

**АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева

**На правах рукописи
УДК 630*431.3; 630*431.5**

АНДРЕЕВ Юрий Александрович

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
(на примере Красноярского Приангарья)**

**06. 03. 03 — Лесоведение и лесоводство;
лесные пожары и борьба с ними**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Красноярск, 1991

Работа выполнена в лаборатории профилактики лесных пожаров Всесоюзного научно-исследовательского института противопожарной охраны лесов и механизации лесного хозяйства (ВНИИПОМлесхоз), г. Красноярск

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук
Э. Н. Валендик

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Фуряев

кандидат сельскохозяйственных наук
доцент П. М. Матвеев

Ведущая организация: Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства

Защита диссертации состоится 22 ноября 1991 года в 10 часов на заседании специализированного совета К 002.70.01 по присуждению ученой степени кандидата наук при Институте леса и древесины им. В. Н. Сукачева по адресу: 660036, г. Красноярск Академгородок, Институт леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института леса и древесины им. В. Н. Сукачева СО АН СССР.

Автореферат разослан « 15 » октября 1991 года

Ученый секретарь специализированного совета,
доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

Р. М. Бабинцева

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Абсолютное большинство лесных пожаров, приносящих большой экономический и экологический ущерб, возникает по вине человека. Однако влияние антропогенных факторов на частоту и распределение пожаров в пространстве и времени почти не изучено. Вследствие этого работа по предупреждению пожаров выполняется без необходимого научного обоснования и не достигает должного эффекта. В связи с этим планом НИР и ОКР Гослесхоза СССР в 1986-1990 гг. было предусмотрено выполнение темы VI.1.1. "Изучить антропогенную пожарную опасность в лесах Сибири и Дальнего Востока для усовершенствования профилактических противопожарных мероприятий". После принятия ЦК КПСС и СМ СССР Постановления № 434 от 13.05.87 район исследований, проводимых ВНИИЛХМлесхозом, был ограничен территорией бассейна оз. Байкал. Настоящая работа выполнена в рамках указанной темы. Автор в 1986-1987 гг. являлся ответственным исполнителем, а с 1988 г. - руководителем названной темы.

Цель исследований: изучение влияния антропогенных факторов на возникновение и пространственно-временное распределение лесных пожаров для оценки и прогнозирования антропогенной пожарной опасности в лесу как основы противопожарной профилактической работы.

Задачи исследований:

1. Изучить основные причины возникновения лесных пожаров.
2. Определить степень пожарной опасности для леса со стороны различных групп населения.
3. Исследовать зависимость частоты лесных пожаров от антропогенных факторов.
4. Изучить влияние антропогенных факторов на пространственно-временное распределение лесных пожаров.
5. Разработать метод оценки и прогнозирования антропогенной пожарной опасности в лесу.

Научная новизна. В результате изучения посещаемости и поведения людей в лесу и с учетом социально-демографического состава виновников и действительных причин возникновения пожаров впервые определена вероятность непреднамеренных поджогов леса представителями различных групп населения. На основании выявленных зависимостей частоты и характеристик распределения пожаров от не учитываемых ранее антропогенных факторов разработаны математические модели,

позволяющие определять уровень антропогенной пожарной опасности, потенциальную частоту пожаров при различных погодных условиях, некоторые показатели их пространственно-временного распределения.

Практическое значение. Выявленные закономерности возникновения и распределения лесных пожаров явились основой методических рекомендаций по оценке антропогенной пожарной опасности в лесах Красноярского Приангарья и были использованы при разработке рекомендаций по снижению антропогенной пожарной опасности в лесах бассейна оз. Байкал.

Апробация работы. Материалы диссертации были доложены и обсуждены в школе-семинаре молодых ученых и специалистов по современным проблемам защитного лесоразведения и охраны природы (Минск, 1987), на краевых конференциях молодых ученых и специалистов "Молодежь и научно-технический прогресс" (Красноярск, 1989, 1990), Всесоюзной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и специалистов отрасли (Пушкино, 1990).

Публикации. По материалам диссертаций опубликовано 12 работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованной литературы, приложения. Общий объем рукописи составляет 163 страницы машинописного текста, в т.ч. 81 страница основного и 82 страницы дополнительного (9 рисунков, 41 таблица, приложение, 112 библиографических источников, в т.ч. 18 на иностранном языке).

Автор считает своим долгом выразить благодарность д.с.-х.н. Э.Н.Валендику за руководство работой и к.с.-х.н. Г.П.Телицыну за оказанную помощь.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

По определению проф. Н.П.Курбатского (1972), "антропогенная пожарная опасность - это пожарная опасность охраняемой территории, обусловленная появлением источников огня в связи с деятельностью людей и относящаяся к многолетнему периоду".

Исследования антропогенной пожарной опасности в лесах Красноярского Приангарья не проводились. В наибольшей степени этот вопрос изучен Г.П.Телицыным на Дальнем Востоке (1981, 1983, 1984, 1985, 1987, 1988): уточнен характер выявленной ранее Н.П.Курбатским (1964) зависимости частоты пожаров от плотности населения, получены коэффициенты, отражающие пожарную опасность населения

для леса, предложены математические модели для определения вероятности возникновения пожаров в зависимости от расстояния до точечных и линейных объектов. Некоторые проблемы изучения закономерностей и профилактики возникновения пожаров по вине человека рассмотрены в работах С.П. Андришкина (1952), Г.А. Можеева (1965), А.Д. Вакурова (1975), Н.П. Курбатского с П.А. Цветковым (1986) и с Г.А. Доррером и Б.И. Дороговым (1976, 1978), П.Н. Львова и А.И. Орлова (1984), В.Д. Покрываило (1980, 1989) и др. авторов. При этом социально-демографический состав виновников возникновения пожаров практически не учитывается, а величина плотности населения, чаще всего используемая для определения уровня антропогенной пожарной опасности в лесу, приводит к усредненной оценке пространственного распределения пожаров. К тому же корреляция между плотностью населения и частотой пожаров в малонаселенных районах, к которым относится и район исследований, незначительна.

Известные зарубежные системы оценки пожарной опасности в лесу основаны на анализе многолетних данных о возникновении пожаров без учета влияния социально-экономических условий.

2. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходя из состояния вопроса, поставленной цели и задач исследований, в программу работ были включены следующие пункты:

1. Изучить:

- закономерности рекреационных нагрузок на лесные территории;
- причины и социально-демографический состав виновников возникновения лесных пожаров;
- зависимость частоты лесных пожаров от различных характеристик территории;
- пространственно-временное распределение лесных пожаров под влиянием антропогенных факторов.

2. Определить степень пожарной опасности для леса со стороны различных групп населения.

3. Разработать метод оценки и прогнозирования антропогенной пожарной опасности в лесу.

4. Усовершенствовать схему учета причин и виновников возникновения лесных пожаров.

Закономерности рекреационных нагрузок на лесные территории

изучены одним из самых распространенных методов в социологии — анкетным опросом населения. Заполненные респондентами анкеты обрабатывали вручную. Чаще всего определяли относительные величины (%), но в некоторых случаях и абсолютные как средневзвешенные. Объем выборки (270 чел.) определяли по комбинационной таблице, а количество респондентов в каждой группе — на основании социально-демографической структуры населения.

Анализ причин и социально-демографического состава виновников возникновения лесных пожаров выполняли только по актам лесонарушений, в которых указаны конкретные лица и истинные причины пожаров.

Незначительное количество выявленных виновников возникновения пожаров в районе исследований потребовало привлечения дополнительных данных о них в целом по Красноярскому краю. Общее число исследованных составило 350 чел. Изучение виновников заключалось в установлении их пола, возраста, социального положения, вида деятельности в лесу.

Анализ причин осуществляли не по традиционной схеме учета, применяемой лесной охраной, а по объяснению причин возникновения пожаров, зафиксированных в актах лесонарушений, с последующей их группировкой. При этом учитывали источники огня, от которых возникли пожары. Все вычисления производили в относительных величинах.

Основная часть исследований основана на методах математической статистики. Для анализа зависимости частоты лесных пожаров от различных характеристик территории применяли многофакторный анализ. Изучали связь частоты пожаров с показателями природной пожарной опасности, напряженности пожароопасных сезонов по условиям погоды и освоенности территории населением, выраженных различными способами и величинами.

Для вычисления математической зависимости числа источников загорания леса, под которыми подразумеваются любые источники огня, способные вызвать пожар при определенном сочетании погодных и лесорастительных условий, от численности жителей в населенных пунктах было определено среднее многолетнее число пожаров в радиусе 20 км вокруг этих населенных пунктов. Пожары, не вошедшие в это число, были распределены пропорционально полученным данным. Число источников загорания леса определялось гипотетически как отношение числа пожаров к произведению показателей природной пожарной опасности и напряженности среднего пожароопасного сезона.

Для анализа пространственно-временного распределения лесных пожаров было выполнено следующее:

1. Собраны данные о возникновении лесных пожаров на территории Красноярского Приангарья за 1975-1985 гг.

2. По среднесуточному числу пожаров выявлены периоды горимости и изучено распределение пожаров по этим периодам.

3. Изучено распределение пожаров по дням недели (отдельно будничные дни, выходные и праздничные).

4. По квартальной сети места возникновения пожаров отмечены на карте (схеме). Разными знаками выделены периоды горимости и дни недели.

5. Определено среднее число пожаров, возникших на расстояниях до 5, 6±10, 11±20, 21±50, 51±100 и более 100 км от населенных пунктов, с учетом периодов горимости и дней недели. Среднее расстояние от пожаров до ближайших населенных пунктов вычислено отдельно по периодам горимости и дням недели как средневзвешенное.

6. Определено среднее число пожаров, возникших на расстоянии по 2-4 км вдоль дорог и по берегам судоходных рек.

7. Изучено среднее число пожаров в радиусах до 10,0; 10,1±14,1; 14,2±17,3; 17,4±20,0; 20,1±22,4; 22,5±24,5; 24,6±25,5; 25,6±28,3; 28,4±30,0; 30,1±31,6 км вокруг 34 населенных пунктов. Площадь каждого исследуемого кольца составляла 314 км², что соответствует площади круга с радиусом 10 км.

В целом по Красноярскому Приангарью изучено распределение более 3 тыс. пожаров, а относительно 34 населенных пунктов - около 1 тыс.

При определении связей характеристик возникновения лесных пожаров с антропогенными факторами рассчитывали как парные коэффициенты корреляции, так и корреляционное отношение по известным формулам.

При подборе функции, описывающей процесс распределения пожаров относительно 34 населенных пунктов, учитывали наиболее часто встречающиеся типы распределений. При этом сначала устанавливали простейшие условия, необходимые для определения наличия эмпирических зависимостей. С этой целью определяли величину G_3 , наименьшее значение которой свидетельствует о наиболее тесной связи эмпирического распределения с теоретическим.

После выбора и определения параметров функции распределения

рассчитывали критерии согласия хи-квадрат Пирсона, В.И.Романовского и В.С.Ястремского. О согласии эмпирического и теоретического распределений в первом случае судили по уровню значимости, в остальных двух существенность расхождений оценивали относительно по абсолютному значению полученной величины. Начальные значения параметров функции распределения определяли методом логарифмирования, окончательные — методом последовательных приближений. Все вычисления производили на микрокалькуляторе "Электроника МК-51" по прикладным программам.

Необходимые для исследований данные были получены в соответствующих организациях по состоянию на 01.01.86.

3. РАЙОН И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По лесопожарному районированию район исследований относится к Нижне-Ангарскому лесопожарному округу Ангарской лесопожарной области (М.А.Софронюв, 1978). Исследуемая площадь составляет более 10 млн га лесной территории. В среднем в лесах Красноярского Приангарья возникает 274 пожара в год, или 27 сл./млн га со средней площадью 18,5 га, что по шкале Г.А.Мокеева (1955) соответствует умеренной горимости (0,05 %).

Климат резко континентальный. Весна начинается 19-23 апреля, снег тает быстро — за 5-7 дней, и в конце апреля — начале мая уже возможно возникновение лесных пожаров. В конце сентября — октябре обычно пожароопасный сезон заканчивается, т.к. формируется устойчивый снежный покров. Леса характеризуются относительно высокой природной пожарной опасностью (средний класс П,8), потому что основные древесные породы — сосна обыкновенная (42 % площади) и лиственница сибирская (24 %).

В Красноярском Приангарье проживают более 100 тыс.чел. в 100 населенных пунктах трех административных районов. Плотность населения составляет 1,1 чел./км². Доля трудоспособного — 55-60 %. Оно в основном занято на предприятиях ресурсодобывающих отраслей, особенно в лесной промышленности.

Вследствие повышенной антропогенной нагрузки на лесные территории за счет рекреантов, лесозаготовителей, вздымщиков, работников экспедиций и других посетителей, а также из-за погодных и лесорастительных условий леса Приангарья относятся к одним из самых горимых в Красноярском крае.

4. ВИНОВНИКИ И ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Пожарная опасность, которую представляют для леса различные группы населения, определяется следующими основными факторами:

- частотой и продолжительностью посещений леса;
- потребностью пользоваться источниками огня;
- объемом знаний и опыта обращения с огнем, дисциплиной и культурой поведения в лесу.

Первые два фактора изучены в результате опроса населения. Для учета третьего в связи с отсутствием каких-либо показателей мы ввели условную единицу, отражающую степень неопытности в обращении с огнем. Ясно, что наименее опытными являются дети, поэтому их уровень условно принят за единицу, в последующей каждой возрастной группе он, также условно, уменьшен на 10 % (т.е. на 0,1). Исходя из этого и средней доли рекреантов каждой возрастной группы, имеющих и пользующихся в лесу источниками огня, рассчитаны вероятности непреднамеренных (случайных) поджогов леса. На основании этой величины все население объединено в пять групп (табл. I).

Таблица I

Пожарная опасность для леса со стороны различных групп населения

Пол, возраст (лет)	Вероятность непреднамеренных поджогов, в долях единицы за об- щее время в лесу	Степень пожарной опасности для леса со стороны представителей группы
Мужской, от 20 до 30	0,35 и более	Высокая
Мужской, от 7 до 19, от 31 до 40	0,24 - 0,34	Значительная
Мужской, от 41 до 75, женский, от 14 до 30	0,13 - 0,23	Умеренная
Женский, от 7 до 13, от 31 до 75	0,02 - 0,12	Низкая
Дети до 7, взрослые старше 75	0 - 0,01	Отсутствие опасности

Правильность выделенных групп населения по степени пожарной опасности для леса подтверждает анализ социально-демографического

состава 350 виновников возникновения пожаров (табл.2).

Таблица 2

Распределение виновников возникновения лесных пожаров в Красноярском крае по полу, возрасту и месту жительства, % от общего числа

Место жительства	Возрастная группа, пол									Всего
	дети			взрослые			пенсионеры			
	муж.	жен.	итого	муж.	жен.	итого	муж.	жен.	итого	
Город	4,1	-	4,1	21,4	1,0	22,4	1,2	-	1,2	27,7
Село	4,7	0,3	5,0	58,6	4,0	62,6	4,4	0,3	4,7	72,3
Итого	8,8	0,3	9,1	80,0	5,0	85,0	5,6	0,3	5,9	100,0

Социальная структура виновников возникновения пожаров следующая: рабочие - 36,9 %; колхозники, рабочие совхозов - 21,4 %; ИТР - 17,8 %; учащиеся - 9,0 % и дошкольники - 0,1 %; пенсионеры и домохозяйки - 6,1 %; служащие - 4,4 %; временно неработающие - 1,5 %; студенты вузов и техникумов - 1,0 %; прочие - 1,8 %. Большое количество поджогов леса, совершенных рабочими и колхозниками, объясняется значительной долей представителей названных социальных групп среди населения Красноярского края, что обусловлено экономической региона.

Наибольшее число (30,1 %) виновников пожаров во время их возникновения занимались собственно лесной рекреацией (прогулки, туризм, так называемая пикниковая рекреация и др.). Следующие виды деятельности, при которых люди часто становятся виновниками лесных пожаров - это сельскохозяйственные работы - 18,8 %, пчеловодство - 12,2 %, заготовка побочной продукции леса - 8,9 % (в т.ч. подсочка 7,7 %), заготовка древесины - 4,9 %, работы по подготовке сенокосов и заготовке кормов для животноводства - 4,7 %, рыболовство и охота - 4,3 %, эксплуатация и ремонт автомобильных (2,9 %) и железных (2,5 %) дорог, экспедиционные работы - 0,9 %, прочие виды деятельности - 9,8 %.

Основной причиной возникновения лесных пожаров является разведение костров - 36,2 %, в т.ч. в хвойных молодняках, на вырубках, торфяниках - 24,7 %, при высокой и чрезвычайной пожарной

опасности по условиям погоды — 4,4 %, костры, оставленные без присмотра — 7,1 %. Одними из самых распространенных причин, кроме того, являются выжигание сенокосных угодий, пастбищ, травы на полянах, в лесу — 24,5 %, стерни, соломы на сельскохозяйственных полях 10,9 %, неосторожное курение — 7,4 %, шалости детей — 6,3 %, сжигание мусора, соломы и порубочных остатков в кучах — 4,1 %, выжигание травы вдоль железных и автомобильных дорог — 2,2 %, неисправности технических средств, аварии и т.п. — 1,6 %, сжигание порубочных остатков сплошным палом — 0,6 %, прочие — 3,4 %. Доля злоумышленных поджогов — 1,3 %. По причинам возникновения пожаров можно судить и об источниках огня, от которых они возникли.

На основании установленных причин пожаров и виновников их возникновения и с учетом характера горения применяемого огня (стационарный или распространяющийся), места применения источников огня (лесная площадь или другие земли), действующих правил пожарной безопасности в лесу предложена схема учета виновников и причин возникновения пожаров. По виду деятельности в лесу выделено 12 групп виновников. Мотивы поджогов леса и причины возникновения пожаров объединены в 2 основные группы (преднамеренные и непреднамеренные) и 12 подгрупп.

Социально-демографический состав виновников пожаров объясняется неодинаковой посещаемостью лесов представителями различных групп населения как с целью рекреации, так и с целью выполнения работ. Жизнь сельских жителей в значительно большей степени связана с лесом, чем городских. Поэтому они проводят там больше времени и, следовательно, чаще рискуют стать виновниками возникновения пожаров. Этими же причинами объясняется и то, что представителями мужского пола среди виновников пожаров значительно больше, чем представителей женского, а взрослых больше, чем детей. Социальный паспорт наиболее типичного виновника возникновения лесного пожара выглядит следующим образом: мужчина в возрасте от 20 до 30 лет, житель сельской местности, рабочей специальности, владелец автомобиля или мотоцикла, курящий, увлекающийся лесной рекреацией. Наиболее типичной ситуацией возникновения пожара является разведение костра в неположенном месте (на вырубках, торфяниках, хвойных молодняках и т.д.) при проведении в лесу пикниковой рекреации, приготовлении пищи во время рыболовства, сбора грибов или ягод.

5. ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТЫ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ОТ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Для изучения зависимости частоты лесных пожаров от различных характеристик территории использовали многофакторный анализ. Исследована зависимость средней частоты пожаров, возникших на территории 29 лесничеств 6 лесхозов и I леспромхоза Красноярского Приангарья, от 6 различных показателей их населенности. При этом учитывали природную пожарную опасность и пожарную опасность по условиям погоды. Всего при выполнении многофакторного анализа использовали в различном сочетании II характеристики территорий.

Наибольший множественный коэффициент корреляции ($R = 0,962 \pm 0,015$; $t = 64,1$; $F = 74,5$) получен при учете следующих показателей, расположенных в порядке уменьшения частных коэффициентов корреляции:

1. Напряженность пожароопасных сезонов по условиям погоды ($\tau = 0,896$), определяемая с учетом предложенных коэффициентов значимости классов пожарной опасности,

$$m = 0,4 \sum m_i + \sum m_{II} + 1,8 \sum m_{III}, y. \quad (I)$$

где $\sum m_i$ — суммы дней со II, III классами пожарной опасности по условиям погоды за год.

Коэффициенты значимости вычислили следующим образом: сначала установили среднее число дней для каждого класса пожарной опасности, среднее число пожаров, возникших в эти дни, и их долю в общей сумме дней и общем числе пожаров. Затем определили коэффициенты как частное от деления относительного числа пожаров на соответствующее относительное число дней. III классу пожарной опасности по условиям погоды присвоили коэффициент I,0 и соответственно с ним изменили коэффициенты других классов.

2. Средняя численность жителей в населенных пунктах $P_{ср}$ ($\tau = 0,834$), чел.

3. Количество населенных пунктов, приходящихся на единицу площади V ($\tau = 0,819$), нас. пунктов/млн га.

4. Коэффициент пожарной опасности территории по лесорастительным условиям C ($\tau = 0,298$), связанный с классом природной пожарной опасности (по Г.П.Телищину, Т.В.Костыриной, 1976), доли единицы.

Частота лесных пожаров, сл./млн га в год, определяется по уравнению

$$y = 0,42m + 0,01P_{\text{ср}} + 0,78V + 23,5ic - 40,81. \quad (2)$$

Как видим, частота лесных пожаров в основном зависит от погодных условий и населенности территории. Это связано с тем, что погодные условия определяют пожарную зрелость лесных горючих материалов, а уровень населенности территории — количество источников огня. Большая часть пожаров (около 60 %) возникает при IV и V классах пожарной опасности, когда могут гореть и те лесные участки, которые при обычных условиях являются преградой распространению огня. Таким образом, при соответствующих погодных условиях и наличии источников огня пожары могут возникать на любом лесном участке, мало завися от уровня (класса) его природной пожарной опасности.

Результаты многофакторного анализа свидетельствуют о том, что уровень антропогенной пожарной опасности территории зависит от количества расположенных на ней населенных пунктов и численности жителей в них. Дальнейшие исследования выявили высокую криволинейную корреляцию между числом источников загорания леса, приходящихся на 1000 жителей в день, и общей численностью данного населенного пункта ($r = 0,878 \pm 0,030$; $t = 29,3$). Эта связь удовлетворительно описывается уравнением гиперболы. Полученная величина q , ист.загор./тыс. чел. в день, названа удельным показателем пожарной опасности для леса со стороны жителей населенного пункта.

$$q = 0,002 + \frac{44}{P}, \quad (3)$$

где P — численность жителей в населенном пункте, чел.

Величина Q , которая выражает число источников загорания леса, приходящихся на всех жителей населенного пункта в день, названа показателем пожарной опасности для леса со стороны жителей населенного пункта и определяется через удельный показатель. Сумма этих показателей характеризует уровень антропогенной пожарной опасности на оцениваемой территории. Отсюда число пожаров N , сл./год, может определяться по формуле

$$N = c \cdot m \cdot \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (4)$$

где n — количество населенных пунктов.

6. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

В Красноярском Приангарье, на основании среднесуточного числа лесных пожаров по календарным датам за 1975-1985 гг., пожароопасный сезон можно разделить на четыре периода: I - до 25 мая; II - 26 мая-30 июня; III - 1-31 июля; IV - после 1 августа. Эти периоды отличаются не только горимостью лесов, но и распределением пожаров. Так, доля пожаров, возникающих в выходные дни, в течение сезона изменяется следующим образом: I период - 42,2 %; II - 33,8 %; III - 38,7 %; IV - 32,0 %, а в среднем за сезон - 35,9 %. Относительное число пожаров, возникающих весной вдоль дорог и по берегам судоходных рек, почти в 1,5 раза превышает аналогичный показатель других периодов и средний за сезон (64,8 % против 47,7 %). Изменяется также и среднее расстояние от пожаров до ближайших населенных пунктов: I период - 13,8 км; II - 24,1 км; III - 27,7 км; IV - 23,2 км; в среднем за сезон - 23,8 км. При этом пожары в выходные дни расположены ближе к населенным пунктам, чем пожары в будничные (соответственно в среднем за сезон 22,7 км и 24,5 км).

Влияние уровня освоенности территории населением на распределение лесных пожаров обнаружено в следующем:

1. Доля пожаров, возникающих в выходные и праздничные дни ($M_{\text{вых.}}$, %), зависит от средней численности жителей в населенных пунктах ($r = 0,892 \pm 0,083$; $t = 9,76$).

$$M_{\text{вых.}} = 14,9 P_{\text{ср.}} + 19,6, \quad (5)$$

где $P_{\text{ср.}}$ - средняя численность жителей в населенных пунктах, тыс. чел. (от 0,7 до 1,5).

2. Доля пожаров, возникающих вдоль дорог ($M_{\text{дор.}}$, %), зависит от количества населенных пунктов, приходящихся на единицу площади ($r = 0,898 \pm 0,079$; $t = 10,20$).

$$M_{\text{дор.}} = 2,6U - 6,1, \quad (6)$$

где U - количество населенных пунктов, приходящихся на единицу площади, нас. пунктов/млн га (от 5 до 14).

3. Среднее расстояние от пожаров до ближайших населенных пунктов ($X_{\text{ср.}}$, км) связано с числом последних, расположенных на исследуемой территории ($r = -0,908 \pm 0,070$; $t = 10,84$).

$$\bar{X}_{ср} = 49,3 - 1,8n,$$

(7)

где n — общее количество населенных пунктов, расположенных на исследуемой территории (от 8 до 21).

Зависимость частоты пожаров от расстояния до населенных пунктов считается бесспорной, но теснота связи до сих пор неизвестна. Расчеты показали, что корреляция между ними значительна: от $-0,68$ (окрестности с. Кулаково) до $-0,95$ (окрестности с. Машуковка). Выполненные исследования выявили зависимость частоты (статистической вероятности) возникновения пожаров и от численности жителей в населенном пункте. Эта связь ощущается на расстоянии до 10 ± 15 км от населенного пункта, после чего она не просматривается. Об этом свидетельствуют коэффициенты корреляции между численностью жителей и частотой событий (пожаров), возникших на различном расстоянии. Так, на расстоянии до 5 км $r=0,63$; на расстоянии 5,1-10,0 км $r=0,42$; 10,1-14,1 км $r=0,20$; 14,2-17,3 км $r=0,13$, а после 20 км $r=0$. В связи с тем, что на расстоянии до 10 ± 15 км вокруг населенных пунктов возникает 60 ± 70 % пожаров, а по некоторым данным и до 90 % (С.П. Андрышин, 1952), при изучении распределения пожаров, кроме расстояния до населенного пункта, необходимо учитывать и численность жителей или какую-либо величину, с ней связанную. На основании математического анализа предложено применять функцию экспоненциального распределения, одним из параметров которой является показатель пожарной опасности для леса со стороны жителей населенного пункта.

Плотность вероятности

$$f(x) = 1,3Qe^{-1,3Qx} \quad (8)$$

Функция распределения

$$F(x) = 1 - e^{-1,3Qx} \quad (9)$$

где x — расстояние до населенного пункта, км;

Q — основание натурального логарифма.

Для сопоставления фактических и теоретических распределений пожаров вокруг 34 населенных пунктов были вычислены критерии согласия Пирсона, В.И. Романовского и В.С. Ястремского. Лишь в одном случае получен критерий $\chi^2 = 4,496$, что соответствует $\alpha = 0,90$. В остальных случаях $\alpha \geq 0,95$. Все критерии Романовского и Ястремского меньше 3, что свидетельствует о согласии теоретического распределения с фактическим.

Выявленная зависимость числа лесных пожаров от количества населенных пунктов и численности жителей в них позволяет определять среднее расстояние до пожаров от любой точки на местности. Это вытекает из следующих соображений. Допустим, что пожары располагаются симметрично вокруг населенного пункта. Тогда расстояние до него от выбранной точки на местности равно среднему расстоянию до пожаров, возникающих по вине жителей этого населенного пункта. Отсюда среднее расстояние до всех пожаров, км, возникающих на исследуемой территории, которая включает несколько поселений,

$$X_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (10)$$

где X_i - расстояние от выбранной точки на местности (исключая населенные пункты) до i -го населенного пункта, км.

При определении среднего расстояния до пожаров от населенного пункта, в котором расположен лесхоз (ЛХС, авиаотделение, лесничество и т.д.) нужно учесть и среднее расстояние до пожаров, возникающих по вине его жителей.

$$X_{\text{ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (X_i Q_i) + X_{\text{ср.в.}} Q_{\text{в.}}}{\sum_{i=1}^n Q_i}, \quad (11)$$

где $X_{\text{ср.в.}}$ - среднее расстояние от населенного пункта (места базирования сил и средств тушения) до пожаров, возникающих по вине его жителей, км;

$Q_{\text{в.}}$ - показатель пожарной опасности для леса со стороны жителей базового населенного пункта, ист.загор./нас. пункт в день.

Среднее расстояние от базового населенного пункта до пожаров, возникающих по вине его жителей, можно определить как средневзвешенное с учетом распределения вероятности возникновения пожаров:

$$X_{\text{ср.в.}} = \sum_{j=1}^t x(j+0,5) [F(jx+x) - F(jx)], \quad (12)$$

где t - количество интервалов, в которых определяется вероятность возникновения лесных пожаров, шт.;

x - интервал расстояния, км.

Чем меньше величина интервала при определении среднего расстояния, тем точнее определяемое значение. Общее учитываемое расстояние от населенного пункта (сумма интервалов) должно быть не менее 100-120 км.

7. ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСУ

Число источников загорания леса, расположенных вокруг населенного пункта, можно рассчитать через численность его жителей. Кроме того, численность жителей, а также расстояние до населенного пункта определяют и вероятность распределения этих источников. При изучении их распределения по территории следует также учитывать наличие и вид транспортных путей, т.к. частота пожаров вдоль автомобильных и железных дорог и по берегам судоходных рек превышает среднюю на всей площади. Следовательно, уровень антропогенной пожарной опасности на лесном участке, $Q_{уч.}$, ист.загор./млн га в день, в первую очередь зависит от числа населенных пунктов, расположенных в пределах доступности (до 15-100 км), численности жителей в них, расстояния до этих населенных пунктов, наличия транспортных путей и их вида. Коэффициенты доступности к лесным участкам, расположенным около различных транспортных путей, получены через отношение частоты пожаров в этих местах к средней по всей территории.

$$Q_{уч.} = 10^4 \frac{k}{S} \sum_{i=1}^n \frac{Q_i (e^{-1,3 Q_i X_{i\min}} - e^{-1,3 Q_i X_{i\max}})}{X_{i\max}^2 - X_{i\min}^2}, \quad (13)$$

где 10^4 — переводной коэффициент из км^2 в млн га ;

S — отношение длины окружности к диаметру;

i — число населенных пунктов, расположенных в пределах доступности;

$X_{i\min}$ — расстояние от наименее удаленной границы лесного участка до i -го населенного пункта, км;

$X_{i\max}$ — расстояние от наиболее удаленной границы лесного участка до i -го населенного пункта, км.

Разнообразие условий местности создает широкую вариацию определяемых значений, в связи с чем возникает необходимость группировки (классификации) территорий по относительной антропогенной пожарной опасности. Данные, полученные по 146 различным по характеру участкам в районе исследований, дают основание для составления следующей шкалы (табл.3).

Произведение частоты появления антропогенных источников загорания и коэффициента пожарной опасности по лесорастительным условиям, определяемого через класс природной пожарной опасности участ-

Таблица 3

Шкала для распределения лесных участков
по классам антропогенной пожарной опасности

Класс антропо- генной пожарной опасности	Степень антропогенной пожарной опасности	Потенциальная частота по- явления антропогенных ис- точников загорания на млн га в день
I	Высокая	2,01 и более
II	Выше средней	1,01 - 2,00
III	Средняя	0,51 - 1,00
IV	Ниже средней	0,11 - 0,50
V	Низкая	0,10 и менее

ка, на коэффициенты значимости классов пожарной опасности по усло-
виям погоды в формуле (I) дает комплексную оценку потенциальной
пожарной опасности лесного участка, выраженную среднесуточной час-
тотой пожаров при различных погодных условиях (сл./млн га в день).
А произведение со средней многолетней напряженностью пожароопас-
ного сезона по условиям погоды - частотой пожаров в год.

Выявленные закономерности возникновения лесных пожаров позво-
ляют выполнять графически комплексную оценку и прогнозирование те-
кущей пожарной опасности в лесу, выражаемую среднесуточным числом
пожаров (рис. I). Оцениваемая площадь может быть в пределах лесни-
чества, лесхоза, района и т.д. При этом учитываются следующие за-
висимости и показатели:

1. Зависимость числа лесных пожаров от численности жителей и
количества населенных пунктов как критерий антропогенной пожарной
опасности.
2. Коэффициенты пожарной опасности территории по лесорастит-
ельным условиям, связанные с классом природной пожарной опасности.
3. Коэффициенты значимости классов пожарной опасности по ус-
ловиям погоды.
4. Сезонные закономерности возникновения лесных пожаров (сре-
днесуточное число пожаров по месяцам пожароопасного сезона).

Анализ динамики пожарной опасности на территории Красноярско-
го Приангарья во времени позволяет составить прогноз числа лесных
пожаров на перспективу. Уровень природной пожарной опасности в
связи с отсутствием данных об его изменении по годам принят посто-

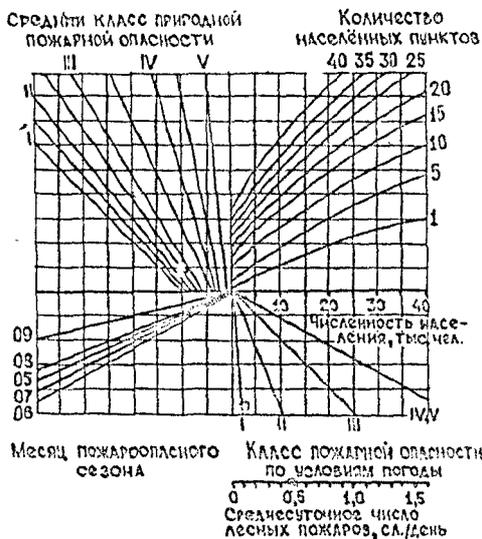


Рис. I. Номограмма для определения среднесуточного числа пожаров в лесах Красноярского Приангарья

янным. Изменение антропогенной пожарной опасности рассчитано на основании прироста численности населения в Красноярском крае, который составляет 1 % в год. Вероятная напряженность пожароопасных сезонов в будущем определена на основе ее динамики за 1975–1990 гг. двумя способами: по методу наименьших квадратов и как постоянная средняя многолетняя величина. Прогнозируемое число лесных пожаров рассчитано как произведение вышеназванных предполагаемых величин по формуле (4). При учете напряженности пожароопасных сезонов по условиям погоды через среднее многолетнее значение в 2000 г. прогнозируемое число пожаров составит 330 сл./год и увеличится на II %. Если же напряженность сезонов определять по методу наименьших квадратов, то в 2000 г. вероятно возникновение 390 пожаров, что на 31 % больше сегодняшней средней величины. Следовательно, ожидается рост числа пожаров на 1–3 % в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

I. Изучены некоторые закономерности лесной рекреации в Красноярском Приангарье, в т.ч. мотивы, периодичность и продолжитель-

ность посещений леса, потребности в использовании источников огня, удаленность мест посещений от населенных пунктов и др. Лесорекреационная активность и поведение людей в лесу во многом определяются их полом, возрастом и местом жительства. С учетом лесорекреационной активности людей, потребности в использовании источников огня, а также опыта обращения с ним впервые определена вероятность непреднамеренных поджогов леса представителями различных групп населения.

2. Выяснены социально-демографический состав виновников и действительные причины возникновения лесных пожаров в Красноярском крае. В большинстве случаев (71,1 %) пожары возникают от непреднамеренных поджогов. Чаще всего это связано с разведением костров. Остальные 28,9 % поджогов нельзя назвать случайными, т.к. виновники заранее известно о нестационарном характере горения применяемого ими огня на лесной территории, из них 1,3 % совершены со злым умыслом. Основной контингент виновников пожаров составляют представители мужского пола (94,4 %), из них 80 % - трудоспособное население, больше половины которого - рабочие и колхозники. 72,3 % всех виновников пожаров проживают в сельской местности. При этом сельское население составляет 28 % жителей края, т.е. на 1 % сельских жителей приходится 2,6 % пожаров, а на 1 % городских - 0,4 %.

3. Предложен способ оценки напряженности пожароопасного сезона по условиям погоды, который основан на использовании впервые полученных эмпирическим путем коэффициентов значимости классов пожарной опасности. Кроме того, эти коэффициенты позволяют определять среднесуточное число пожаров при различных погодных условиях.

4. Установлено, что уровень антропогенной пожарной опасности на территориях определяется количеством расположенных здесь населенных пунктов и численностью жителей в них. Число источников загорания леса, приходящихся на 1000 чел. в день, с увеличением численности жителей в населенном пункте уменьшается по уравнению гиперболы, а общее количество источников загорания возрастает незначительно. В связи с этим незначительно возрастает и число пожаров вокруг различных по численности населенных пунктов при адекватности погодных и лесорастительных условий.

5. Изучено пространственно-временное распределение пожаров и установлено, что оно во многом зависит от уровня освоенности территории населением, в т.ч. относительное число пожаров, возникаю-

щих в выходные дни, определяется средней численностью жителей в населенных пунктах, а относительное число пожаров вдоль дорог - количеством населенных пунктов, приходящихся на единицу площади; среднее расстояние от пожаров до ближайших населенных пунктов связано с общим количеством последних, расположенных на оцениваемой территории. Эти зависимости в определенных пределах отображаются линейными уравнениями. Распределение вероятности возникновения лесных пожаров относительно населенного пункта зависит не только от расстояния до него, но и от численности жителей и удовлетворительно описывается экспоненциальной функцией.

6. Разработан принцип определения среднего расстояния до пожаров от любой точки на местности. Он основан на допущении симметричного распределения пожаров вокруг населенных пунктов и изучении расположения этих поселений относительно выбранной точки.

7. Разработана математическая модель, которая позволяет определять уровень антропогенной пожарной опасности на лесном участке и потенциальную частоту пожаров при различных погодных условиях. На основании этой модели впервые исследована пространственная динамика антропогенной пожарной опасности на части лесной территории Красноярского Приангарья.

8. Обоснован графический метод расчета среднесуточного числа лесных пожаров в районе, учитывающий уровни антропогенной и природной пожарной опасности, пожарной опасности по условиям погоды, и сезонные закономерности возникновения пожаров в лесах Красноярского Приангарья.

9. Методические разработки и научные положения, изложенные в диссертации, являются новым направлением в исследовании закономерностей возникновения лесных пожаров. Дальнейшее развитие работы может быть направлено на изучение влияния рекреационной привлекательности лесов, социально-демографического состава населения, видов и объемов хозяйственных работ в лесу на частоту и распределение пожаров, поиск и анализ мотивов преднамеренных поджогов леса, исследование антропогенной пожарной опасности в других регионах.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Андреев Д.А. Пути повышения эффективности лесопожарной пропаганды // Современные методы профилактики, обнаружения и тушения лесных пожаров: Тез. докл. участ. Всесоюз. науч.-техн. совещ., Петрозаводск, 8-9 апреля 1985 г. М., 1985. С. 78-80.

2. Андреев Д.А. Закономерности распределения лесных пожаров // Методы и средства борьбы с лесными пожарами. М.:ВНИИЛМ, 1986. С.43-52.
3. Андреев Д.А., Ларченко Г.Ф. Социально-психологические аспекты рекреационных посещений леса и возникновения лесных пожаров // Лесные пожары и борьба с ними. М.:ВНИИЛМ, 1987. С.251-263.
4. Андреев Д.А. Население и лесные пожары: Тез.докл.молод. ученых и специалистов по совр.проблемам защиты лесоразв. и охр. природы. Минск, 19-25 октября 1987 г. Волгоград:ВНИИЛМИ, 1987. С.107-108.
5. Андреев Д.А. Метод оценки напряженности пожароопасного сезона // Лесной журнал. 1987. № 2. С.110-112.
6. Андреев Д.А., Груманс В.М. Показатель эффективности предупреждения лесных пожаров // Лесное хозяйство. 1989. № 6. С.51-52.
7. Андреев Д.А., Ларченко Г.Ф. Факторы возникновения лесных пожаров в Красноярском Приангарье // Молодежь и научно-технический прогресс: Тез.докл.участ.краевой конф. 19 мая 1989 г. Красноярск, 1989. С.96.
8. Андреев Д.А. Об оценке пожарной опасности лесной территории // Молодежь и научно-технический прогресс: Тез.докл.участ. краевой конф. 17-18 мая 1990 г. Красноярск, 1990. С.83-84.
9. Андреев Д.А. Метод оценки антропогенной пожарной опасности лесной территории // Совершенствование научного обеспечения лесохозяйственного производства: Тез.докл.участ.Всесоюз.науч.-техн. конф.молод.учен., аспирант. и спец. отрасли, Пушкино, 15-17 октября 1990 г. Пушкино, 1990. С.111.
10. Андреев Д.А. Влияние антропогенных факторов на уровень пожарной опасности в лесу // Лесохоз.информ. 1990. № 1. С.22-27.
11. Андреев Д.А. Оценка и прогноз пожарной опасности в лесу // Лесохоз.информ. 1990. № 11. С.33-38.
12. Андреев Д.А. Возникновение лесных пожаров как результат освоения территории // Использование и восстановление ресурсов Ангаро-Енисейского региона (Сибирский лес): Тез.докл.участ.Всесоюз.науч.-практ.конф., апрель 1991 г. Красноярск, Лесосибирск, 1991. С.70-71.