

**МЕТОДИКА И ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ**

УДК 630*43(07.07)

А.В. Волокитина, М.А. Софронов, Т.М. Софронова

Волокитина Александра Витальевна родилась в 1949 г., окончила в 1972 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, профессор кафедры лесоводства Сибирского государственного технологического университета. Имеет более 200 печатных работ в области экологии пожаров растительности, классификации и картографирования растительных горючих материалов, влияния пожаров на бюджет углерода.



Софронов Марк Адрианович родился в 1930 г., окончил в 1953 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, профессор кафедры лесоводства Сибирского государственного технологического университета. Имеет 220 печатных работ в области природы пожаров растительности (в том числе лесных), борьбы с ними, влияния пожаров на бюджет углерода.



Софронова Татьяна Марковна родилась в 1980 г., окончила в 2002 г. Красноярский государственный педагогический университет, старший преподаватель КГПУ, аспирант кафедры лесоводства Сибирского государственного технологического университета. Имеет 21 печатную работу в области экологии природных пожаров и оценки пожарной опасности.

**ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОВЕДЕНИЯ НИЗОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

Рассмотрена обучающая программа по прогнозу поведения лесных низовых пожаров на основе использования карты растительных горючих материалов, метеорологической информации и простой эмпирической модели распространения горения.

Ключевые слова: обучающая программа, лесной пожар, карты растительных горючих материалов, прогноз поведения пожара.

Прогноз поведения обнаруженного лесного пожара позволяет рассчитать оптимальные силы и средства для тушения, предусмотреть опасные тенденции и ситуации в его распространении и развитии (вероятность угрозы населенным пунктам или ценным объектам и т. д.), составить оптимальный план управления этим пожаром. Сценарии распространения пожара и его последствий на определенной площади при различных погодных условиях необходимы для выбора оптимальных времени и технологии целевых выжиганий. Поэтому в США и Канаде, например, уже существуют и совершенствуются системы для прогноза поведения лесных пожаров [4]. В России разрабатывается подобная система, учитывающая природные условия и особенности информационной базы. Предлагаемая в статье обучающая программа включает прогноз поведения низового пожара на период от момента его обнаружения до начала тушения.

Теоретическая основа. Эффективное прогнозирование поведения и последствий пожаров возможно на основе крупномасштабных карт растительных горючих материалов и метеорологической информации [1, 3]. В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН разработаны простой метод и недорогая технология составления крупномасштабных карт растительных горючих материалов (РГМ). Идея метода заключается в максимальном использовании имеющейся лесоустроительной информации для составления карт, в том числе компьютерным способом [1]. Картографирование РГМ базируется на их классификации в виде деления на группы и типы [1]. К крупномасштабной карте РГМ прилагают пирологическое описание участков-выделов, пронумерованных на карте, в котором указывают преобладающие древесные породы, возраст, сомкнутость (полноту) древостоя, направление и крутизну склона. Для каждого выдела в зависимости от типа основного проводника горения (ОПГ), сомкнутости полога древостоя и фенологического периода обязательно отмечают критический класс засухи (лесопожарный класс засухи, при котором данный участок растительности достигает состояния готовности к горению).

Для прогноза распространения низового пожара выбрана наша модель как наиболее простая [3]. Прогнозирование идет в несколько этапов. Вначале оценивают состояние готовности к горению участков растительности вокруг очага пожара в зависимости от уровня засухи; затем – скорость распространения и интенсивность горения на этих участках в соответствии с метеопрогнозом, в процессе моделирования распространения контура пожара, при прогнозе которого учитывают не только негоримые участки, но и линейные преграды. После этого устанавливают интенсивность пожара на каждой части кромки. При планировании тушения определяют оптимальное число рабочих и техники в зависимости от длины периметра пожара, скорости его распространения и интенсивности горения. В процессе прогнозирования используют простые формулы и комплект таблиц, специальные табличные формы записи.

Сценарий обучения. 1. Получить у преподавателя исходную информацию: постоянную и оперативную (ниже дан ее перечень). 2. Опре-

делить период «свободного» распространения пожара (от момента обнаружения до начала тушения) и считать его расчетным периодом. 3. Составить карту текущей природной пожарной опасности на основе карты РГМ, пирологического описания к ней и метеорологической информации. 4. Нанести контур пожара с абриса на карту текущей природной пожарной опасности с указанием направления ветра. Обозначить на карте направление фронта, флангов, тыла пожара. 5. Рассчитать распространение низового пожара (за расчетный период) и нанести на карту его контур на конец расчетного периода. 6. Определить объем работ по тушению (с учетом длины периметра, скорости нарастания и интенсивности (силы) пожара). 7. Составить план тушения (с указанием тактических приемов и способов тушения). 8. Рассчитать варианты тушения при разном количестве сил и средств, выбрать оптимальный вариант на основе продолжительности тушения и площади оставшегося пожарища.

Исходная информация: А. Постоянные источники информации (таблицы): 1) пирологическая характеристика основных проводников горения (ОПГ); 2) коэффициенты относительного влияния основных факторов на скорость распространения кромки низового пожара; 3) коэффициенты влияния полноты древостоя на скорость ветра под пологом леса; 4) продолжительность тушения лесных пожаров и конечная площадь пожара в зависимости от его скорости, численности рабочих и количества бульдозеров. Б. Оперативная информация: 1) абрис контура пожара с привязкой к квартальной сети и другим ориентирам с указанием точного времени его составления; 2) крупномасштабная карта РГМ для района действия пожара (с приложением пирологического описания выделов); 3) метеорологические условия в день составления абриса: лесопожарный показатель засухи (В.Г. Нестерова или ПВ-1 ЛенНИИЛХа), направление и скорость ветра, относительная влажность воздуха; 4) метеорологический прогноз на завтра (или ближайшие три дня), желательно с прогнозом величины показателя.

При прогнозе поведения пожара желательно придерживаться следующего порядка работы.

1. *Определение периода свободного распространения пожара, ч.* Уточняют реальное время доставки на пожар сил и средств (с учетом времени на сбор команды, вида транспорта, скорости его движения и расстояния до пожара), берут разность между этим временем и временем обнаружения пожара. Контур пожара рассчитывают обычно на конец этого периода (на заданный час определенного дня).

2. *Составление карты текущей природной пожарной опасности на основе карты РГМ [1].* Вначале определяют класс засухи сегодняшнего дня по величине (в единицах) лесопожарного показателя засухи (В.Г. Нестерова или ПВ-1): I – до 300; II – 301 ... 1000; III – 1001 ... 3000; IV – 3001 ... 10 000; V – 10 001 ... 30 000; VI – более 30 000 единиц. Затем имеющуюся карту РГМ превращают в карту текущей природной пожарной опасности, которая показывает состояние готовности к горению участков вокруг пожара. Для этого класс засухи сегодняшнего дня сравнивают с критическими

классами засухи, которые указаны по каждому выделу в пирологическом описании. Если класс засухи меньше критического класса, то участок еще не может гореть; если больше критического, то он готов к горению; при равенстве текущего класса засухи с критическим состояние переходное. Выделы на карте РГМ раскрашивают или штрихуют в соответствии с этими тремя градациями: 1) готовые к горению; 2) не готовые к горению; 3) имеющие неопределенное (переходное) состояние. В результате получается карта текущей природной пожарной опасности. Неопределенность в оценке состояния выделов устраняют экспертным путем, используя профессиональный опыт и дополнительную информацию (анализ характера уже пройденных огнем участков и др.).

3. *Перенос контура пожара с абриса* на карту текущей природной пожарной опасности с указанием направления ветра (стрелкой). Для этого нужен абрис пожара с привязкой к квартальной сети и другим ориентирам с указанием точного времени его составления.

4. *Обозначение четырех направлений* (из центра пожара), по которым прогнозируется его распространение: фронтальное, совпадающее с направлением ветра, тыловое – в противоположном направлении, право- и левофланговые направления, перпендикулярные направлению ветра.

5. *Вероятную скорость распространения низового пожара* (V_{sf}) и период распространения по выделам рассчитывают по формуле

$$V_{sf} = V_0 K_w K_r K_\phi,$$

где V_0 – базовая («штилевая») скорость, м/мин (см. таблицу);

K_w, K_r, K_ϕ – коэффициенты относительного влияния факторов ветра (W , м/с), относительной влажности воздуха (r , %) и уклона (ϕ , град).

**Базовая скорость распространения горения (V_0 , м/мин)
и поверхностная теплота сгорания слоя ($Q_{сл}$, МДж/м²)**

Лесопожар- ный пока- затель	Тип основного проводника горения на почве											
	лишайни- ковый		сухомши- стый		влажно- мшистый		рыхло- опадный		плотно- опадный		травяно- ветошный	
	V_0	$Q_{сл}$	V_0	$Q_{сл}$	V_0	$Q_{сл}$	V_0	$Q_{сл}$	V_0	$Q_{сл}$	V_0	$Q_{сл}$ *
засухи (ПВ-1)												
100	0,20	4,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
300	0,32	6,5	–	–	–	–	–	–	–	–	0,30	9,0
500	0,46	8,5	0,14	3,5	–	–	–	–	–	–	0,33	10,0
700	0,54	9,0	0,16	5,3	–	–	0,10	4,0	–	–	0,35	10,0
1000	0,60	9,5	0,19	10,0	0,15	2,3	0,20	7,5	0,20	3,0	0,38	10,0
2000	0,64	10,0	0,25	16,0	0,22	8,8	0,30	10,0	0,23	9,0	0,40	10,0
3000	0,64	10,0	0,27	20,0	0,27	12,0	0,40	11,0	0,26	12,0	0,40	10,0
4000	0,64	10,0	0,29	22,0	0,30	13,2	0,44	11,5	0,29	13,5	0,40	11,0
5000	0,64	10,0	0,30	24,0	0,33	14,4	0,50	12,0	0,32	15,0	0,40	11,0

* Расчетные данные.

Коэффициенты (K_w) относительного влияния ветра (W):

W , м/с	0,0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	5,0
K_w	1,0	1,2	1,4	1,7	2,1	2,6	3,2	4,0	5,0	6,0	7,0	10,0
K'_w	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8

Примечание. W – скорость ветра на высоте 2 м над напочвенным покровом; K_w – для фронта; K'_w – для тыла и флангов.

Коэффициенты (K_r) влияния относительной влажности воздуха (r):

r , %	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90
K_r	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,3

Коэффициенты (K_ϕ) относительного влияния уклона (ϕ):

ϕ , град	-40	-30	-20	-10	0	10	15	20	25	30	35	40
K_ϕ	0,7	0,7	0,7	0,9	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	4,0	6,0	12,0

Примечание. Вверх по склону – углы положительные; вниз – отрицательные; поперек – нулевые.

Скорость ветра над покровом (W) рассчитывают по формуле

$$W = W_m K_d,$$

где W_m – скорость ветра на метеостанции;

K_d – коэффициент, учитывающий относительную полноту древостоя Π (по Э.В. Коневу [2]):

Π	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K_d	0,77	0,70	0,60	0,48	0,38	0,30	0,23	0,16	0,11	0,07	0,05

6. Расчет по каждой тактической части пожара (или направлению) ведут до тех пор, пока период распространения (нарастающим итогом) не превысит расчетный период. Тогда по последнему выделу делают перерасчет, определяя расстояние, которое пройдет кромка до окончания расчетного периода, и отмечают данную точку на карте.

7. Учет особенностей распространения пожара. На пути распространения пожара в каждом направлении могут встречаться преграды в виде негоримых на данный момент выделов и барьеры в виде дорог, ручьев и рек. Если преграда (негоримый выдел) шире поперечника пожара, то распространение пожара в данном направлении прекращается. Если пожар шире преграды, он обходит преграду с одной или двух сторон.

8. Определение длины периметра пожара (P). Через точки на карте, которые пожар должен достигнуть в расчетное время по каждому направлению, проводят прогнозируемый контур пожара, измеряют длину этого контура (с учетом масштаба) и умножают на коэффициент извилистости, равный в среднем 1,5.

9. Определение скорости увеличения кромки пожара. Скорость увеличения периметра пожара (ΔP) не зависит от площади пожара и определяется только скоростью распространения пожара. Обычно ее оценивают по скорости фронтальной кромки (V_{fr}):

V_{fr} , м/мин	25	40	70	120	200
ΔP , м/ч	200	300	400	700	1000

Для оценки ΔP следует взять из формы расчета скорость кромки на фронтальном направлении в последнем выделе, т. е. ближе к концу расчетного времени.

10. *Прогнозирование интенсивности кромки пожара* (I_{sf} , кВт/м) необходимо для оценки силы пожара и определения возможных последствий. Интенсивность кромки находят по формуле

$$I_{sf} = 17 Q_{сл} V_{sf},$$

где $Q_{сл}$ – поверхностная теплота сгорания слоя, МДж/м²;

V_{sf} – расчетная скорость распространения кромки пожара, м/мин.

Значения $Q_{сл}$ для основного проводника горения в соответствии с его типом, полнотой древостоя и величиной ЛПЗ берут из таблицы.

Влагосодержание достаточно развитого яруса кустарничков из черники, брусники или голубики 90 ... 120 %, запас 0,1 ... 0,2 кг/м² (в абс. сухом состоянии). Сгорание этих кустарничков в пламени основного проводника приводит к увеличению $Q_{сл}$ на 0,5 ... 1,0 МДж/м². В пределах пламенной кромки пожара успевает сгорать до 0,5 кг/м² опавших сухих сучьев и мелкого валежника; в результате $Q_{сл}$ может возрасти на 3,0 ... 3,5 МДж/м².

11. *Силу низовых пожаров* оценивают по прогнозируемой интенсивности кромки (I_{sf}) для ее фронтальной части: слабый пожар – до 60, средней силы – 60 ... 600; сильный – более 600 кВт/м.

Предложенная программа опробована на занятиях со студентами лесохозяйственного факультета Сибирского государственного технологического университета. В настоящее время разрабатывается ее компьютерный вариант.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волокитина, А.В. Классификация и картографирование растительных горючих материалов [Текст] / А.В. Волокитина, М.А. Софронов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 314 с.
2. Конев, Э.В. Анализ процесса распространения лесных пожаров и палов [Текст] / Э.В. Конев // Теплофизика лесных пожаров. – Новосибирск: Ин-т теплофизики СО АН СССР, 1984. – С. 99–125.
3. Софронов, М.А. Пирологическое районирование в таежной зоне [Текст] / М.А. Софронов, А.В. Волокитина. – Новосибирск: Наука, 1990. – 204 с.
4. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behaviour Prediction System [Text] // Forestry Canada. Fire Danger Group: Science and Sustainable Development Directorate. Inf. Rep. ST-X. – Ottawa, 1992. – 63 p.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
Сибирский государственный
технологический университет

Поступила 12.04.04

A.V. Volokitina, M.A. Sofronov, T.M. Sofronova

Teaching Programme for Predicting Behavior of Creeping Forest Fires

Teaching programme for predicting behavior of forest creeping fires is considered based on the use of map of vegetation combustible materials, meteorological information and simple empirical model of burning spread.