, имея те же известные вещества, значительно могли бы повысить эффективность работ по тушению пожаров.

Химические вещества, применяемые на борьбу с лесными пожарами, должны отвечать и ряду других требований. Так, подготовленные с их помощью опорные и заградительные полосы должны быть хорошо заметны на напочвенном покрове и служить надежной преградой для распространения огня. Растворы не должны вызывать коррозию металлических деталей машин и лесопожарного оборудования. Химикаты при их соединении не должны вступать в химические реакции.

Впервые огнетушащие составы Фос-чек, Фаэ-трол были разработаны в США и сейчас они выпускаются крупными партиями. Состав Фос-чек состоит из диаммонийфосфата, загустителя, красителя, ингибитора коррозии и антисептика. В Фаэ-трол в качестве основы (антипирена) включен сульфат аммония и отсутствует антисептик, остальные ингредиенты те же. Водные растворы указанных составов эффективны при тушении пожаров с воздуха, для прокладки заградительных полос, однако они не обладают смачивающей и проникающей способностью и поэтому неэффективны при ликвидации подстильно-гумусовых и торфяных пожаров.

В нашей стране химические противопожарные вещества были разработаны на основе бишофита, 12 %-ный раствор которого прошел предварительную проверку при борьбе с

лесными пожарами. Состав выпускается в виде крупнозернистого порошка, концентрация применяемого раствора 13%. Порошок растворяется в воде за 4-5 мин при слабом перемешивании. Расход раствора зависит от количества горючих материалов и колеблется в пределах 1-4 л/м².

Огнезащитный состав ОС-5. В качестве антипиреновой основы используют двухкомпонентную смесь: диаммонийфосфат (ДАФ) и мочевины (карбамид). Мочевина здесь выступает и в роли ингибитора коррозии.

ОС-5 включает:	диаммонийфосфат	- 71 %
	мочевина	- 25 %
	сульфанол (смачиватель)	- 3 %
	краситель (алый)	- 1 %

Оптимальная концентрация раствора 13 %, расход жидкости при ликвидации пламенной фазы горения составляет около 0,5 л/м², при прокладке заградительных полос – 1 л/м², а на тушении торфа до 120 л/м².

Горючие материалы, обработанные ОС, не возобновляются. Экологически чистый, не ядовит.

Для улучшения смачивающей способности воды или растворов используют поверхностно-активные вещества. Обычная вода плохо смачивает сухие горючие материалы. Если же у воды понизить поверхностное натяжение, то она быстро пропитывает лесные материалы, равномерно растекается по поверхности горючего материала, препятствуя его воспламенению. В качестве смачивателей применяют сульфанол и моющие средства ОП-7, ОП-10, «Прогресс».

Сульфанол добавляется в количестве 0,3 % по массе. Так, при заправке ранцевого огнетушителя достаточно на 20 л воды 60 г порошка. Порошок желтоватого цвета, быстро растворяется в воде. Моющие средства добавляют в количестве 0,5 % по объему.

Концентрация поверхностно-активных веществ более высокая, чем рекомендуется, не приводит к дальнейшему снижению поверхностного натяжения воды.

Вязкие растворы – это растворы, получаемые при добавлении к воде загустителей. В их качестве используют метилцеллюлозу, карбоксиметилцеллюлозу, альгинат натрия и др. Вода с добавлением этих веществ меньше испаряется и значительно слабее сносится ветром. Вязкие растворы лучше держатся на горячем. Это важно при тушении пожаров с воздуха и ликвидации огня в кронах деревьев. Вязкая вода не теряет своей эффективности в течение 2-3 часов после обработки ею горючих материалов. Оптимальная концентрация – 1 %.

Для повышения вязкости растворов используют также альгинат натрия - вещество в виде чешуек темного цвета, получаемые из морских водорослей, и полиакриламид в виде гранул светло-розового цвета. Их набухание в воде происходит в течение суток. Оптимальное содержание альгината натрия в рабочем растворе – 2 %, а полиакриламида всего 0,5 %. Рекомендуется загустители готовить заранее в виде концентрированных растворов, а уже на пожаре разбавлять водой до требуемой концентрации.

Смачиватели из неорганических солей увеличивают время действия раствора, который медленнее испаряется с поверхности лесных материалов, а после высыхания образует несгораемую пленку, предохраняющую от огня. В качестве смачивателей используют диаммонийфосфат и хлористый кальций.

Дымообразующие растворы. Это химические соединения, дающие при разбрызгивании устойчивый аэрозоль. Образование аэрозоля связано с реакцией гидролиза таких химикатов, как хлорокись фосфора, четыреххлористые соединения титана, олова и кремния с водяными парами. Эти огнегасящие вещества подавляют как пламенную, так и угольную фазу горения. Так, при введении в воздушное пространство зоны горения всего 2 % хлорокиси фосфора происходит полное затухание огня.

Хорошо известны дымообразующие растворы ФОС-1 и ФОС-2. В их составе находится хлорокись фосфора - дымообразующее вещество, и в качестве растворителей - четыреххлористый углерод или бромистый этил. Компоненты смешиваются в соотношении 1:1.

Механизм тушения заключается в том, что, попадая на кромку лесного пожара, дымообразующий раствор переходит из конденсированного состояния в парообразное (температура кипения составов ФОС – 50°C), при этом создается концентрация газов, необходимая для ликвидации огня. Эффективность дымообразующих растворов в 5-6 раз выше, чем у воды.

При работе с составами ФОС надо помнить, что их растворы нельзя хранить более 1 ч, так как начинается выделение свободного хлора или брома и огнегасящий эффект снижается. К недостаткам следует отнести и то обстоятельство, что дымообразующие растворы вызывают коррозию металлов, а главное в выделении веществ, раздражающих дыхательные пути у человека. Поэтому при работе с ними нужно пользоваться противогазами.

Эмульсии – жидкости, насыщенные капельками какой-нибудь другой жидкости. Хорошей огнетушащей способностью обладают эмульсии, состоящие из растворов неорганических солей и галоидуглеводородов (например: 70 % – бромистый этил, 30 % – двуокись углерода). Эмульсии ликвидируют одновременно пламенное горение и тление. Обе жидкости, входящие в состав, не являются растворителями, поэтому чтобы получить стойкие эмульсии, надо в состав ввести еще один компонент – эмульгатор.

Эмульсия ЭС-1 содержит:

- 4-х хлористый углерод – 30 %;
- раствор хлористого кальция – 69 %.

В эмульсии ЭС-2 вместо хлористого кальция используется хлористый магний. Обе эмульсии в 2,5-3 раза эффективнее воды.

Есть еще более эффективные эмульсии: ЭФ-1 и ЭФ-2. Но в их состав входит фреон, использование которого ограничено международными соглашениями.

Подготавливая эмульсии, необходимо строго соблюдать последовательность смешения их компонентов. Вначале к галоидуглеводороду добавляют эмульгатор, а затем при постоянном перемешивании заливают воду или раствор соли. Когда смесь становится однородной и приобретает молочный цвет, перемешивание заканчивают. Готовят эмульсии непосредственно перед употреблением – через 30-40 мин происходит разрушение состава.

Пены – пузырчатые массы, образуемые жидкостью. Пены широко используют для ликвидации огня на различных объектах, но при борьбе с лесными пожарами их применение ограничено. Это объясняется рядом недостатков, свойственных пене, среди которых прежде всего выделяют ее низкие баллистические свойства, вследствие чего ее невозможно подать длинной струей в зону горения. Пены висят в мощном рыхлом слое лесных горючих материалов и огонь может пройти под такой полосой. К тому же пены быстро разрушаются в ветреную погоду. К положительным качествам пены относится малый расход жидкости для создания опорных и заградительных полос, либо значительное увеличение их ширины и длины при одинаковом расходе воды. Эффект тушения достигается за счет прекращения доступа кислорода к горючим материалам и охлаждения их ниже температуры воспламенения.

Пены подразделяются на химические и воздушно-механические. Химическая пена образуется в результате взаимодействия щелочного и кислотного составов. Щелочной состав представляет порошкообразную смесь бикорбаната натрия с солодковым экстрактом, являющимся стабилизатором пены. Кислотная часть – это смесь сернокислого окисного железа и серной кислоты. В результате реакции этих составов образуется пена и углекислый газ.

Пена, приготовленная воздушно-механическим способом, является смесью воздуха, воды и пенообразователя. Из пенообразователей используют следующие химикаты:

- НАСП (натрийалкилсульфаты первичных спиртов);
- ТАЛ (триэтаноламиновая соль лаурилсульфата);
- ПО 3А (типол) и др.

Оптимальная концентрация пенообразователей в воде составляет 1-3 %.

Показателем пены является ее кратность, т. е. увеличение объема в процессе пенообразования. Пены бывают низкократные – кратность до 10, среднекратные – 10-20 и высокократные – более 20. На борьбе с лесными пожарами применяют пены, у которых кратность выше 20.

Стойкость пены в большинстве случаев не превышает 15-30 мин, при применении ТАЛ = 120 мин. Через это время пены теряют 50 % жидкости.

Пенообразователи быстро растворяются в воде – при $t^{\circ} = 15-20^{\circ}$ за 10-15 сек. В связи с этим, подготовка их растворов осуществляется непосредственно в лесу, вблизи пожара в любой емкости.

Иногда рекомендуют для образования пены использовать сульфанола. Но стойкость пены, приготовленной на их основе, не более 13 мин.

Тушение лесного пожара отжигом. Прокладка минерализованной полосы и пассивное ожидание прекращения горения с подходом к ней кромки пожара бессмысленно. Фронт пожара, распространяясь по ветру, легко переходит достаточно широкие минполосы. Надежной преградой могут служить только заградительные полосы, лишенные горючих материалов, шириной 20-30 м против низовых и 100-200 м против верховых пожаров. Такие широкие заградительные полосы могут быть быстро созданы только выжиганием.

Под отжигом понимают пуск огня по напочвенному покрову навстречу кромке лесного пожара с целью создания широкой негоримой полосы перед надвигающимся пожаром. Этот способ тушения высокоинтенсивных низовых и верховых пожаров известен давно. Дойдя до выжженной полосы пожар прекращается.

Отжиг применяют в случаях, когда из-за сильного огня непосредственное тушение кромки пожара невозможно.

При сильном низовом пожаре, особенно в ветреную погоду, искры могут лететь перед его фронтом на расстояние до 10 м. Перелетая через заградительную полосу, они создают за ней многочисленные очаги огня, которые быстро сливаются и образуют новый фронт пожара. Если же на пути такого пожара оказывается выжженная полоса, огонь останавливается из-за отсутствия материалов для горения. Останавливается и беглый верховой пожар, так как лишается поддержки снизу, без которой распространение его становится невозможным.

При подготовке и пуске отжига последовательно выполняются такие операции: разведка местности и выбор трассы отжига, подготовка трассы к отжигу, пуск отжига, окарауливание трассы. При выборе трассы отжига прежде всего оценивают, на какое расстояние необходимо отступить от кромки пожара. Огонь отжига движется против ветра, поэтому скорость его распространения в 3-6 раз меньше, чем скорость продвижения фронта пожара. Кроме того, значительное время затрачивается на подготовительные работы.

При сильном ветре начинать отжиг нельзя, так как неизбежна переброска огня через опорную полосу. Поэтому приходится выбирать трассу либо в древостое, где сила ветра небольшая, либо заведомо отступить, чтобы начинать отжиг в вечерние часы, ночью или утром, когда ветер ослабевает.

Трасса отжига не должна проходить через хвойные молодняки, участки с большим количеством хвойного подроста, сильно захламленные участки либо в непосредственной близости от них, поскольку огонь отжига здесь может подняться в кроны, начать движение по ветру и перебраться через опорную полосу. Выбранная трасса отмечается в натуре затесками или вешками. Подготовка выбранной трассы к отжигу заключается в создании опорной полосы и расчистке прилегающих к ней участков.

В тех случаях, когда отжиг ведут от имеющихся рубежей (речка, автодорога и т. д.), необходимость в опорной полосе отпадает, но если рубеж извилистый, необходимо спрямить трассу отжига путем прокладки дополнительных опорных полос между излучинами. Это делается для того, чтобы при отжиге не было участков, где огонь пошел бы по ветру и образовал новый фронт пожара.

В качестве опорных полос можно, при помощи почвообрабатывающих орудий или взрывчатых материалов специально прокладывать минерализованные полосы. В отличие от заградительных опорные полосы могут быть неширокими (30-40 см). При срочной необходимости отжиг можно проводить от временной опорной полосы, на которой горючий материал смачивается водой или растворами химикатов. Скорость прокладки такой полосы при помощи ранцевых опрыскивателей до 25 м/мин. Для прокладки опорных полос можно использовать устройство противопожарное – УПП-1, агрегатируемое с лесопожарными тракторами, пожарными вездеходами, имеющими резервуары. Устройство состоит из двух стволов-распылителей с комплектом насадок, напорных рукавов, разветвления и узла изменения положения стволов-распылителей в горизонтальном положении.

На практике иногда пускают отжиг вообще без опорной полосы. При этом поджигают напочвенный покров и сразу же гасят ту часть кромки пламени, которая движется по ветру, как и пламя пожара. Прием опасный, так как можно не справиться с тушением кромки, движущейся по ветру. Если же отжиг без опорной полосы был удачным, то после того как распространение пожара прекратится, необходимо проложить минерализованную полосу вдоль кромки, от которой был пущен отжиг. В противном случае почти неизбежно в дальнейшем возобновление пожара по этой кромке от скрытых очагов горения, сохранившихся в лесной подстилке.

Участок, прилегающий к трассе отжига, расчищают со стороны пожара, чтобы здесь не было условий для развития сильных очагов горения, от которых огонь может быть переброшен через опорную полосу. В этих целях валежник, крупные сучья и т. п. на 10-метровой полосе или оттаскивают в сторону в сторону пожара, подальше от опорной полосы, или перебрасывают через опорную полосу в сторону от пожара. Подрост и подлесок, находящийся вблизи опорной полосы, срубают и убирают за опорную полосу.

Напочвенный покров при отжиге зажигают у края опорной полосы со стороны, обращенной к пожару. Для этого используют специальные зажигательные аппараты, зажигательные свечи или факелы из бересты.

Наиболее удобны зажигательные аппараты фитильно-капельного действия типа ЗА-ФК и ЗФ-ФКТ. Горючее (смесь бензина с соляжкой) поступает самотеком через кран к горелке с фитилем из стекловолокна. При движении рабочего горелка скользит по напочвенному покрову. Краном можно регулировать подачу горючего. Если его открыть полностью, горючее не успевает сгореть на фитиле и остается на земле сзади аппарата, продолжая гореть. Это обеспечивает надежное поджигание покрова, даже когда он не вполне просох.

У аппарата ЗА-ФК горелка находится на конце гибкого металлического шланга длиной 1,5 м. Это позволяет рабочему выполнять одновременно две операции – при помощи ранцевого опрыскивателя он создает временную опорную полосу для отжига, а волочащаяся сзади него горелка поджигает покров.

Зажигательные аппараты ЗА-ФК и ЗА-ФКТ весят с полной заправкой около 4 кг. Запас горючего в зависимости от положения крана хватает на 2-5 ч непрерывной работы, производительность – 2,9 км/час.

Очень удобны в использовании и безопасны в обращении сигнальные железнодорожные свечи, представляющие собой пенал красного цвета из толстого картона. Пенал заполнен специальным составом, который при горении дает высокую температуру (1000°). Свеча не гаснет на ветру, время горения около 15 мин. В последние годы начат выпуск пирологических свечей. Они имеют меньшие размеры, время горения 5 мин, но стоимость их выше, чем железнодорожных свечей.

Отжиг начинают против центра фронта пожара двумя бригадами рабочих, расходящимися по опорной линии в противоположные стороны. Каждая бригада вначале зажигает напочвенный покров на участке 20-30 м. Следующий участок зажигают после того как огонь отойдет от опорной линии на 1-2 м. На каждые 50-60 м оставляют караульного для наблюдения за ходом отжига, ликвидации очагов от искр, переброшенных через опорную линию и т. п.

Если посчитать скорость распространения пожара, скорость распространения отжига, время на подготовку опорных полос, то получим, что для успешного отжига надо отойти от пожара на значительное расстояние. Это может быть несколько сот метров, а при верховых пожарах счет идет на километры. Тыловая кромка пожара, каковой является кромка отжига, движется в 4-6 раз медленнее, чем фронт, а при сильном ветре эта разница еще больше. И бывает, что в момент встречи двух огней выжженная полоса слишком узка и огонь, распространяясь по ветру, переходит через нее.

Но и верный выбор трассы отжига не гарантирует успеха. Дело в том, что отступив на 2-3 км (а иногда и больше) от фронта верхового пожара, рабочие приступают к подготовке опорного рубежа. Предполагается, что фронт выйдет на них. Но ветер может перемениться и фронт уйти в другую сторону, обойдя подготовленный рубеж. Вот почему важно сократить время выжигания защитной полосы.

Для ускорения распространения огня отжига существует несколько способов: пуск огня «гребенкой», «пятнистое» поджигание, опережающий огонь и ступенчатый отжиг. При всех указанных приемах от огня отжига выделяется большое количество тепла, что создает условия для перехода огня на кроны. Кроме того, рабочие, зажигающие дополнительные линии или «пятна», находятся между двумя линиями огня – пожара и отжига, что небезопасно. Поэтому рассмотренные способы ускоренного отжига следует применять только при борьбе с сильными низовыми или верховыми пожарами, когда в ограниченное время надо отжечь полосу значительной ширины. Допускается такой способ, если отжигом уже отождена полоса шириной не менее 2-3 м. Дополнительная линия огня прокладывается без опорной полосы на расстоянии 4-6 м от кромки отжига. Ее фронтальная часть быстро идет по ветру до встречи с рабочей частью отжига. Чтобы быстро отжечь широкую полосу, такой прием повторяют, каждый раз отступая к пожару на все большее расстояние, так как ширина выжженной полосы все время увеличивается и она может служить препятствием для все более интенсивного горения.

Наиболее безопасен предложенный Н. П. Курбатским отжиг «ступенчатым огнем». Пустив отжиг, отступают от пожара и создают новую опорную полосу, параллельную первой, и от нее вновь пускают отжиг и т. д. (рис. 5). Увеличение объема подготовительных работ при таком способе отжига компенсируется его надежностью и безопасностью.

Проводя отжиг, важно учитывать, что от фронта пожара разлетаются искры и головешки, причем при встрече огня отжига с фронтом пожара количество их резко увеличивается. Необходимо, чтобы к моменту этой встречи выжженная полоса была достаточно широкой и искры не вылетали за ее пределы. Тем не менее позади опорной полосы обязательно должно быть организовано постоянное наблюдение, чтобы ликвидировать возникающие очаги горения.

Применение отжига требует хорошего знания местности, правильного выбора места работ и метода их проведения, строгого соблюдения правил по технике безопасности. Поэтому руководить отжигом должен специалист, имеющий практический опыт в этом деле.

4.4. Тактика тушения лесных пожаров

Под пожарной тактикой понимается определение наиболее целесообразных способов и приемов борьбы с огнем в данных конкретных условиях. Тактический план тушения лесного пожара составляется руководителем тушения на основании данных разведки пожара. Разведку небольшого пожара руководитель осуществляет лично, обходя его по кромке. При более крупных пожарах направляют несколько человек, поручая им разведку на определенных направлениях, или по схеме пожара, полученной от летчика-наблюдателя. Во всех случаях руководителю рекомендуется лично ознакомиться с обстановкой по фронту пожара и быстро принять предварительное решение.

Разведка пожара включает в себя уточнение границ пожара, интенсивности горения, отмечая, в первую очередь, высоту пламени как на кромках, так и на фронтах. Последние данные особенно важно отмечать в вечерние часы, когда интенсивность горения ослабевает и появляется возможность в ночные часы локализовать пожар. Поэтому вечерние сообщения о границах пожара и интенсивности горения очень важны для организации работ по тушению пожара в ночное время. Разведка должна установить вид и силу пожара на фронте, флангах и в тылу, наличие наиболее пожароопасных и ценных участков, водоемов, преград, которые могут остановить распространение огня или служить опорной линией для отжига (реки, ручьи, минерализованные полосы и т.д.), а также выявить места, где такие преграды или опорные полосы необходимо создать дополнительно и наметить способы их создания. Выяснив обстановку на пожаре, руководитель с учетом имеющихся в его распоряжении сил и средств, возможной помощи, условий погоды и т.п. приступает к ликвидации очага.

Наиболее эффективно разведку пожара осуществлять с помощью летательных аппаратов, особенно с вертолетов МИ-2 или МИ-8. Облет пожара руководителем тушения позволяет ему наиболее целесообразно расставить людей и технику, наиболее верно выбрать опорную полосу для остановки пожара.

Процесс ликвидации пожара составляют три стадии:

- остановка пожара, под которой понимается прекращение пламенного горения по кромке пожара;
- локализация пожара, т.е. предотвращение возможности его дальнейшего распространения посредством создания вокруг пожара надежной заградительной полосы;
- дотушивание пожара - тушение всех очагов горения внутри пожарища (на очень крупных пожарах тушат только очаги на полосе, прилегающей к периферии пожара).

Потушенные пожары окарауливают, так как пожар может возобновиться от скрытых очагов горения.

Остановку распространения пожара иногда смешивают с локализацией. Такая ошибка чревата серьезными последствиями. Так, на пожаре, потушенном захлестыванием или водой из ранцевых опрыскивателей, может быть внешне незаметно признаков горения. Такой пожар ошибочно считают локализованным и работы по его тушению прекращают, не создав вокруг него надежной заградительной полосы. Чаще всего в подобной ситуации пожар через некоторое время возобновляется сразу в нескольких местах. Рабочие, оставленные для его окарауливания, оказываются не в состоянии справиться с огнем, и пожар быстро распространяется.

Число пожаров, локализация которых была выполнена плохо, может в ходе пожароопасного сезона постепенно накапливаться, хотя при относительно невысокой пожарной опасности это будет незаметно. Однако как только установится жаркая сухая погода, особенно при наличии ветров, такие пожары начнут возобновляться, и в короткий промежуток времени возникает большое число очагов, справиться с которыми будет очень трудно. Поэтому после остановки пожара во всех случаях необходимо провести его тщательную локализацию, не считаясь с трудоемкостью этой работы: она оправдывает себя

большой экономией по сравнению с затратами труда и средств на повторное тушение возобновившихся пожаров.

Бывает, что после выпадения небольших осадков признаков горения нет. Полностью потухшим выглядят порой пожар и в ранние утренние часы. Опытный руководитель использует этот момент для создания по кромке пожара минерализованной полосы, т.е. надежной локализации пожара; неопытный уводит всех с пожара, считая его потушенным. В этом случае возобновление пожара неминуемым. Исключение могут составлять только беглые низовые пожары в ранневесенний период, когда горит лишь сухая трава.

После локализации (или в ходе ее проведения) пожар тщательно дотушивают. Небольшие пожары дотушивают по всей площади пожара. При этом горящие гнилые пни разрушают, подстилку и муравейники разгребают, горящие валежины, мох, дерн переворачивают и заливают «мокрой» водой. По обе стороны кромки пожара сваливают все сухостойные деревья, которые могут сами упасть, создав условия для перехода огня через заградительную полосу. После дотушивания пожарища надо тщательно окарауливать, так как остается опасность прорыва заградительной полосы на отдельных участках. В лесных условиях трудно создать идеально расчищенную минерализованную полосу; поднявшийся ветер может разнести искры от пней и валежника, горящих где-то в центре пожарища и т.д. Конечно, такие прорывы на хорошо локализованных пожарах носят единичный случайный характер и при наличии окарауливания быстро ликвидируются.

Окарауливание заключается в периодических обходах кромки пожара с целью выявления возобновившихся очагов горения. В зависимости от условий оно может продолжаться до 10 дней, а в засушливые периоды проводят, после снятия окарауливания, систематические осмотры пожарища через 1-2 дня до выпадения обильных осадков.

Не следует забывать, что окарауливают ликвидированные пожары, т.е. пожары, на которых в широкой полосе, прилегающей к кромке, нет никаких внешних признаков горения в течение всего времени суток. Но это внешнее состояние пожара обманчиво, он может возобновиться.

Тактика тушения каждого пожара должна учитывать все особенности данной местности и данного пожара. Так, обращая в первую очередь внимание на борьбу с фронтом пожара, руководитель тушения должен внимательно следить за положением на флангах и в тылу, которые при изменении направления ветра могут стать фронтом. Иногда потушить в первую очередь надо фланг пожара, например, если он продвигается к пожароопасному участку, на котором борьба с огнем наиболее затруднительна.

Пожар, распространяющийся вверх по более или менее крутому склону, остановить практически невозможно. В этих условиях лучше пропустить огонь до гребня. Но зато удерживать фланги, не давая огню распространяться в стороны поперек склона.

На удаленных пожарах, где количество людей ограничено и смена их крайне затруднена, важно организовать работу так, чтобы силы рабочих расходовались наиболее целесообразно. Работы на кромке пожара следует начинать с рассветом, когда интенсивность огня минимальная. Днем люди должны отдохнуть. От участков, где тушение пожара наиболее затруднительно (например, сильно захламленных), нужно отступать, выбирая рубеж для остановки пожара на сухих почвах, избегая места, где пожары могут заглубляться и необходимы очень трудоемкие работы по их ликвидации. Таких примеров много, важно изучить и освоить на практике основные приемы борьбы с пожарами, творчески подходя к их применению в конкретной обстановке.

При тушении низовых лесных пожаров применяются следующие основные тактические приемы. При небольших беглых пожарах средней силы или слабых, а также, когда пожар носит устойчивый характер и распространяется медленно, целесообразно тушить кромку сразу по всему периметру пожара. Это позволяет локализовать пожар в наиболее короткий срок. Но при таком приеме необходимо располагать достаточным количеством сил и средств.

На основании данных разведки пожара руководитель тушения прикидывает примерную кромку пожара и распределяет участки между рабочими. В зависимости от характера пожара, условий, в которых он действует, и имеющейся пожарной техники на отдельных участках применяются разные способы тушения. Например, на фронте пожара, где более сильный огонь, используют на тушении мотопомпу или пожарную автоцистерну, на флангах ставят группы рабочих с ранцевыми опрыскивателями, а в тылу ведут захлестывание.

Когда для одновременного тушения всей кромки пожара сил и средств недостаточно, тушение начинают с фронта пожара двумя группами, продвигающимися по мере тушения к флангам и далее до встречи в тылу. При этом достигается прекращение распространения в первую очередь самой опасной части пожара. Такой прием называют атакой с фронта. В зависимости от условий могут применяться самые разные способы тушения фронтальной кромки пожара, как активные, так и пассивные - прокладка минерализованных полос, отжиг, тушение водой, захлестывание и т. п.

Если тушение с фронта невозможно из-за сильного задымления и большого пламени, его начинают с тыла также двумя группами рабочих, расходящимися по флангам к фронту. Позади рабочих со стороны ветра остается потушенная кромка, что облегчает условия работы. Однако потушить пожар таким приемом можно лишь при условии, что наличие сил и средств пожаротушения позволяет тушить кромку с большей скоростью, чем продвигается фронт пожара. В этом случае обе группы рабочих, двигаясь навстречу друг другу, как бы сводят пожар на клин. Если нет и такой возможности, применяют устройство заградительных полос, либо отжиг. Обычно устройство заградительных полос сочетается с другими приемами. Так, против фронта можно пустить отжиг, на флангах создать заградительные полосы, а с тыла вести непосредственное тушение кромки и т. д.

Изложенное относится к тушению беглых низовых пожаров. Если пожар устойчивый, устройство заградительной полосы для локализации пожара обязательно. При небольшой скорости распространения такого пожара кромку вообще не тушат, а сразу проводят локализацию. Если устойчивый пожар сопровождается сильным беглым, то сначала останавливают беглый пожар, а затем локализуют очаг заградительной полосой вдоль всей кромки.

При тушении кромки пожара сразу по всему его периметру вручную (захлестыванием, забрасыванием землей или окапыванием) каждому рабочему отводится определенный участок кромки, где он должен остановить пожар, локализовать его и окончательно ликвидировать. Если тушение этими способами ведут двумя группами рабочих, продвигающимися с фронта к тылу или наоборот, каждый рабочий, закончив работу на отведенном участке, приступает к тушению участка впереди группы и т. д.

Тушение слабых пожаров водой или растворами химикатов из ранцевых опрыскивателей производится распыленной струей. Порядок работы аналогичен ручному тушению. Каждому рабочему отводят участок, который можно потушить одной заправкой огнетушителя. При сильном пламени рабочие работают парами. Первый рабочий сосредоточенной струей издали сбивает пламя, а второй с более близкого расстояния тщательно обрабатывает кромку распыленной струей. Горящие пни, валежник тушат сосредоточенной струей с обязательной добавкой смачивателя. Тушение пожаров при помощи пожарных насосов всегда начинают с фронта, охватывая затем очаг по периметру.

Создание заградительных полос почвообрабатывающими орудиями, взрывчатыми веществами и отжиг в первую очередь производят перед фронтом пожара. При этом заградительные полосы должны охватывать весь пожар либо упираться концами на другие уже имеющиеся преграды для распространения огня, чтобы пожар не мог их обойти.

Верховые пожары – явление относительно редкое, поэтому они недостаточно хорошо изучены, слабо разработаны техника и тактика борьбы с ними. Однако в отдельные, наиболее засушливые, годы эти пожары наносят огромный ущерб. Поэтому необходимо знать способы их тушения и уметь технически грамотно их применять.

В художественной и специальной литературе прежних лет часто описывается способ тушения верховых пожаров пуском встречного верхового огня. На пути приближающегося пожара самоотверженными действиями людей прокладывается широкая просека, на которой складывается вал из горючих материалов. Вдоль вала расставляются факельщики, затем опытный лесничий по дыму от папиросы, или бросая бумажки, определяет момент, когда появляется «встречная тяга», т.е. поток воздуха, образующийся в результате мощных восходящих потоков над кромкой пожара, в сторону пожара. Тогда вал поджигается одновременно на всем протяжении, огонь с него перебрасывается на ветви и кроны деревьев и идет навстречу основному пожару. При столкновении этих двух движущихся друг к другу лесных пожаров раздается громкий взрыв, образуется громадное пламя, которое вследствие отсутствия горючих материалов быстро спадает и верховой пожар прекращается. Но использование этого метода при тушении пожаров дало совершенно другие результаты. Пожар не только не был потушен, а, наоборот, сила его возросла. В чем тут дело?

Как мы знаем, верховые пожары бывают двух видов: устойчивые и беглые. Устойчивые верховые пожары обычно бывают в хвойных молодняках и средневозрастных древостоях, еще не очистившихся от нижних сучьев, а также в многоярусных хвойных насаждениях. Они могут распространяться и в безветренную погоду или при слабой ветре. При таком пожаре кроны горят над кромкой устойчивого низового пожара и верховой пожар распространяется одновременно с низовым с относительно небольшой скоростью (обычно 1-2 км/час).

Беглые верховые пожары возникают при сильном ветре, чаще всего в приспевающих и спелых древостоях средней полноты. Они распространяются быстро, скачками, периодически опережая фронт низового пожара. В период, предшествующий скачку огня по кронам, встречной тяги нет. Кроме того, фронт верхового пожара очень извилистый, он подходит к подготовленному валу лишь отдельными участками. Одновременное зажигание вала в этой ситуации приводит к распространению огня не на встречу с пожаром, а в обратную сторону – по ветру.

В настоящее время единственным практически применимым способом борьбы с беглыми верховыми пожарами является отжиг на полосе шириной до 200 м. Эффективность его основана на том, что верховые пожары не могут распространяться, если отсутствует подогрев крон низовым пожаром. Создание просек для борьбы с такими пожарами по меньшей мере бесполезно. Беглые верховые пожары легко переходят даже через железные и шоссейные дороги. Отжиг же в ветреную погоду гораздо безопаснее начинать под пологом леса, а не от просеки, где ветер сильнее.

Разведкой верхового пожара выявляют примерные границы очага, направление его движения и естественные рубежи, которые могут остановить огонь, либо послужить опорной линией для отжига или места, где такие линии надо проложить искусственно. Подробная детализация здесь не нужна. Лучше всего такую разведку производить на вертолете, так как можно более тщательно осмотреть местность при облете на небольшой скорости. Сразу же в воздухе намечаются рубежи по остановке огня, размещение опорных полос для отжига и заградительных полос в целях недопущения проникновения огня в особо опасные участки.

Беглый верховой огонь идет по кронам только на фронте пожара, фланги и тыл горят низовым огнем. Поэтому в первую очередь тушат фронт пожара. Фланги и тыл тушат, как и все низовые пожары. Однако обязательно предусматривается возможность изменения фронта пожара при перемене ветра и заранее намечаются действия в этом случае. Впереди фронта беглого верхового пожара возникают новые очаги огня от разлетающихся искр, горящих пучков хвои и т.п. Поэтому особое внимание должно быть уделено быстрому выявлению таких очагов и их ликвидации, для чего выделяется необходимое количество рабочих.

Совсем другой характер имеет устойчивый верховой пожар. Он возможен при условии, когда тепла, выделяющегося от сопутствующего ему низового огня, достаточно для подогрева и воспламенения крон. Тепло это поднимается почти вертикально, так как под

пологом высокополнотных насаждений нет ветра или он незначителен. Но точно в таких условиях развивается и огонь отжига. В этих условиях он быстро превратится в верховой пожар и пойдет впереди основного пожара. Поэтому никакого отжига от минерализованной полосы без разрыва при такой ситуации делать нельзя. Для остановки устойчивых верховых пожаров необходимы опорные рубежи – противопожарный разрыв, река, дорога и т.п. Если их нет, прорубается просека. Ширина ее должна быть равна высоте древостоя. Расстояние между фронтом пожара и опорным рубежом выбирается с расчетом, чтобы успеть произвести отжиг на полосе шириной 30-50 м.

На просеке срубают все деревья, подрост, кустарники. Деревья сваливают в сторону пожара. Все ветви и сучья, кроме прижатых к земле, обрубают. Сучья, мелкие деревья и т.п. оттаскивают подальше от просеки. По обеим сторонам просеки и по центру устраивают минерализованные полосы. Минерализованная полоса на краю разрыва со стороны пожара является опорной полосой для отжига. Вдоль нее расставляют рабочих, которые ведут отжиг. Во избежание перехода огня отжига через опорную линию, ведется тщательное наблюдение за ней, возникшие очаги горения за ней от искр, головней немедленно ликвидируются охраной на полосе отжига. Для этого наготове держат необходимые средства пожаротушения, наиболее эффективными из которых в этих условиях являются водные: от ранцевых опрыскивателей до пожарных автоцистерн.

В процессе проведения отжига огонь может подняться в кроны, но сила его будет гораздо меньше, чем основного пожара, и просеку преодолеть он не сможет. При появлении же встречной тяги он будет двигаться в сторону пожара, при этом возможно появление встречного верхового пожара. Но он решающего значения не имеет. Важно отжечь достаточно широкую полосу, а пойдет огонь в сторону пожара верхом или низом неважно.

Устойчивым верховым пожаром в насаждениях II-III классов возраста обычно способствует захламленность таких насаждений отмершими сучьями и опадом. Для локализации таких пожаров бывает достаточным убрать хлам на полосе шириной 10-15 м и провести минерализованную полосу для задержки низового огня.

При борьбе с верховыми пожарами следует учитывать, что ночью почти всегда прекращается их распространение по кронам и, следовательно, резко снижается скорость их продвижения. Поэтому поздние вечерние и самые ранние (с началом рассвета) утренние часы должны использоваться для наиболее интенсивной работы, тем более, что в это время безопаснее проводить отжиг.

Основной тактический прием при тушении верховых пожаров – атака с фронта. В первую очередь отжиг ведут на направлениях, в которых распространение пожара наиболее опасно (например, чтобы отрезать пожар от горных склонов, на которых остановить огонь уже не удастся).

Подземные пожары сами по себе распространяются очень медленно. Однако обычно их возникновение связано с распространением низового пожара, при котором огонь заглубляется по всему пожарищу отдельными очагами. Поэтому в таких случаях прежде всего нужно ликвидировать низовой пожар. На торфяниках густо растут багульник, береза карликовая, кустарнички и погасить пламя захлестыванием здесь не удастся. Лучше всего применять для тушения растворы химических веществ или воду. После этого приступают к ликвидации очагов подземного горения. Наиболее эффективно это достигается при помощи заливки их «мокрой» водой из ранцевых опрыскивателей или ведер. Если же очаг уже развился, то потушить его можно только «мокрой» водой, подаваемой через торфяные стволы в большом количестве.

В 2007 году появилось сообщение о разработке Санкт-Петербургским НИИ лесного хозяйства торфяного ствола для тушения пожара на ранних стадиях. В ствол подается «скользящая» вода, которая получается добавлением в обычную смачивателя, в 2-3 раза уменьшающего поверхностное натяжение. В качестве смачивателя используется «Файрэкс» – химический состав, разработанный тем же институтом совместно с ООО «ИВХИМПРОМ»

из г. Иваново. Концентрации Файрэкса в полпроцента достаточно, чтобы достичь хорошего смачивающего эффекта, который позволяет раствору заполнять все, даже мелкие поры в торфе, имеющем пористую структуру. Подача воды в ствол может осуществляться как от пожарной машины, так и от мотопомпы.

В 2006 году Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования разработал и изготовил модульное леопожарное оборудование на базе колесного шасси ГАЗ-33086 (лесопожарная автоцистерна АЦЛ-1,0-3,0 (33086)-4ВР.2). Один из съемных модулей автоцистерны комплектуется модернизированными торфяными стволами и соответствующим оборудованием, обеспечивающим одновременную работу двух стволов.

При всех достоинствах технологии тушения торфяным стволом (большая экономия растворов) у нее есть один серьезный минус – небезопасность ее применения для человека. Для работы на торфяных пожарах надо точно знать насколько безопасно находиться в том или ином месте. Огонь быстро распространяется по нижним слоям, выжигая большие пустоты под землей. Структуру торфяного пожара можно условно представить в виде груши. Техника и человек могут просто провалиться в образовавшиеся под землей пустоты с температурой 600-800°C. Разработан экспериментальный образец щупа, который способен определять состояние торфяника. Датчик, расположенный на щупе, дает точную информацию о том, есть ли процесс горения в данном месте или нет.

Самым надежным способом локализации торфяных пожаров является окапывание их канавой. При распространении пожара в мощных слоях торфа и при низком уровне грунтовых вод, где невозможно вырыть канавы нужной глубины, необходимо отступать на участки, где толщина торфяного слоя меньше или ближе залегают грунтовые воды. Все деревья на полосе, прилегающей к канаве со стороны пожара, валят вершинами в сторону пожара. Откосы канавы засыпают минеральным грунтом, а при невозможности этого внешний откос обрабатывают растворами химикатов со смачивателями, внутренний выжигают. Нельзя устраивать на торфяниках плужные борозды или канавы, не достигающие до воды или минерального грунта. Такие полосы не являются преградой для огня. Наоборот, выброс на поверхность измельченного торфа создает условия для развития пожара.

Борьба с подземными пожарами весьма трудоемка. Потушенные очаги требуют очень длительного постоянного окарауливания. Оставлять такие пожары локализованными, но не потушенными нельзя. Опыт показывает, что если наступает длительный период засухи число таких очагов огня в лесу постепенно накапливается и при неблагоприятных изменениях погоды они могут стать источниками массовых пожаров. После 1-2 часов сильного ветра горящие частицы торфа будут разнесены по лесу и создадут столько загораний, что потушить их своевременно окажется невозможно. Поэтому каждый очаг подземного пожара необходимо полностью ликвидировать, залив его «мокрой» водой.

Тушение подземных пожаров очень опасно, можно провалиться в выгоревшую яму и получить сильные ожоги. Опасность также представляют падающие деревья. Поэтому переход через изолирующую канаву в сторону пожара запрещен.

4.5. Организация борьбы с лесными пожарами

Задача лесохозяйственных организаций – обеспечить своевременное выявление возникающих в лесу очагов пожаров и ликвидацию их своими силами, не допуская распространения огня на более или менее значительной площади. Тушение лесных пожаров, как правило, должно осуществляться силами и средствами организации, в ведении которых находятся леса.

Раньше лесник своим обходе нес полную ответственность за своевременное обнаружение возникшего лесного пожара и организацию борьбы с ними. Обнаружив пожар или получив сообщение о нем, лесник был обязан принять все возможные меры к его

ликвидации. Если пожар еще небольшой и расположен недалеко, лесник сам приступает к тушению, привлекая на помощь временных пожарных сторожей и членов местных добровольных пожарных дружин. Если потушить пожар своими силами невозможно, то лесник немедленно обращается за помощью в лесничество или лесхоз. В любом случае о возникшем пожаре лесник докладывает сразу дежурному в лесничестве или лесхозе.

Каждый случай лесного пожара должен рассматриваться как чрезвычайное происшествие. Если есть необходимость, прекращаются все работы, проводимые в лесхозе, и все имеющиеся силы и средства направляются на борьбу с огнем. Из числа работников лесной охраны назначается руководитель тушения пожара, который несет ответственность за успешность его ликвидации и соблюдение техники безопасности. Тушение наиболее опасных очагов возглавляет инженер охраны и защиты леса, главный лесничий лесхоза, либо директор.

Для оказания помощи лесной службе в тушении пожаров на предприятиях, в организациях и учреждениях организуются добровольные пожарные дружины. Однако бывали случаи, когда эти силы почему-либо не выполнили свою задачу и лесной пожар или несколько пожаров распространялись на значительной площади, создавая угрозу стихийного бедствия. Тогда приходится привлекать на тушение пожара рабочих и технику других предприятий и организаций, а иногда и воинских подразделений. Такое положение, в частности, возникает при особенно длительных засухах.

Развившийся лесной пожар представляет собой грозное стихийное явление и всякое промедление в борьбе с ним ведет к еще большему усложнению обстановки. Поэтому все организационные мероприятия по привлечению на тушение пожаров дополнительных сил и средств должны быть разработаны заблаговременно, до начала пожароопасного сезона.

Право привлекать население и технику для борьбы со стихийными бедствиями, в том числе и с лесными пожарами, предоставлено администрации районов. Каждое лесничество и лесопарк ежегодно составляет годовой оперативный план противопожарных мероприятий. Этот план предусматривает мероприятия, проводимые лесхозом, а также мероприятия по организации тушения пожаров в тех случаях, когда пожары по каким-либо причинам силами лесхоза или оперативного авиаотделения ликвидировать невозможно. Планом предусматривается, какие предприятия и учреждения должны выделять транспорт для доставки рабочих и средств пожаротушения к местам пожаров, а также машины и механизмы для тушения пожаров с указанием вида и количества техники. Указывается из каких населенных пунктов и в каком количестве должны направляться люди и техника на тушение пожаров в тех или иных кварталах, лесных дачах или урочищах. В план включают организацию добровольных пожарных дружин в населенных пунктах и порядок использования на тушении лесных пожаров городских, сельских и поселковых пожарных команд, организацию питания рабочих, занятых тушением пожаров, и медицинской помощи для них.

После утверждения плана администрацией района он становится обязательным для всех организаций, действующих на территории района.

Право привлекать в соответствии с указанными планами на тушение пожаров рабочих и технические средства предоставлено работникам Государственной лесной охраны. Руководство лесничества обязано следить за выполнением плана и в случае невыполнения его какими-либо организациями принимать через администрацию района необходимые меры.

Лесхоз обязан обеспечить всех рабочих, выделяемых на тушение пожара, средствами пожаротушения, организовать их доставку к месту пожара и обратно, питание работающих на пожаре людей и оказание им медицинской помощи, обеспечить снабжение механизмов горючих и правильное использование всех сил и средств пожаротушения.

Для обеспечения дисциплины и порядка, необходимых в борьбе с огнем, рабочих следует разбивать на группы по 5-6 человек. Во главе каждой группы назначается старший

из числа руководящих, инженерно-технических работников или наиболее авторитетных рабочих того же предприятия или организации, откуда направлена данная группа. Составлять группы из работников разных предприятий нецелесообразно и даже опасно. К каждой группе для технического руководства ее работой, инструктажа по способам и методам тушения пожара прикрепляется работник, имеющий опыт тушения лесных пожаров.

На крупных пожарах группы рабочих обычно объединяют в отряды, за каждым из которых закрепляют соответствующий участок кромки пожара. Каждой группе начальник отряда выделяет участок работы или поручает отдельную операцию. Например, при отжиге на участке, закрепленном за отрядом, одна группа готовит опорную полосу, другая производит отжиг, третья следит, чтобы огонь не перешел опорную полосу и т. п. Общее руководство тушением такого пожара осуществляется наиболее опытным работником государственной лесной охраны, назначаемым директором лесхоза. Работы по тушению пожара проводятся на основе строгого единоначалия. Все указания вышестоящего начальника подлежат безусловному выполнению подчиненными ему лицами.

Количество рабочих, необходимых для ликвидации пожара, зависит от многих условий (характер пожара, тип леса, условия погоды, применяемые средства пожаротушения и т.п.). Поэтому невозможно установить твердые нормы потребности рабочих для тушения пожара, но для ориентированного подсчета можно использовать следующие данные (табл. 4.5.1).

Таблица 4.5.1.

Трудозатраты в человеко-днях на 1 га, необходимые для тушения низового пожара

Интенсивность пожара	Площадь пожара, га						
	1-15	16-34	35-55	56-115	116-205	206-300	301 и более
слабый	2,2	1,0	0,75	0,55	0,4	0,3	0,25
средний	4,4	2,0	1,5	1,1	0,8	0,6	0,5
сильный	7,0	3,2	2,4	1,8	1,3	1,0	0,8

Общим правилом, имеющим важнейшее практическое значение, является проведение работ по борьбе с огнем в те часы суток, когда эти работы наиболее эффективны, т.е. поздно вечером (до темноты) и ранним утром (с рассвета). На сильных пожарах работа на кромке в дневные часы, даже если она возможна, в большинстве случаев бесполезна. Дневное время надо использовать при таких пожарах для создания опорных линий в удалении от кромки пожара. Если такой нужды нет, то это время использовать для отдыха, накопления сил и средств пожаротушения, разведки пожара.

Руководители бригад обязаны представить руководителю тушения пожара списки их членов, заверенные организацией, которая направила эти бригады. На основании этих списков руководители тушения пожаров ведут табель на рабочих, отмечая ежедневное число часов, отработанных ими фактически на тушении пожара. Также производится учет работы транспорта и других механизмов, используемых при тушении пожара. За пользование этими механизмами и транспортными средствами управление лесами Федеральной службы лесного хозяйства производит оплату их владельцам, исходя из средней плановой себестоимости 1 часа работы данного механизма. Рабочим деньги выплачиваются по платежным ведомостям, составленным лесничеством на основании ежедневных табелей, исходя из дневной тарифной ставки для повременщиков V разряда ЕТС.

Иной порядок оплаты применяется для рабочих, направленных на тушение лесных пожаров по распоряжению администрации своего предприятия. Этот случай рассматривается как перевод на другую работу по производственной необходимости с сохранением заработка и выплатой командировочных за время нахождения на пожаре. Лесхозы возмещают эти расходы по счетам соответствующих организаций.

Работающие на пожаре обеспечиваются питанием за счет и в пределах командировочных расходов. В практике работ по тушению пожаров имеются случаи бесплатного питания рабочих при наличии у владельцев (арендаторов) леса соответствующих финансовых возможностей.

Лесные пожары относятся к стихийным бедствиям, поэтому работы на их тушении выполняются и в выходные и в праздничные дни. После окончания работ по тушению, работникам, имеющим переработку рабочего времени, предоставляются выходные дни.

Для обеспечения своевременного принятия необходимых мер в случае опасности распространения лесных пожаров при органах власти районов, областей, краев создаются комиссии по борьбе с лесными пожарами. На комиссии возлагается руководство и координация действий всех предприятий и учреждений, привлекаемых для борьбы с лесными пожарами. Комиссия по борьбе с лесными пожарами возглавляется первым заместителем главы администрации. В состав комиссии входят руководители органов управления лесным хозяйством, внутренних дел, МЧС, лесной промышленности, базы авиационной охраны лесов и других организаций, осуществляющих работы в лесу или привлекаемых к тушению лесных пожаров. Комиссия заслушивает отчеты руководителей органов лесного хозяйства, внутренних дел, организаций и предприятий, имеющих в пользовании леса или производящих работы в лесу, о принимаемых мерах по обеспечению пожарной безопасности, осуществлению организационно-технических мероприятий по предотвращению, своевременному обнаружению и тушению лесных пожаров. Комиссия привлекает по решению администрации для тушения лесных пожаров население, рабочих и служащих, а также транспортные, противопожарные и другие технические средства предприятий, учреждений, организаций сверх предусмотренных оперативным планом; обеспечивает работающих на пожаре питанием и медицинской помощью. При необходимости по решению комиссии привлекаются для охраны лесов от пожаров дополнительное число вертолетов и самолетов, обеспечиваются внеочередные перевозки рабочих и средств пожаротушения авиационным, водным и наземным транспортом.

Воинские части могут быть направлены на тушение лесных пожаров командующим военного округа по просьбе соответствующей администрации области, края, автономной республики.

На обязанности работников лесохозяйственных органов лежит своевременное представление комиссиям по борьбе с лесными пожарами необходимых предложений по усилению противопожарной охраны лесов. Известно, насколько трудно бороться с лесными пожарами, когда они уже распространяются на значительные площади. Поэтому при повышении пожарной опасности в лесу по условиям погоды до IV класса следует незамедлительно принять самые энергичные меры к предотвращению пожаров, обнаружению и ликвидации возникающих в лесах загораний, чтобы не допустить распространения пожаров. В частности, следует ввести временный запрет посещения населением наиболее пожароопасных участков леса.

Необходимо также, чтобы руководители предприятий, организаций и учреждений привели на этот период в полную боевую готовность силы и средства, выделяемые согласно оперативному плану тушения лесных пожаров, и обеспечили дежурство членов добровольных пожарных дружин с соответствующими средствами пожаротушения и транспорта.

Разведка пожара включает в себя уточнение границ пожара, интенсивности горения, отмечая, в первую очередь, высоту пламени как на кромках, так и на фронтах. Последние данные особенно важно отмечать в вечерние часы, когда интенсивность горения ослабевает и появляется возможность в ночные часы локализовать пожар. Поэтому вечерние сообщения о границах пожара и интенсивности горения очень важны для организации работ по тушению пожара в ночное время.

Наиболее эффективно разведку пожара осуществлять с помощью летательных аппаратов, особенно с вертолетов МИ-2 или МИ-8. Облет пожара руководителем тушения позволяет ему наиболее целесообразно расставить людей и технику, наиболее верно выбрать опорную полосу для остановки пожара.

После проведения разведки руководитель тушения лесного пожара должен определить место опорной линии, у которой можно начать действия по остановке продвижения фронта и флангов пожара. Надо учитывать и время суток, когда имеется большая вероятность в достижении успеха. Как правило, наибольшая интенсивность горения и скорость распространения лесного пожара с 11 до 18 часов, а при снижении скорости ветра в вечерние и ночные часы интенсивность горения резко снижается, пожар становится низовым высотой пламени менее 1,5 м. В этом случае возможно даже контактное тушение, то есть непосредственно человеком, кромки огня. Но так происходит далеко не всегда. Крупные лесные пожары в Алтайском крае в 1997 году в ночные часы даже усиливали интенсивность горения в связи с усилением скорости ветра. Усиление скорости ветра временами до штормового и частая смена направлений движения ветра делали зачастую невозможной организацию тушения в ночные часы.

Чем больше фронт пожара, тем труднее его остановить какой-либо преградой. Следует учитывать, что в лесу скорость распространения пожара меньше, чем на открытом месте, а значит в лесу и легче его остановить.

О том, что на открытом месте остановить пожар сложно, говорит факт его остановки на линии железной дороги Локоть-Малиновое озеро на территории Ракитовского лесхоза. Руководитель тушения лесного пожара директор лесхоза Заблоцкий В. И. к 4 часам утра сосредоточил на полосе отчуждения 4 пожарных машины, несколько тракторов с плугами и более 100 человек рабочих. Несмотря на помощь пожарного поезда, огонь все-таки перескочил 60-метровую полосу и только после переброски через линию дороги трех машин АРС-14 пожар был локализован на площади в 150 га.

Одновременно с получением разведданных руководитель начинает организовывать мобильные группы по тушению пожара, но так как к этому времени наличные силы лесхоза, в лесном фонде которого возник пожар, уже находятся на кромке огня, то мобильные группы формируются из мобилизованных сил и средств. Опыт борьбы с крупными лесными пожарами показал, что такие группы должны быть именно мобильными и включать в себя 2-3 пожарные машины, 1-2 трактора с лесными плугами (ни в коем случае в лес нельзя направлять тракторы с сельскохозяйственными плугами – они будут поломаны в течение первых 10 минут работы), автобус и 15-20 человек. В обязательном порядке в такой группе должен быть местный лесник или мастер леса, хорошо знающий местность и не способный заблудиться в лесном фонде, он же становится и начальником мобильной группы, а также радиостанция для постоянного контакта со штабом по тушению пожара. Пофамильный список всех людей мобильной группы остается в штабе, а второй экземпляр – у начальника группы.

Вторым обязательным условием является закрепление за каждой мобильной группой определенного участка на фланге пожара или перед его фронтом. Ограничительные ориентиры закрепляемого участка должны быть хорошо известны начальнику группы.

По мере комплектования группы выходят на указанные места для борьбы с пожаром и постоянно извещают штаб о своих передвижениях и результатах тушения. Каждый начальник мобильной группы, хорошо знающий местность, должен заранее определить пути возможного отступления на случай непредвиденных обстоятельств, на случай изменения направления и силы ветра.

Обеспечение водой пожарных машин во время тушения производится или самозакачиванием в случае наличия водоема на расстоянии до 3 км или их запитывают водовозки, которые занимаются только подвозкой воды. Поэтому за каждой мобильной группой закрепляется еще и водовозка, их обычно привлекают из райцентра по

мобилизационному плану. Еще лучше, если эту работу выполняют так называемые «матки» – это цистерны на 10-12 м³ воды в сцепке с мощным трактором. Она способно заправить водой до 4-5 машин АРС-14 или до 8-10 машин на базе автомобиля ГАЗ-66.

Мобильная группа, прибыв на отведенный для нее участок, приступает к немедленному тушению. При низовых пожарах основными способами являются: залив кромки пожара водой, проведение минерализованных полос, захлестывание кромки огня ветками. Если высота пламени не превышает 1,5 м, то тушить кромку пожара можно непосредственно. Достаточно эффективно применение ранцевых опрыскивателей. Особенно они нужны в лесу с густым подлеском из кустарников или на горных склонах, куда поднять воду другими способами невозможно.

В равнинных условиях хорошо зарекомендовали себя воинские автомашины АРС-14, на которых управление подачей воды установлено в кабине водителя, а умельцы из лесхозов за кабиной устроили площадку для нахождения там человека с брандспойтом. Водитель ведет машину вдоль кромки огня, а ствольщик тушит его с машины струей воды.

При заправке цистерны водой в объеме 2,8 м³ ее хватает при непрерывной работе на 25-40 минут, за это время машина проходит путь по лесу около 1 км. Заменяя друг друга 2-3 машины могут держать под контролем кромку пожара в 2-3 км.

В борьбе с низовыми пожарами наиболее эффективно для остановки пожара применять в комплексе трактор с плугом и пожарную автомашину. При этом трактор с максимальной скоростью проделывает минерализованную полосу у кромки пожара, а пожарная машина, следуя сзади, не позволяет огню перебраться через минполосу. Если такая минполоса создается в лесу или по кромке леса и огонь не выходит на открытое пространство, то обычно результат положительный. Безусловно при штормовых ветрах такие меры противодействия оказываются очень слабыми.

При высоте пламени более 1,5 м тушить непосредственно кромку пожара становится невозможным. В этом случае надо создавать несколько параллельных минерализованных полос в расчете на то, что каждая из них несколько снизит интенсивность горения и затем можно тушить кромку контактным способом.

Наиболее эффективным, более доступным и более простым в исполнении при тушении не только низовых, но и верховых пожаров является отжиг.

Организация авиационной борьбы с лесными пожарами. Основной задачей авиапожарной службы является тушение очагов огня в районах авиационной охраны лесов в кратчайшие сроки после обнаружения лесного пожара, когда он не успел распространиться на значительной площади, и ликвидация его осуществима силами малочисленных, но технически оснащенных и имеющих специальную подготовку парашютно-пожарных или десантно-пожарных команд (групп). Что касается тушения пожаров, охвативших значительные площади, ликвидировать или задержать распространение которых до подхода наземных сил авиапожарные команды не в состоянии, высадка их, как правило нецелесообразна и не допускается, так как отвлекает команды от тушения вновь возникающих пожаров, которые могут перерасти, без обслуживания, в крупные.

Привлечение парашютистов и десантников-пожарных для борьбы с крупными лесными пожарами допускается с разрешения руководства базы в конкретном случае. Например, если не хватает работников наземной охраны, чтобы возглавить бригады рабочих, привлеченных для тушения пожаров. А также для проведения работ, требующих специальной подготовки: прокладки заградительных полос при помощи взрывчатых материалов. Однако при этом в авиаотделении должно оставаться достаточное число авиапожарных для ликвидации новых возникающих мелких очагов огня.

Парашютистов и десантников-пожарных привлекают также для дотушивания и окарауливания пожаров, частично локализованных выпавшими осадками в районах авиационной охраны при отсутствии у очагов огня наземной лесной охраны и местного

населения; для тушения механизированной командой базы крупных пожаров в районах авиационной охраны.

Для тушения пожаров в лесах, закрепленных за министерствами, ведомствами и организациями, а также в лесах сельхозпредприятий, не обслуживаемых по договорам, парашютистов и десантники-пожарные высаживаются в случаях, когда эти пожары могут перекинуться на леса, обслуживаемые по договору, или когда леса значительно удалены от населенных пунктов или транспортных путей.

Все дни пожароопасного сезона (включая субботные и воскресные) работники авиапожарной службы находятся в состоянии готовности к немедленному вылету для выполнения задания. При этом обеспечивается готовность к вылету не только на территории данного авиаотделения, но и для тушения лесных пожаров в другом авиаотделении, либо другой авиабазе. Подготовка к вылету парашютно-пожарной или десантно-пожарной команды (группы) в любом из указанных выше случаев занимает не более 15 мин. При вылете на авиапатрулирование с авиапожарными летчик-наблюдатель имеет на борту самолета технические средства и снаряжение для тушения лесных пожаров, применение которых может быть целесообразным в условиях той части обслуживаемой территории, над которой проводится облет. В случаях, когда поблизости от пожара находятся необходимые наземные силы и средства, летчик-наблюдатель может привлечь их или посадить одного-двух работников авиапожарной службы. Высадка работников авиапожарной службы проводится по письменному заданию летчика-наблюдателя, который единолично принимает решение о целесообразности и необходимости высадки парашютистов или десантников-пожарных, определяет численность высаживаемой группы и место высадки и несет всю ответственность за правильность принятого решения.

Парашютисты или десантники-пожарные осматривают очаг огня и прилегающую к нему местность с высоты, на которой самолет (вертолет) подошел к очагу пожара, чтобы лучше сориентироваться и наметить пути к пожару от площадки приземления, а также основную тактическую схему борьбы с огнем.

В это время летчик-наблюдатель составляет для авиапожарных схему пожара. Если пожар удален от населенных пунктов и транспортных путей, то на схеме обязательно указывается путь выхода к ним. При удалении площадки приземления от пожара намечается, как пройти к нему кратчайшим путем. В случаях когда пожар небольшой и рядом с ним хорошие ориентиры (железная дорога, берег реки) и к нему можно достаточно просто выйти схему можно не составлять.

После снижения высоты полета и детального осмотра места пожара летчик-наблюдатель совместно со старшим группы определяют, какие средства пожаротушения выделить группе для борьбы с огнем.

Высаживают парашютистов-пожарных на открытых местах: полях, лугах, лесных прогалинах, высохших болотах, не имеющих рытвин, камней, пней и других видимых препятствий, а если они одеты в специальное защитное снаряжение – в лесах, на площадках (участках леса), размером не менее 75×75 м. Высадка на вырубке, гари, ветровалы, сухостой, болота, в места, расположенные на расстоянии менее 1 км от крупных водоемов и высоковольтных линий, не допускается. Прыжки с парашютом выполняют с высоты не менее 600 м при скорости ветра у земли не более 7 м/сек, а при приземлении в лес – 10 м/сек. Высадка парашютистов в защитном снаряжении на лес производится в том случае, если на расстоянии 3 км от места лесного пожара нет пригодных для приземления площадок.

Защитное снаряжение парашютиста-пожарного (СПП) предназначено для защиты тела при приземлении на лес, спуска с деревьев при зависании купола парашюта на них и снятия зависших парашютистов. В комплект СПП входит защитный шлем с маской, комбинезон, ранец, страховочный пояс, лазы для подъема на деревья и снятия зависших парашютов, приспособление для спуска с деревьев (30 м ленты ЛТКМ-22-700 с тормозным замком),

веревка для удержания срубленных вершин при снятии куполов и переносная сумка. Масса СПП 9 кг.

Более совершенным является СПП-2 с массой не более 6 кг. Основное его преимущество – специальный комбинезон, выполненный из высокопрочной ткани с эластичными защитными элементами.

Для выполнения прыжков парашютистов-пожарных к местам пожаров на ограниченные площадки или на лес специально разработана парашютная система «Лесник». Площадь купола парашюта 58 м², масса 14,6 кг. Скорость снижения до 5 м/сек, маневренность (горизонтальная скорость) вперед до 4 м/сек, назад до 2 м/сек при общей массе парашютиста-пожарного с парашютами основным и запасным 100 кг. Парашют «Лесник-2» массой 14 кг рассчитан на массу парашютиста 100 кг при скорости спуска 5 м/сек и скорости горизонтального перемещения 9 м/сек. Он обеспечивает более точное приземление. Самой совершенной является парашютная система СПБ с куполом типа крыло, массой 19 кг, скоростью спуска 4,5 м/сек, горизонтальной скоростью спуска 9,3 м/сек. Система срабатывает и при буксировке автомашиной на скорости 5-60 км/час, что позволяет набрать высоту до 240 м, а затем отцепив фал, произвести тренировочный спуск. В качестве запасного используется парашют с куполом 50 м², массой 5,2 кг, скоростью спуска 7,5 м/сек при массе парашютиста со снаряжением 120 кг. Применяется также парашют ПТЛ-72 с куполом парашюта 70 м², массой 15,5 кг, скоростью спуска не более 5 м/сек, с маневренностью по горизонтали вперед 3,6 м/сек, назад 1,9 м/сек при массе парашютиста со снаряжением 120 кг.

После приземления и доклада по радио на борт самолета группа (до 6 человек) или команда (более 6 человек) приступает к разведке и тушению лесного пожара в соответствии с заданием. При этом тушение производится одним из наземных методов в зависимости от условий горения, имеющихся средств пожаротушения и других условий в районе пожара.

Десантников-пожарных доставляют к месту пожара вертолетом и высаживают с него на малой высоте (1,5 м) или на спусковых устройствах с высоты до 45 м. Погрузку и выгрузку из вертолетов производят быстро и организованно, особенно во время его зависания. Для четкости десантных операций каждое место в грузовой кабине нумеруется и за каждым десантником-пожарным в зависимости от занимаемого им в вертолете места закрепляется круг обязанностей. Устанавливается также порядок выгрузки, погрузки и определяется место в вертолете для противопожарного снаряжения.

Первым спускается инструктор или опытный десантник, который с земли страхует остальных. Обязанности выпускающего выполняет летчик-наблюдатель, который устанавливает связь с экипажем, он страхуется специальным поясом или подвесной системой, закрепленной через страховочный фал к силовому узлу вертолета. Затем выпускающий закрепляет карабин шнура за серьгу на бортовой стреле и сбрасывает бухту вниз. По команде каждый десантник зацепляет карабин своей подвесной системы за тормозной блок и спускается. Подобным образом спускают и грузы.

После доставки десантников и противопожарных грузов к месту пожара команда (группа), как и парашютисты, приступает к тушению пожара согласно заданию.

Старший оперативной группы авиапожарных является руководителем работ по тушению лесного пожара и несет ответственность за правильность проводимых мероприятий по борьбе с огнем, соблюдение Правил техники безопасности.

После окончания работ авиапожарных доставляют в авиаотделения, как правило, вертолетом, для чего при необходимости рядом с местом пожара подбирают или сооружают посадочную площадку.

Взаимодействие авиационных и наземных сил. Работа авиационной и наземной служб охраны лесов осуществляется в тесном контакте, при этом каждая из них имеет конкретные задачи. Основные положения по взаимодействию наземной лесной охраны и других служб

пожаротушения с авиационными силами изложены в инструкции по авиационной охране лесов.

Ежегодно, до наступления пожарной опасности, лесхозы и авиаотделения проводят совместные совещания по вопросам подготовки к пожароопасному сезону. Особое внимание уделяется вопросам организации пунктов приема донесений и устройства посадочных площадок в районах работы вертолетов, у контор лесхозов, лесничеств, мест жительства работников лесной охраны и в лесных массивах, где чаще всего возникают лесные пожары или имеется высокая пожарная опасность. Наличие площадок для посадки вертолетов является одним из условий для своевременного тушения пожаров.

Пункты приема донесений и посадочные площадки размещаются по согласованному с лесхозом и авиаотделением плану, а их устройство возложено на государственную лесную охрану. При этом специалисты авиаотделений осуществляют методическое руководство оборудованием пунктов приема донесений, устройством площадок для вертолетов и содержанием их в пригодном для эксплуатации состоянии. Лесхозы передают авиаотделениям списки пунктов приема донесений с указанием опознавательных знаков, должностей и фамилией лиц, ответственных за прием, а также сведения о районах работы экспедиций и их маршрутах на охраняемой авиацией территории.

Совместно определяются места организации дозаправочных пунктов для вертолетов, населенные пункты для вертолетов, населенные пункты и предприятия, где организуются добровольные пожарные дружины для использования их в качестве десантных команд на вертолетах, и порядок их подготовки. Специалисты авиаотделения инструктируют работников наземной лесной охраны по вопросу приема вымпелов, заполнения оборотной стороны донесения о лесном пожаре, подтверждения ликвидации или локализации лесных пожаров, правил хранения авиационных ГСМ на дозаправочных пунктах. Совместно выясняются причины пожаров и условия оказания помощи парашютистам и десанникам-пожарным при возвращении к месту базирования после тушения пожаров и т. п.

Авиаотделения помогают лесхозам осуществлять работы по противопожарному устройству лесов и проводить профилактические противопожарные мероприятия по планам, утвержденным начальником авиабазы и согласованным с органами управления лесным хозяйством области, края, республики. В свою очередь лесхозы содействуют работникам авиационной охраны в строительстве, ремонте служебных и жилых помещений в авиаотделениях, в обеспечении их жильем, транспортом при временном перебазировании авиаотделений или прибытии дополнительных авиапожарных из других авиабаз.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите способы тушения лесных пожаров.
2. Опишите приемы захлестывания огня по кромке пожара и ее засыпки грунтом.
3. Для чего прокладываются опорные заградительные и минерализованные полосы, канавы?
4. Опишите приемы использования на тушении пожаров воды, химических средств, отжига.
5. Расскажите об основных тактических приемах тушения пожаров. В чем особенность тушения подземных пожаров? В чем особенность тушения крупных пожаров? В чем особенность тушения пожаров в горных условиях?
6. Остановка, локализация низовых пожаров.
7. Способы тушения верховых пожаров.
8. Тушение лесных пожаров химическими средствами.
9. Виды противопожарных мероприятий, направленных на ограничение распространения пожаров.
10. Способы тушения почвенных (торфяных) пожаров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные пожары обуславливают процессы смены пород, влияют не только на состав древостоев, но и на их возрастную структуру, видоизменяют типы леса, преобразуют характер вырубок. Пожары вносят существенные изменения в численность и состав фауны - зверей, птиц, насекомых. Они влияют на жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, стимулируя или подавляя ее. Огонь меняет санитарное состояние леса, причем и здесь его роль неоднозначна. Нанося травмы деревьям, ослабляя их, он способствует образованию ветровала и бурелома (иногда на огромных площадях), нападению и размножению вредных насекомых и некоторым заболеваниям деревьев. С другой стороны, огонь непосредственно уничтожает источники инфекции, носителей ряда грибных и других заболеваний, а также вредных насекомых, приводя к отмиранию, в первую очередь, отстающих в росте деревьев и ускоряя тем самым процесс изреживания в лесу. Оказывая влияние на все компоненты леса, пожары вносят коренные изменения в лесные биогеоценозы и экосистемы в целом. Эти изменения проявляются по-разному при разных видах пожара, в разных географических условиях, в разных по характеру лесах.

Для правильного понимания роли пожаров в жизни леса и целенаправленного воздействия на процессы ими вызываемыми необходимы знания особенностей лесных пожаров, различий в их характере и последствий в разных условиях.

Данное учебно-методическое пособие позволит подробно познакомиться с понятиями лесной пирологии, типами лесных пожаров и их поражающими факторами, а также существующими принципами и подходами в области пожарной безопасности лесов и механизмами их локализации и подавления. Представленные контрольные вопросы для закрепления и проверки знаний по изучаемым темам, а также списки основной, дополнительной литературы и электронных ресурсов позволит основательно изучить вопросы лесной пирологии.

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Мелехов, И. С. Лесная пирология: учеб. пособие / И. С. Мелехов, С. И. Душа-Гудым, Е. П. Сергеева. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. 296 с.

Мельников, В. С. Лесная пирология: учеб. пособие / В. С. Мельников, А. П. Смирнов. – СПб: 2005. – 48 с.

Каницкая Л.В. Лесная пирология. Учебное пособие. Иркутск.: Изд-во БГУЭП, 2013.- 206 с.

Гущина, В.А., Агапкин Н.Д., Володькин А.А. Лесная пирология: учебное пособие. – Пенза РИО ПГСХА, 2016.- 200с.

Рихтер, И. Э. Лесная пирология с основами радиэкологии: учебн. пособие / И. Э. Рихтер. – Мн.: БГТУ, 1996. –290 с.

Иванов, А. В. Лесная пирология: конспект лекций / А. В. Иванов. — Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. — 300 с. — ISBN 978-5-8158-1554-4.

Усеня, В. В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними: монография / В. В. Усеня. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. – 205с.

Лесная пирология : учебное пособие / В. В. Пахучий, В. А. Дробахин ; Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – 60 с. ISBN 978-5-9239-0508-3

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Гришин А.М. Моделирование и прогноз катастроф Ч 2: учебное пособие. Кемерово. Изд-во Практика, 2005. 558 с.

Фильков А.И. Физико-математическое моделирование возникновения природных пожаров. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 276 с.

Гусев В. Г. Физико-математические модели распространения пожаров и противопожарные барьеры в сосновых лесах: монография / В. Г. Гусев. – СПб.: ФГУ «СПбНИИЛХ», 2005, 200с.

Коровин, Г. Н. Таблицы предельных значений площадей и периметров лесных пожаров к началу тушения: временные нормативы по тушению лесных пожаров / Г. Н. Коровин, М. А. Шешуков, С. И. Душа-Гудым. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1986, 27с.

Мурахтанов, Е. С. Основы лесохозяйственной радиационной экологии: курс лекций / Е. С. Мурахтанов, Н. А. Кочегарова. – Брянск: 1995. – 345 с.

Переволоцкий, А.Н. Основы ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения: конспект лекций / А. Н. Переволоцкий, И. М. Булавик. – Мн.: Белгослес, 2003. – 144 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

Лесные горючие материалы и пожароопасность насаждений Сибири : учебное пособие / В. А. Иванов, Г. А. Иванова, С. А. Москальченко, Н. А. Коршунов. — Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2017. — 100 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/94885.html> (дата обращения: 18.06.2020). <https://www.booksite.ru/rusles/6.html>

Лесной кодекс РФ [Электронный ресурс]/ — Электрон. текстовые данные.— : Электронно-библиотечная система IPRbooks, 2016.— 67 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/1805.html>.— ЭБС «IPRbooks».

Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU». URL: <https://elibrary.ru>.

Федеральное агентство лесного хозяйства Российской Федерации. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.

Электронно-библиотечная система «Лань». URL: <http://e.lanbook.com>.

Электронно-библиотечная система «Юрайт». URL: <http://www.biblioonline.ru>.

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.com». URL: <http://znanium.com/catalog.php>.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миркин Б.М. Что такое растительные сообщества. М: Наука, 1986. 160 с.
2. Поздняков Л.К. Лес на вечной мерзлоте. Новосибирск: Наука, 1983. 96 с.
3. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука, 1977. 239 с.
4. Реймерс Н.Ф., Яблоков Н.Ф. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982. 144 с.
5. Сукачев В.Н., Дылис Н.В. Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. 574 с.
6. Уткин А.И., Рождественский С.Г., Гульбе Я.И. и др. Диализ продукционной структуры древостоев. М.: Наука, 1988. 240 с.
7. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. М.: Наука, 1988. 253 с.

8. Анучин Н.П. Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
9. Курбатский Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. С. 3–58.
10. Соколовский В.Г. Состояние природной среды в СССР в 1988 г. М.: Госкомприрода СССР, 1989. 203 с.
11. Атлас лесов СССР. М.: Гослесхоз СССР, 1973. 222 с.
12. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1981. 278 с.
13. Van Wagner C.E. Condition for the start and spread of crown fire // Canadian J. of forestry research. 1977. Vol. 7. P. 23–24.
14. Бурасов Д.М., Гришин А.М. Математическое моделирование низовых лесных и степных пожаров. Кемерово: Изд-во Практика, 2006. 134 с.
15. Раунер Ю.Л. Тепловой баланс растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 210 с.
16. Дубов А.С., Быкова Л.П., Маруняч С.В. Турбулентность в растительном покрове. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 182 с.
17. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 342 с.
18. Inoue E. On the turbulent structure of airflow within crown canopies // J. Met. Soc. Japan. Ser. 2. 1963. Vol. 41, № 6. P. 317–326.
19. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, Сибир. отд., 1992. 407 с.
20. Гришин А.М. Физика лесных пожаров. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1994. 218 с.
21. Павлов А.В. Энергообмен в ландшафтной сфере Земли. Новосибирск: Наука, 1984. 256 с.
22. Алексеев Б.В., Гришин А.М. Физическая газодинамика реагирующих сред. М.: Высшая школа, 1985. 464 с.
23. Толчельников Ю.С. Оптические свойства ландшафта Л.: Наука, 1974. 251 с.
24. Алексеев В.Я. О спектральной яркости некоторых объектов лесной аэрофотосъемки // Методы дешифрования лесов по аэрофотоснимкам. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 160 с.
25. Дистанционное зондирование: Количественный подход / Под ред. Ф. Свейна, Ш. Дейвиса. М.: Мир, 1983. 320 с.
26. Баррет Э., Куртис Л. Введение в космическое землеведение (Дистанционные методы исследования Земли). М.: Прогресс, 1979. 368 с.
27. Аэрокосмические методы исследования лесов / Отв. ред. А.С. Исаев // Тез. докл. Всесоюз. конф. Красноярск, 1984. 186 с.
28. Курбатский Н.П. Классификация лесных пожаров // Вопросы лесоведения. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. С. 384–407.
29. Сафронов М.А., Вакуров А.Д. Огонь в лесу. Новосибирск: Наука, 1981. 128 с.
30. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные пожары и борьба с ними. М.: Наука, 1979. 198 с.
31. Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. М.: Госкомлес СССР, 1976. 110 с.
32. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 252 с.
33. Плеханов Г.Ф. Предварительные итоги двухлетних работ комплексной самостоятельной экспедиции по изучению проблемы Тунгусского метеорита // Проблема Тунгусского метеорита. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1963. С. 3–21.
34. Курбатский Н.П. О лесном пожаре в районе падения Тунгусского метеорита // Метеоритика. 1964. Вып. XXV. С. 168–172.
35. Фуряев В.В. Лесные пожары в районе падения Тунгусского метеорита и их влияние на формирование лесов // Проблемы метеоритики. Новосибирск: Наука, 1975. С. 72–87.

36. Голицын Г.С., Гинзбург А.С. Природные аналоги ядерной катастрофы // Климатические и биологические последствия ядерной войны. М.: Наука, 1987. С. 100-123.
37. Курбатский Н.П., Иванова Г.А. Пожароопасность сосняков лесостепи и пути ее снижения. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1987. 113 с.
38. Курбатский Н.П. Сезонные изменения влажности хвои, листьев и веточек у основных древесных пород тайги // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. С. 155-186.
39. Митрофанов Д.П. Сравнение пирологических характеристик некоторых лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1972. С. 52-76.
40. Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Волокитина А.В., Софронова Т.М. Пожарная опасность в природных условиях. Красноярск: Ин-т леса СО РАН, 2005. 328 с.
41. Гришин А.М., Фильков А.И. Прогноз возникновения и распространения лесных пожаров. Кемерово: Практика, 2005. 201 с.
42. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 470 с.
43. Лобода Е.Л. Математическое моделирование сушки слоя лесных горючих материалов. Дисс. ... на соискание ученой степени канд. Физ.-мат. наук по специальности 03.00.16 – экология (физико-математические науки). Томск: Том. ун-т, 2001. 109 с.
44. Нестеров В.Г., Гриценко М.В., Шабунина Т.А. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968. №9. С.102-104.
45. Гришин А. М. Моделирование и прогноз катастроф : учебное пособие. Ч. 3 / А. М. Гришин, С. В. Петрин, Л. С. Петрина ; Том. гос. ун-т, Региональная общественная организация (ТОУМИТ). - Томск : Издательство Томского университета, 2006. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000223501>
46. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. Л.: Химия, 1969. С. 427.
47. Телицын Г.П. Лесные пожары, их предупреждение и тушение в Хабаровском крае. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1988. 95 с.
48. Albini J.A. A Physical model for fire spread in brush // 11 Symp. (Int.) Combustion, Berkley, Calif. Pittsburgh, 1967. P. 553-560.
49. Валендик Э.Н. Исаков З.В. Об интенсивности лесного пожара // Там же. С. 40-55.
50. Софронов М.А. Лесные пожары в горах Южной Сибири. М.: Наука, 1967. 147 с.
51. Гришин А.М., Абалтусов В.Е., Бабаев В.М. и др. Экспериментальное исследование тепло- и массопереноса в приземном слое атмосферы при лесных пожарах / Том. гос. ун-т. Томск, 1980. 90 с. Деп. в ВИНТИ 30.06.81, № 4224-81.
52. Молчанов В.П. Условия распространения верховых лесных пожаров в сосняках // Лесн. хоз-во. 1957. № 8. С. 50-53.
53. Гришин А. М., Перминов В. А. Переход низового лесного пожара в верховой // Физика горения и взрыва. 1990. Т.26, № 6. С. 27-35.
54. Исаков Р.В. Воспламенение хвои при развитии низовых пожаров в верховые: Дис. ... канд. техн. наук / Ин-т леса и древесины СО АН СССР. Красноярск, 1985. 203 с.
55. Моршин В.Н. Воспламенение тонких влажных растительных материалов в зависимости от условий тепломассообмена и метод расчета перехода низового лесного пожара в верховой: Дис.... канд. техн. наук / Лесотехн. акад. Л., 1986. 200 с.
56. Курбатский Н.П. Биогеоэкология как одна из основ лесной пирологии // Проблемы лесной биогеоэкологии. Новосибирск: Наука, 1980. С. 99-115.
57. Гришин А.М., Алексеев Н.А., Байдин Н.П. и др. Экспериментальное исследование механизма распространения лесных пожаров и новых способов борьбы с ними / Том. гос. ун-т. Томск, 1987. 53 с. Деп. в ВИНТИ 18.12.87, № 226-B87.
58. Сухинин А.И. Температурное поле при распространении пламени по хвое // Проблемы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1975. С. 100-127.

59. Конев Э.В. Анализ процесса распространения лесных пожаров и палов // Теплофизика лесных пожаров. Новосибирск: Ин-т теплофизики СО АН СССР, 1984. С. 99–125.
60. Гришин А.М., Алексеев Н.А., Голованов А.Н. и др. Физическое моделирование распространения лесных пожаров и взаимодействия ударных волн с фронтом пожара / Том. ун-т. Томск, 1989. 59 с. Деп. в ВИНТИ 4.05.89, № 2883-В89.
61. Гришин А.М., Абалтусов В.Е., Грузин А.Д. и др. Экспериментальное исследование механизма распространения верховых лесных пожаров и тепломассообмена фронта пожара с окружающей средой / Том. гос. ун-т. Томск, 1982. 85 с. Деп. в ВИНТИ 3.09.82, № 4873–82.
62. Математическое и физическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними: Отчет в НИР / Том. гос. ун-т; руководитель работы А.М. Гришин. ВНИИЦ № ГР 01860134681. М., 1991.
63. Голованов А.Н., Зятнин В.И. О взаимодействии потока воздуха с лесными горючими материалами // Совещ.-семинар по механике реагирующих сред. Красноярск: Сиб. технол. ин-т, 1988. С. 120–122.
64. Валендик Э.Н. Ветер и лесной пожар. М.: Наука, 1968. 117 с.
65. Гришин А.М., Плюхин В.В. Экспериментальное исследование структуры фронта верхового лесного пожара // ФГВ. 1985. № 1. С. 21–26.
66. Сухинин А.И. Экспериментальное исследование механизма распространения пламени по хвое. Дис. ... канд. физ.-мат. наук. Красноярск: Ин-т леса и древесины СО АН СССР. 1975. 136 с.
67. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Трунов И.А. Влияние лесного пожара на пограничный слой атмосферы // Горение и пожары лесу. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР. 1973. С. 56–75.

Издание подготовлено в авторской редакции

Подписано в печать 14.12.2020 г.

Отпечатано на участке цифровой печати
Издательства Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. (3822) 529-849.
E-mail: rio.tsu@mail.ru

Заказ № 4542 от «14» декабря 2020 г. Тираж 50 экз.