

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Институт водных и экологических проблем
Институт комплексного анализа региональных проблем

Г.В. СОКОЛОВА, Р.М. КОГАН, В.А. ГЛАГОЛЕВ

**ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ
ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ:
ОЦЕНКА, ПРОГНОЗ, ПАРАМЕТРЫ МОНИТОРИНГА**

Хабаровск
2009

630*551.509.68(571.62)

Соколова Г. В., Коган Р. М., Глаголев В. А. Пожарная опасность территории Среднего Приамурья : оценка, прогноз, параметры мониторинга. Хабаровск : ДВО РАН, 2009. 265 с. ISBN 978-5-7442-1486-9

Монография отражает результаты исследований проблемы лесных пожаров на территории Среднего Приамурья. Описаны особенности лесного климата как одного из основных факторов, определяющих возгорание растительных горючих материалов, а также влияние на уровень пожарной опасности дымовых аэрозолей и рубок. Охарактеризованы современные методы оценки и прогноза опасности пожаров, дана разработанная авторами методика их прогноза. Приведен кадастр параметров пожарной опасности по условиям погоды для Среднего Приамурья во второй половине XX – начале XXI столетия.

Книга будет полезна научным сотрудникам и специалистам, решающим проблемы охраны окружающей среды, пирологам, экологам, аспирантам и студентам.

Ил. 9, табл. 371, библи. 174.

Ключевые слова: Среднее Приамурье, лесные пожары, пожарная опасность, лесной климат, кадастр параметров.

Sokolova G. V., Kogan R. M., Glagolev V. A. Fire Danger of Middle Priamurje Territory : Assessment, Prognosis, Monitoring Parameters. Khabarovsk : FEB RAS, 2009. 265 p. ISBN

The monograph is the result of studies of the problem of vegetation fires in the Middle Priamurje territory. It describes specifics of forest climate as one of the main factors that cause ignition of plant inflammable materials and specifies effects of smoke aerosols and timber felling on the fire danger level. Modern methods of fire danger assessment and prognosis are characterized and a fire danger prognosis technique, developed by the authors is presented. A cadastre of fire danger parameters is based on weather conditions in Middle Priamurje in the second half of XX and beginning of XXI centuries.

The book is helpful to researchers and specialists who deal with environmental problems, pyrologists, ecologists, postgraduates and students.

Ill. 9, tabl. 371, ref. 174.

Key Words: Middle Priamurje, forest fires, fire danger, forest climate, cadastre of parameters.

Ответственный редактор д-р. с.-х.н., проф. В. В. Острошенко

Рецензенты: к.б.н. А. А. Бабурин, к.э.н. Л. Г. Кондрашов

Утверждено к печати Учеными советами

Института водных и экологических проблем ДВО РАН

и Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН

ISBN 978-5-7442-1486-9

© Соколова Г. В., 2009

© Коган Р. М., 2009

© Глаголев В. А., 2009

© ИВЭП ДВО РАН, 2009

© ИКАРП ДВО РАН, 2009

Оглавление

Оглавление

Введение	6
[Список сокращений]	8
Глава 1. Климатические характеристики Среднего Приамурья и их влияние на опасность пожаров растительности	9
1.1. Дальневосточные муссоны как антипод лесным пожарам	9
1.2. Погодно-климатические факторы	11
1.3. Дымовой аэрозоль как фактор, усиливающий грозовую активность и пожароопасную обстановку	16
1.4. Лесной климат, рубки и влияние их на уровень пожарной опасности	21
1.5. Предрасположенность территории к вспышке пожаров	25
Глава 2. Современные методы оценки и прогнозирования опасности пожаров растительности	31
2.1. Оценка пожарной опасности	31
2.2. Прогнозирование пожарной опасности	37
Глава 3. Автоматизированная система расчета и прогноза показателей пожарной опасности территории Среднего Приамурья	51
3.1. Обоснование выбора показателей для оценки пожароопасности	54
3.2. Разработка автоматизированной системы расчета показателей пожарной опасности и методики их прогноза	57
3.2.1. Расчет показателей пожарной опасности	57
3.2.2. Краткосрочные расчетные прогнозы пожарной опасности	58
3.2.3. Долгосрочные расчетные прогнозы пожарной опасности	65
3.3. Комплекс «Автоматизированная информационная система оценки и прогноза пожарной опасности территории Среднего Приамурья»	68
Глава 4. Кадастр параметров лесопожарной опасности Среднего Приамурья (ежедневные расчетные данные, апрель–октябрь 1960–2004 гг.)	71
4.1. Пояснения к таблицам кадастра	71
4.2. Авиаотделение «Ургальское»	
4.3. Авиаотделение «Тырминское»	
4.4. Авиаотделение «Куканское»	
4.5. Авиаотделение «Побединское»	
4.6. Авиаотделение «Троицкое»	
4.7. Авиаотделение «Биробиджанское»	
4.8. Авиаотделение «Хабаровское»	
4.9. Авиаотделение «Хорское»	
Заключение	76
Литература	78

630*551.509.68(571.62)

Соколова Г. В., Коган Р. М., Глаголев В. А. Пожарная опасность территории Среднего Приамурья: оценка, прогноз, параметры мониторинга. – Хабаровск: ДВО РАН, 2009. с.

ISBN

Монография является результатом исследований проблемы пожаров растительности на территории Среднего Приамурья. Описаны климатические особенности муссонного климата средних широт как одного из основных факторов, определяющих возгорание растительных материалов, а также влияние на уровень пожароопасности дымовых аэрозолей, лесного климата и рубок. Охарактеризованы современные методы оценки и прогноза показателей опасности пожаров и разработанная авторами система их расчета. Приведен кадастр параметров пожарной опасности по условиям погоды для Среднего Приамурья во второй половине 20 столетия.

Книга будет полезна специалистам, решающим проблемы охраны окружающей среды, пирологам, экологам, аспирантам и студентам.

Ил. 8 , табл. 363 , библи. 172 назв.

Ключевые слова: Среднее Приамурье, лесные пожары, пожарная опасность, лесной климат, расчеты, оценка, прогноз, информационные системы, кадастр параметров.

Ответственный редактор д.с.-х.н., проф. В. В. Острошенко

Рецензенты

к.э.н. Л. Г. Кондрашов, к.б.н. А.А. Бабурин

А© ИВЭП ДВО РАН, 2009

© ИКАРП ДВО РАН, 2009

© Г. В. Соколова

© Р. М. Коган

© В. А. Глаголев

ISBN 978-5-7442-1486-9

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

[Список сокращений]

Глава 1. Климатические характеристики Среднего Приамурья и их влияние на опасность пожаров растительности

- 1.1. Дальневосточные муссоны как антипод лесным пожарам
- 1.2. Погодно-климатические факторы
- 1.3. Дымовой аэрозоль как фактор, усиливающий грозовую активность и пожароопасную обстановку
- 1.4. Лесной климат, рубки и влияние их на уровень пожарной опасности
- 1.5. Предрасположенность территории к возникновению пожаров

[Выводы по главе]

Глава 2. Современные методы оценки и прогнозирования опасности пожаров растительности

- 2.1. Оценка пожарной опасности
- 2.2. Прогнозирование пожарной опасности

[Выводы по главе]

Глава 3. Автоматизированная система расчета и прогноза показателей пожарной опасности территории Среднего Приамурья

- 3.1. Обоснование выбора показателей для оценки пожароопасности
- 3.2. Разработка автоматизированной системы расчета показателей пожарной опасности и методики их прогноза
 - 3.2.1. Расчет показателей пожарной опасности
 - 3.2.2. Краткосрочные расчетные прогнозы пожарной опасности
 - 3.2.3. Долгосрочные расчетные прогнозы пожарной опасности

[Выводы по главе]

Глава 4. Кадастр параметров пожарной опасности территории Среднего Приамурья (ежедневные расчетные данные, апрель-октябрь 1960–2004 гг.)

- 4.1. Пояснения к таблицам Кадастра
- 4.2. Авиаотделение "Ургальское"
- 4.3. Авиаотделение "Тырменское"
- 4.4. Авиаотделение "Куканское"
- 4.5. Авиаотделение "Побединское"
- 4.6. Авиаотделение "Троицкое"
- 4.7. Авиаотделение "Биробиджанское"
- 4.8. Авиаотделение "Хабаровское"
- 4.9. Авиаотделение "Хорское"

Заключение

Литература

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Терминологический словарь

ВВЕДЕНИЕ

Проблема риска возникновения пожаров растительности, и его оценка и прогнозирование привлекает внимание исследователей, как с экологической, так и с экономической точки зрения. В настоящее время общепризнанно, что одним из основных параметров, определяющих природную пожарную опасность (ПО) территории, являются пирологические характеристики погоды и климата. Климат определяет динамику фенологического состояния растительности вследствие типичного сезонного хода погоды, и сезонные изменения засушливости под действием погодных флуктуаций, которые влияют на степень увлажнения растительных горючих материалов (Софронов, 1990).

Актуальность проблемы пожаров растительности (в том числе их прогноза, без которого невозможна эффективная организация противопожарного мониторинга) очевидна еще и в связи с возрастающей ролью потепления климата. Возможное увеличение количества пожаров, а также возрастание их площади и интенсивности при глобальном потеплении вызывают пристальный интерес научного сообщества в современном мире.

Очевидно, что пространственное распределение показателей ПО связано с целым комплексом воздействий, имеющих региональные особенности. На Дальнем Востоке (ДВ), где отмечается значительное варьирование климатических и погодных условий, важную роль играет планирование работ в условиях чрезвычайных ситуаций, обусловленных крупными пожарами растительности. Кроме того, в связи с наблюдающимся в настоящее время новым витком промышленного освоения региона, риск возникновения пожароопасных ситуаций увеличивается в результате дополнительных антропогенных нагрузок. Например, частые и интенсивные возгорания вот уже более полувека возникают на одних и тех же лесных территориях и не редко пожары начинаются и набирают силу на свежих или давно прошедших вырубках. Эти воздействия в сочетании с особыми погодными условиями могут привести к значительному увеличению ПО территории.

Для анализа эволюции пожароопасной обстановки, которая оценивается как следствие некоторого сочетания условий погоды, тем более, в условиях глобального

потепления, а также для уточнения динамики пожарного режима и анализа временных трендов в его многолетних рядах, необходима база данных расчетных параметров мониторинга опасности пожаров растительности. Данная работа восполняет пробел в этой области знаний на примере Среднего Приамурья. Эта территория, охраняемая южным звеном ДВ авиабазы, включает в себя кедрово-широколиственные, еловые и лиственничные леса и является основной лесосырьевой базой Хабаровского края и Еврейской автономной области (ЕАО). Поэтому возникающие здесь крупномасштабные лесные пожары имеют принципиальное значение для поддержания стабильного состояния бореальных лесов вообще, и в том числе на востоке России, а также для стабилизации климата в регионе, сохранения биоразнообразия и производства лесных товаров и услуг.

В работе уделяется внимание изучению не только средних сезонных (или месячных) условий, способствующих возникновению пожаров, но и привлечению статистических методов интерпретации данных для анализа изменчивости характеристик и разработки прогноза показателей ПО. Здесь не ставились задачи рассмотрения роли человеческого фактора в возникновении пожаров, а также их ликвидации. Бесспорно, что он оказывает существенное влияние, увеличивая число пожаров, часто, с охватом больших территорий. Но антропогенные источники огня только увеличивают масштабность естественного процесса горимости бореальных лесов, что проявляется, в основном, в экстремальные ПО сезоны, когда возникают условия для распространения крупных пожаров.

Монография является результатом исследований проблемы пожаров растительности на Среднем Приамурье, прошедших конкурсное рецензирование (Грант РФФИ № 05-97004 «Разработка основ прогноза и мониторинга природно-антропогенных пожаров растительности (на примере Еврейской автономной области)», грант ДВО РАН № 06-III-A-09-388 «Разработка долгосрочных автоматизированных прогнозов пожарной опасности по метеорологическим условиям для территории Среднего Приамурья).

В монографии описаны авторские методики оценки и прогноза пожарной опасности различной заблаговременности, которые могут быть использованы на любой территории с регулярными метеонаблюдениями и приведен кадастр параметров

пожарной опасности территории Среднего Приамурья. Нумерация рисунков и таблиц сделана отдельно по главам и по каждому приложению.

Авторы монографии выражают искреннюю благодарность начальнику производственного отдела Дальневосточной авиабазы охраны лесов А.В. Сенину за предоставленную возможность работать с архивными и оперативными материалами.

Список сокращений

БМД – база метеорологических данных
ГМЦ РФ – Гидрометеорологический научно-исследовательский центр (Гидрометцентр) Российской Федерации;
ГИС – геоинформационная система;
ГМ – горючие материалы;
гПа – гектопаскаль, кратная единица давления в системе СИ,
ДВ – Дальний Восток;
ДВ авиабаза – Дальневосточная база авиационной охраны лесов;
ДВ УГМС – Дальневосточное территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу природной среды;
ДВ РЦПОД – Дальневосточный региональный центр по приему и обработке спутниковых данных;
ЕАО – Еврейская автономная область
КЗ – класс засухи (по М.А. Софронову);
КП – комплексный показатель пожарной опасности по условиям погоды (по В.Г. Нестерову);
КПО – класс пожарной опасности в лесах (по В.Г. Нестерову);
ЛПЗ – лесопожарный показатель засухи (по М.А. Софронову);
МЛГ – модельный лес «Гассинский»;
ОПЗ – орехопромысловая зона;
ПО – пожарная опасность;
п. п. – пробная площадь;
ЦДА – центр действия атмосферы;
случ. – случай,
 d – диаметр ствола дерева на таксационной высоте 1,3 м;
 $h_{\odot}$ – высота солнца над горизонтом (в градусах);
 $N_{\text{сут.}}$ – вероятное суточное число лесных пожаров (по Г.П. Телицыну);
 ρ – коэффициент (индекс), рассчитываемый по совпадению и несовпадению знаков аномалий;
 R^2 – коэффициент детерминации;
 R – коэффициент корреляции;
 T – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$);
 τ – точки росы ($^{\circ}\text{C}$);
 x – суточное количество осадков (мм);
 σ – среднее квадратичное отклонение величины от нормы.

Глава 1. Климатические характеристики Среднего Приамурья и их влияние на опасность пожаров растительности

Климатические параметры оказывают решающее влияние на увлажнение и высыхание наземных и почвенных ГМ, классификация которых для ДВ проведена М.А. Шешуковым (1988 и др.). Это основные проводники горения, от состояния которых зависят процессы возникновения и распространения пожаров растительности. Определяющими факторами здесь являются температурный и ветровой режимы, продолжительность выпадения и испарения осадков, запасы снега, радиационный баланс.

1.1. Дальневосточные муссоны как антипод лесным пожарам

Климат южной части ДВ, начиная с исследований в конце IX века, считается муссонным и является одним из существенных природных факторов, заметно влияющих на другие компоненты физико-географической среды. Основными морфологическими характеристиками муссонного климата являются: годовой ход направления ветра, облачности, относительной влажности, температуры и осадков. Исследователи, которые объясняли выпадение сильных дождей в Приамурье усилением интенсивности летнего муссона, придерживались традиционной точки зрения, идущей от А.И. Воейкова (1879), который отождествлял летний дальневосточный муссон с потоками морского влажного теплого воздуха. В настоящее время наиболее распространенной точкой зрения на муссон является положение о преобладающем направлении ветра от зимы к лету и от лета к зиме, которое меняется на противоположное или близкое к противоположному (Хромов, 1956). Эта смена направлений воздушных потоков отчетливо проявляется в основной особенности климата южной половины ДВ: для этой территории характерна холодная и сухая зима и относительно теплое и влажное лето. По мнению С.П. Хромова, муссонный характер циркуляции создается специфическим свойством циклонической деятельности, когда особым образом выражена фронтальная деятельность, а непосредственной связи выпадения осадков с действием муссона не наблюдается.

В Приамурье муссонные черты климата не везде прослеживаются в одинаковой мере. Большую роль в распространении муссона играет рельеф (горная страна Сихотэ-

Алинь) и очертания береговой линии. При наиболее характерных процессах теплого времени года влияние их сказывается на тепловом состоянии всей нижней половины тропосферы (Архангельский, 1959). Так, во второй половине лета проникающий к югу поток холода под влиянием хребта Сихотэ-Алинь раздваивается по двум направлениям: по долинам рек Амура и Уссури и вдоль восточной стороны горной гряды. На карте распространения дальневосточного муссона и степени его устойчивости (Новороцкий, 1999а) показано, что наиболее ярко муссонность климата выражена в южных и восточных районах Приморского края и на равнинных участках нижнего течения Амура.

На основе анализа годового хода направления ветра, облачности, влажности воздуха и осадков некоторые авторы (Витвицкий, 1961) считают климат ДВ континентальным с муссонными чертами, причем черты муссонности определяются общепланетарными процессами, а не только сезонной сменой термических различий подстилающей поверхности – азиатского континента и акватории Тихого океана. В южной части ДВ климат изменяется с севера на юг и с запада на восток, что проявляется в сроках наступления сезонов, их продолжительности и в режимах погоды того или иного сезона. Так, морозная погода свойственна в той или иной мере всей рассматриваемой территории, но жестокие морозы с суточными температурами воздуха от -32°C до $+45^{\circ}\text{C}$ – характерна только для континентальных районов. В марте-апреле при переходе температуры через 0°C большую повторяемость имеют погоды с радиационной оттепелью, что указывает на резкий переход к весне и о наличии заморозков. По данным континентальных метеостанций (например, Хабаровск) перед началом летних ливней устанавливается умеренно-засушливая погода. Летние дожди везде преимущественно ливневые, повторяемость дождливых дней мала. В летние месяцы устанавливается влажнотропическая погода с суточной температурой воздуха больше 22°C и относительной влажностью более 80% (Витвицкий, 1969).

Одной из особенностей циркуляции атмосферы на данной территории является активная циклоническая деятельность, обуславливающая сложный и изменчивый характер погоды, при которой, согласно положению в синоптике (Метеорологический словарь, 1974), отмечается возникновение, развитие и перемещение циклонов и антициклонов. Согласно исследованиям О.К. Ильинского (Руководство..., 1965) циклоническая деятельность наиболее интенсивна и ярко выражена в мае, в отличие от лета, когда почти в половине всех дней над Охотским морем преобладают

антициклонические типы циркуляции. От мая к июню она уменьшается более чем в два раза, минимально проявляется в августе, а в сентябре вновь возрастает. При летнем муссоне на ДВ имеет место специфичность в циркуляционных процессах – циклоническая и фронтальная деятельность, которая заключается не только в том, что повторяемость циклонов очень большая, но и в том, что они в это время являются обширными барическими образованиями слабой интенсивности (Тетерятникова, 1985). Специфика фронтов, в которых происходит трансформация водяного пара в осадки, проявляется в том, что они отмечаются на картах «размытыми» и относятся к типу теплых. Во второй половине лета территорию ДВ пересекают циклоны, пути которых, в основном, прослеживаются от восточной Монголии до Курильских островов, поэтому в Приамурье наиболее увлажненными оказываются склоны гор, обращенных не к морю, а внутрь материка. Чаще всего интенсивные ливни бывают во второй половине июля и августе, иногда – в первой половине сентября. В отдельные годы циклоническая деятельность протекает южнее российского ДВ, в такие годы в Приамурье наступает засуха, которая вызывает большое количество лесных пожаров.

Муссонные черты климата, которые являются особенностью погодных условий на ДВ, определяют пожарный режим в лесах Приамурья. Отмечающийся в последние годы положительный тренд числа растительных пожаров в Хабаровском крае и ЕАО свидетельствует об ослаблении циклогенеза. Например, наводнение на Амуре 1998 г. было вызвано не муссонными дождями, а довольно необычными условиями. Обширные лесные пожары летом обусловили устойчивый теплый сухой задымленный антициклон над Приамурьем. Циклоны, которые обычно смещаются с запада, в это лето обходили загрязненную воздушную массу с юга, вызывая сильные дожди и наводнения в Забайкалье и на севере Китая. Паводки на реках (Верхний Амур и Сунгари) этих двух регионов и обусловили наводнение на Амуре при катастрофических лесных пожарах в Хабаровском крае и ЕАО.

1.2. Погодно-климатические факторы

В написании раздела использованы опубликованные результаты исследований следующих авторов: Е.С. Петрова, П.В. Новороцкого, В.Т. Леншина (2000), Г.В. Соколовой (в соавт., 2008), Г.Н. Витвитского (1969), З.П. Адвейчика (1960), И.А.

Мичуриной И.А. (1960) Ивашенников, 1999; а также базовые материалы – «Справочник по климату...» (1966, 1970), «Агроклиматические ресурсы Хабаровского края» (1974), «Природные ресурсы...» (2004).

Климат Среднего Приамурья является наиболее теплым по сравнению с другими районами российского ДВ. В первой половине теплого периода года атмосферное увлажнение умеренное или недостаточное. Во второй половине лета происходит вынос морского тропического воздуха с тропическими циклонами (тайфунами). Это единственная в регионе территория, где наблюдается положительная величина разности годовых положительных и отрицательных температур. Наибольшие скорости ветра отмечены в зимние месяцы, особенно, в ноябре-декабре. Летом и в переходные сезоны (весна, осень) направление ветра менее устойчиво. В южных районах преобладают ветры южных румбов. Наряду с большой повторяемостью весной северо-восточных ветров, в долине р. Амур отмечаются сухие и теплые ветры западных и юго-западных направлений, которые имеют «суховейный» характер и способствуют значительному иссушению верхних слоев почвы. В апреле-мае, например, в южных районах ЕАО наблюдается до 8–10 дней с суховеем в каждом месяце. На весну приходится около 59% общего числа суховеев за вегетационный период; относительная влажность воздуха уменьшается в 5–6 раз по сравнению с многолетней средней величиной. Средняя годовая температура воздуха значительно колеблется (например, в Комсомольске-на-Амуре минус 0,6⁰С, в Хабаровске +1,6⁰С). Продолжительность периода с суточной температурой выше 0⁰С составляет 200 дней (Хабаровск, Екатерино-Никольское).

Влияние на температурный режим оказывает форма, экспозиция склонов, сложная орография. Переход через 10⁰С (начало вегетационного периода) в южных и центральных равнинных районах происходит в конце первой и второй декаде мая. Осенью переход средней месячной температуры через 10⁰С наблюдается в третьей декаде сентября. Средняя продолжительность периода с температурой выше 10⁰С составляет 125–145 дней. Период с суточными температурами выше 15⁰ длится в долине р. Амур от Благовещенска до Комсомольска-на-Амуре и в долине р. Уссури от Хабаровска до Владивостока со второй половины июня (местами и раньше) до второй половины сентября. Осенний переход температуры через 5⁰ (окончание вегетационного периода) в Приамурье заканчивается в течение октября. Температура поверхности почвы имеет среднюю годовую величину, близкую к температуре воздуха. Безморозный

период на поверхности почвы равнинных участков несколько (на 20–25 дней) короче, чем в воздухе. В равнинных районах имеется только сезонная мерзлота. Начало оттаивания почв совпадает со временем схода снежного покрова и перехода средней температуры воздуха через 0°С.

Характерной чертой климата является концентрация осадков в теплое время года: с июля по сентябрь включительно выпадает свыше 60% их годового количества. Средняя многолетняя годовая сумма осадков меняется в южных равнинных районах от 450 до 800 мм и более: Хабаровск – 500–600 мм, Бира – 817 мм, Сидовичи – 672 мм, Екатерино-Никольское – 632 мм. Максимальное количество осадков выпадает в июле и августе, минимальное – в феврале-январе. В отдельные годы количество осадков может значительно (на 60–80%) отклониться от нормы. В течение теплого периода осадки выпадают крайне неравномерно. Сильные и очень сильные дожди в Приамурье обусловлены полярно-фронтальными циклонами, на активизацию которых часто оказывают влияние тайфуны, выходящие на восточные и центральные районы Китая. На территории отмечается высокая относительная влажность воздуха, средняя годовая величина которой составляет 70–80%. Годовой ход абсолютной влажности аналогичен годовому ходу температуры воздуха. Летом относительная влажность в долине р. Амур колеблется в пределах 65–70%, но осенью она уменьшается и приближается к весеннему минимуму (40–50%). Суммарное количество дней с относительной влажностью воздуха $\geq 80\%$ составляет 60–80 дней. Весной средняя дневная влажность равна 40–50%, а в продолжительные периоды без дождя воздух становится еще суше: за апрель-май насчитывается, в среднем, 10–15 суток, когда влажность воздуха оказывается ниже 30%.

Над радиационно выхожденной, покрытой льдом и снегом, подстилающей поверхностью Арктики формируется сухой арктический воздух, который, опускаясь на южные районы ДВ, является основной причиной малой облачности и слабых осадков в зимнее время. Так, в период с ноября по март количество их составляет менее 50 мм, а в некоторых районах – всего 5–7% годового количества осадков. Обычно слабый снег из высокоструйных облаков выпадает за 10–20 ч подряд или с перерывами, но в сумме это дает очень маленькое количество влаги. На территории Среднего Приамурья зимы обычно малоснежные, высота снежного покрова составляет около 20 см на открытых и

30–35 см на лесных (защищенных от ветра) участках. Здесь в течение всей зимы сохраняется пестрый, пятнистый ландшафт: снег лежит только в пониженных местах, а вершины сопков оголены. К востоку толщина снежного покрова увеличивается и достигает на западном склоне Буреинского хребта 70 см, а в низовьях Амура 90 см на защищенных и 60 см на открытых участках. Нарастание мощности снежного покрова продолжается, в основном, до конца марта. Устойчивый снежный покров устанавливается обычно в середине ноября, в отдельные годы наблюдается бесснежье до первой декады декабря, а иногда и до конца этого месяца. В долине р. Амур средняя высота снежного покрова возрастает с юго-востока на северо-запад и в среднем на равнинных участках составляет около 8–11 см.

В конце зимы и весной ветер вместе со значительной солнечной инсоляцией вызывает испарение снега, в результате чего большая часть снежного покрова исчезает до начала оттаивания почвы, что способствует быстрому высыханию почв и наземных ГМ. Маломощный снежный покров весной пронизывается потоком солнечной радиации и полностью поглощается верхним слоем почвы, причем значительная часть поглощенной радиации возвращается прилежащему слою снега путем теплопроводности. Нагреваясь, снег начинает подтаивать, и образующаяся влага испаряется. Такое таяние снега на некоторой глубине весьма характерно для данной территории. В местностях с тонким снежным покровом снег испаряется до окончания устойчивых морозов, т.е. до наступления адвективных оттепелей.

Незначительное количество весенних осадков является одной из причин быстрого иссушения верхнего слоя почвы после схода снежного покрова. Разрушение и сход устойчивого снежного покрова наблюдается в первой половине апреля. В низовьях р. Амур и на ближайших склонах гор разрушение и сход снежного покрова отмечают в первой половине мая.

В континентальных частях южной половины ДВ зимой солнечного света больше, чем на любой другой территории России. В январе, феврале и марте продолжительность солнечного сияния превышает 70%. В январе в Амуро-Зейском междуречье ясных дней больше 15%. Вследствие этого суточные колебания температуры воздуха велики и достигают 20⁰С. Продолжительность солнечного сияния увеличивается с конца января, и уже с середины февраля на равнинах отмечаются положительные величины эффективного излучения и радиационного баланса. Продолжительность солнечного

сияния на Среднеамурской низменности в год составляет 50–56%, в основном, за счет холодного периода года, когда преобладает малооблачная антициклональная погода. В марте в междуречье Зеи и Амура насчитывается от 5 до 10 ясных дней с большой интенсивностью суммарной солнечной радиации. Облачность уменьшает приход прямой солнечной радиации.

Прямая радиация на горизонтальную поверхность на данной географической широте имеет годовой ход с характерным максимумом в июне и минимумом в декабре. Годовые суммы прямой радиации в южных районах ДВ при ясном небе составляют 5500–5600 МДж/м², что в среднем на 40% превышает среднеширотные показатели на территории Европейской части России. Наибольшие значения прямой радиации отмечаются на станции им. П. Осипенко, наименьшие – в Екатерино-Никольском. Высота солнца и облачность оказывают влияние на величину и характер изменения месячных сумм прямой и суммарной радиации. По характеру распределения месячных сумм прямой радиации на горизонтальную поверхность выделяют два периода: сентябрь–февраль, когда распределение прямой радиации близко к широтному, и все остальные периоды года. В годовом ходе рассеянной радиации наблюдается один максимум в апреле–мае (145–176 МДж/м²) и один минимум – в декабре (22–56 МДж/м²). Годовые суммы рассеянной радиации уменьшаются с юга на север, что является проявлением различий в высоте солнца и в прозрачности атмосферы. Облачность влияет на амплитуду годового хода; при переходе от зимних к летним месяцам суммы рассеянной радиации плавно увеличиваются. В период с марта по август происходит основной приток рассеянной радиации. Максимальные годовые суммы суммарной радиации в течение всего года наблюдаются на равнинных участках возле слияния рек Амур и Уссури.

Таким образом, для Среднего Приамурья характерны большие временные периоды, в которых на фоне высоких температур наблюдается низкая влажность почв и воздуха в сочетании с сухими ветрами. Это способствует более интенсивному высыханию растительных ГМ по сравнению с другими районами ДВ и возникновению нескольких максимумов повышенной пожароопасности территории по метеорологическим условиям в течение всего пожароопасного сезона, который длится с апреля по октябрь. Пожары растительности (лесные, торфяные и др.) вызывают загрязнение атмосферы продуктами горения на разных высотах. Обширное задымление

тропосферного гребня на высоте 5 км (барическое поле AT_{500}), где формируется погода, способствует формированию устойчивой области повышенного давления, играющей роль центра действия атмосферы, в интервале времени от 1 до 3 месяцев (Соколова, Тетерятникова, 2008).

1.3. Дымовой аэрозоль как фактор, усиливающий грозовую активность и пожароопасную обстановку

В написании данного раздела использованы результаты, полученные отечественными (Шешуков, 1977, 1988; Телицын, 1983, 1991; Теплофизика лесных пожаров, 1984; Гришин, 1994; Байкова, 1998; Кондратьева, 2002) и зарубежными исследователями из США (Д. Бирам, Р. Ротермел, К. Кантримен), Англии (Ф.Томас) и Канады (В. Вагнер), отмеченные в работе (Телицын, 1988).

Задымленный воздух легче пробивается электрическим зарядом высокого напряжения (молниями), чем незадымленный, т.е. в задымленной местности пожары от молний возникают чаще. Частицы дыма способны приобретать и нести электрический заряд в результате их трения о хвою (листья) деревьев и кустарников, особенно при повышенном радиоактивном фоне поверхности земли. Имеются сведения, что в сильно задымленном (следовательно, наэлектризованном) воздухе происходят самовозгорания растительности от электрических разрядов (рис.1.1), возникающих между землей и концами хвойных деревьев, а также между землей и остриями сухой травы. Поэтому в обширных районах действия крупных очагов огня учащаются загорания от молний более чем в 4 раза по сравнению с районами с небольшими пожарами и слабым задымлением территории.



Рис. 1.1. Самовозгорание в хвойном лесу в задымленном воздухе при сухой жаркой и безветренной погоде (по-моему, это фото из монографии ИКАРП по пожарам в ЕАО, Вы мне еще показывали ее в нашей библиотеке)

В Хабаровском крае и ЕАО количество загораний растительности от молний при сухих грозах, согласно статистическим данным ДВ авиабазы, не превышает 10% случаев. Причем отмечают они лишь на тех участках, которые при засушливой погоде, оцениваемой III–V классами ПО, приобрели способность к возгораниям. Обычно это наблюдается, когда лесная подстилка (напочвенные ГМ) становится достаточно сухой, чтобы процесс тления ее перешел в стадию пламенного горения. Опасность сухих гроз над данной территорией резко возрастает при прохождении холодного атмосферного фронта (фронтальная гроза).

Плотность молниевых разрядов (случ./млн. га в день) в период с III–V классами ПО мала. Поскольку обычно грозовая деятельность достигает максимума летом, это отразилось на распределении плотности природного источника огня в течение всего пожароопасного сезона. Так, расчет этой величины Г.П. Телицыным (1988) по данным ДВ авиабазы показал, что в апреле она составила 0,001, в мае – 0,005, в июне – 0,03, в июле – 0,08, в августе – 0,01 и в сентябре – 0,003 случ./млн. га в день. Плотность ударов

молний за год на поверхность земли и в древостой выше в северных районах Хабаровского края по сравнению с территорией Среднего Приамурья. Это объясняется тем, что в северных районах засушливый период – один и приходится он на летние месяцы, когда грозовая деятельность достигает максимума. Кроме того, основной лесобразующей породой здесь является лиственница, наиболее «предпочитаемая» молниями в летний период. Этим они отличаются от южных районов, для которых характерны два пожарных максимума – весенний и осенний – с наименьшей грозовой активностью, когда пожары от гроз бывают реже. Однако если же в этих районах летний период является засушливым, то частота пожаров от сухих гроз резко (в 3–4 раза) возрастает.

Несмотря на то, что в возникновение пожаров от молний еще много нерешенных вопросов, известно, что загорания от этого источника чаще всего отмечаются на вершинах гор и приурочены к «верхней трети» горных склонов. Это можно объяснить большей сухостью почвенного ГМ, чем, например, в низинах. Весной молнией поражаются, в основном, лиственные деревья, чаще всего дубы, реже березы и еще реже – сухостойные деревья всех пород. Из хвойных пород удары от молний приходятся в среднем на ель и лиственницу. Зафиксированы случаи, когда шаровые молнии при своем взрыве поджигали полог леса.

Годовой ход прозрачности атмосферы следует за ходом влажности атмосферного воздуха: максимум наблюдается в большинстве районов в декабре-январе, минимум – в июне-июле. Как известно, загрязнение атмосферы крупнодисперсным аэрозолем уменьшает ее прозрачность. Например, летом в 1967–1986 гг., согласно исследованиям, отмечались более низкие показатели прозрачности атмосферы Приамурья в связи с усилением влияния городских выбросов, загрязняющих атмосферу, а в последние десятилетия – еще и за счет выбросов в атмосферу продуктов горения континентальной биоты.

Из явлений, влияющих на физические характеристики атмосферы, обусловленные аэрозолями, в меньшей степени изучено задымление лесными пожарами. Лесные ГМ при нагревании их до 300⁰С разлагаются на газообразные продукты и твердый остаток. Причем в атмосферу поступают до 50% газообразных веществ, 25% сажи, 20% золы, 5% смолы. «Пламенные» газы над горящими массивами в кедрово-широколиственных лесах, как более нагретые и, следовательно, более легкие по сравнению с окружающим

воздухом, выносят с собой в атмосферу частицы сажи и не успевшие разложиться и испариться капельки смолистых веществ. Эти мельчайшие частицы в больших количествах образуют дым, частицы которого не прозрачны для солнечных лучей и нагреваются от них. Задымленный воздух электропроводен.

В среднем один лесной пожар задымляет территорию, которая по площади в 3-5 раз превышает лесной массив, охваченный огнем. Каждая тонна сгорающих материалов в зависимости от вида лесных ГМ и условий сгорания выделяет в атмосферу 7–16 кг дымовых частиц. Температура пламени варьирует в пределах 850–1000⁰ С. Коксовые остатки (угли) в зоне, охваченной огнем, не сгорают до конца, а лишь раскаляются. Пламя, после перемещения на новую «порцию» лесных ГМ, оставляет позади кромки пожара зону тлеющих углей из пней, гнилого валежа, отмерших корней, продолжающих сильно дымить. Особенно большие размеры сплошной тлеющей поверхности оставляют после себя верховые повальные пожары, с кромкой которого или позади нее движется низовой пожар. Однако из-за медленного выделения дыма и низкой концентрации дымовых частиц в воздухе, над зольно-коксовыми остатками не образуется такой воспламеняемой смеси, как в клубах дыма над обширными пожарищами.

Тепловое излучение пламени повального пожара настолько сильно, что напочвенные ГМ уже на расстоянии десятков метров от пламени начинают разлагаться и обугливаться, выделяя воздушную смесь в виде облака из угарного газа и дыма, имеющего синеватый оттенок. Такой же синеватый цвет воздушного слоя можно наблюдать и над действующими торфяными пожарами; он (цвет) связан с примесью мельчайших дымовых частиц и угарного газа. Над верховыми устойчивыми пожарами при ветреной погоде образуется конвекционная дымовая колонка с восходящими дымовыми потоками (термиками), которые увлекают с крон деревьев горящие частицы и переносят их ветром на большие расстояния. При таких пожарах высота пламени над пологом леса достигает 30–40 м. Столбы дыма достигают высоты 3–5 км и более, как это наблюдалось при катастрофических пожарах в 1976 г. в Хабаровском крае (рис. 1.2) и в 1982 г. в США (5–10 км). По данным Й.Г. Голдаммера (Центр глобального мониторинга природных пожаров, ФРГ), выбросы лесных пожаров достигают высоту 10–15 км.



Рис. 1.2. Дым верховых устойчивых пожаров, достигающий верхней границы облаков
(Автор фото из монографии ИКАРП по пожарам в ЕАО)

Дисперсная фаза состоит из частиц дыма с характерным диаметром до 1,6 мкм и горящих головешек. При горении растительного покрова происходит нагрев влажных ГМ, испарение адсорбированной в них влаги, нагрев уже высушенных ГМ, выделение эфирных масел (терпенов), газификация лесных ГМ с образованием дымогазовой горючей смеси и углеродистого остатка, сгорающего с образованием золы. При этом нагрев вещества, испарение влаги и выделение терпенов происходит с поглощением тепла, а горение углеродистого остатка – с большим его выделением. Дым других видов пожаров растительности (профилактические выжигания в лесах и контролируемые выжигания на вырубках, сельскохозяйственных палы, подстилично-гумусовые и торфяные пожары) скапливается, в основном, в приземном воздухе и реже – в нижнем 500-метровом слое температурной инверсии (Характеристики атмосферного аэрозоля..., 2007).

Увеличение удельного веса воздуха, его плотности и вязкости за счет мельчайших частичек дыма крупных верховых пожаров способствует формированию малоподвижных барических гребней, что характерно для режима воздушных масс в

антициклонах (в отличие от более интенсивных потоков воздуха в циклонах). Отмечаемые летом на средних высотных картах подобные возмущения циркуляции (типа процессов блокирования) в интервале от 1 до 3 месяцев изменяют траектории циклонов, обуславливая аномальное перераспределение осадков по территории. Если в обычных условиях циклоны более или менее равномерно орошают территорию осадками, то в условиях сильного загрязнения воздушной массы дымовым аэрозолем циклоны обходят ее стороной (Соколова, Тетерятникова, 2008). В результате в районах массовых лесных пожаров увеличивается продолжительность и напряженность лесопожарной обстановки, а на сопредельных территориях – льют проливные дожди, обуславливающие паводки на реках редкой повторяемости.

1.4. Лесной климат, рубки и влияние их на уровень пожарной опасности

Согласно районированию территории Сибири и ДВ по условиям возникновения крупных лесных пожаров, Среднее Приамурье относится к дальневосточной зоне с повышенной напряженностью пожарных режимов – Амуро-Приморской области (Валендик, 1990). Каждая лесорастительная формация имеет свой лесопожарный режим и, как утверждают авторы (Валендик в соавт., 2001), в конкретных лесорастительных условиях поведение пожара относительно стабильно и достаточно индивидуально.

Как известно, с деятельностью солнца связан температурный режим и выпадение осадков, увлажняющих лесную среду. Косвенный учет солнечной радиации заложен в расчетных формулах определения опасности пожара по В.Г. Нестерову в виде температуры, влажности воздуха и осадков в различных сочетаниях. Подобным образом учтена и продолжительность высыхания лесных ГМ, так как рассчитываемый комплексный показатель ПО суммируется за все дни после дождя интенсивностью ≥ 3 мм/сут (Нестеров, 1945, 1949).

Изучение проблемы реализации солнечной энергии в лесной среде в условиях ДВ позволило выявить особенности, которые при определенных условиях могут создавать опасность загораний (Соколова, 2006). Нетронутый рубками сплошной полог кедрово-широколиственных лесов Среднего Приамурья, занимающий пространство по горизонтали и вертикали, заполнен летом влажной воздушной массой (рис. 1.3), недоступной проникновению суховеев и пожаров.

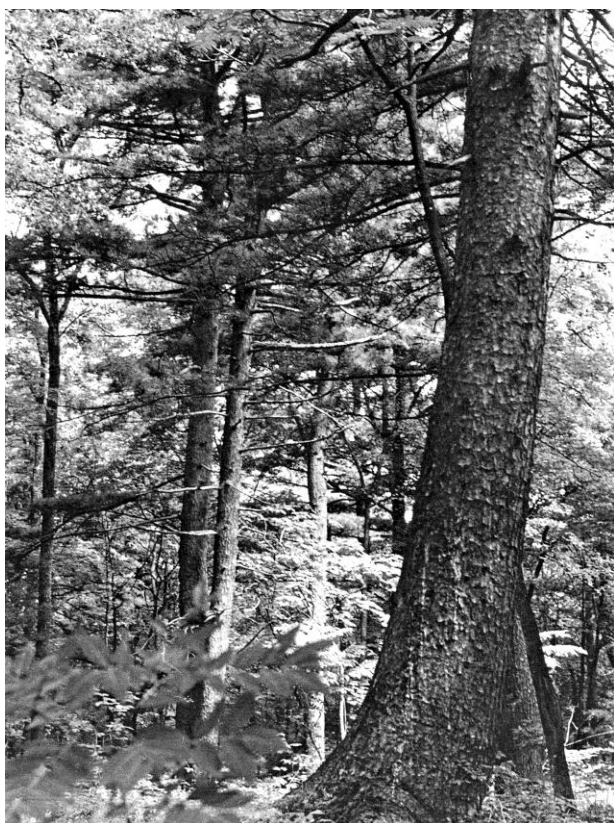


Рис. 1.3. Сплошной вертикальный и горизонтальный полог кедрово-широколиственных лесов (Фото А.Г. Бояринова, Модельный лес «Гассинский»)

Для такого ограниченного пространства характерны местные циркуляции, всевозможные движения, течения и перемещения воздушных слоев, которые оказывают влияние на состояние лесной среды. Движущиеся частицы воздуха, зарождаясь в жаркий летний день у поверхности лесной подстилки, поднимаются

вверх до высоты 4–5 м, и в сплошном вертикальном и горизонтальном пологе постоянно встречают на своем пути преграды в виде ветвей и листьев (хвои). В более высоких слоях климатической вертикали лесного полога, движущиеся вверх частицы воздуха, попадая в более прохладные массы и быстро охлаждаясь в них, опускаются вниз. Хорошо выраженные восходящие и нисходящие токи конвекции, возникающие обычно над ограниченными участками леса и в наиболее благоприятное время, а также их непрерывный контакт с шероховатой поверхностью в сплошном вертикальном пологе, способствует сохранению постоянного уровня тепла и водяного пара в лесной среде. Поэтому в ненарушенный рубками среднеполнотный древостой не проникают суховеи, способствующие вспышке пожаров. Выявленная стратиграфия воздушных слоев наиболее выражена под пологом среднеполнотного древостоя летом вблизи горной речки в первой половине солнечного дня и она согласуется с установленными В.Н. Сукачевым биогеогоризонтами лесной среды (Лесная хрестоматия, 1988).

После облиствения лесного полога среднеполнотного древостоя, ненарушенного рубками и пожарами, идет накопление тепла и влаги, баланс которых в течение лета сохраняется под пологом преимущественно постоянным. В этот период повышенной влажности воздуха под пологом леса (при тех же показателях полноты древостоя,

рельефа местности и погодных условий) возникновение пожароопасной обстановки менее опасно, чем в другие месяцы. Летом состояние среды в таком древостое характеризуется низким 1 классом ПО соответствующими малыми значениями $KП$ (300–400 ед.). В древостоях, нарушенных рубками (при прочих равных условиях – равнина и средние погодные условия), летом состояние среды повышается до 2-го ($KП=500–600$ ед.), а осенью до опасного 3-го класса. При антициклональной погоде лесопожарные ситуации под пологом оцениваются высокой степенью опасности.

Выполненная таким образом оценка реализации солнечной энергии в лесной среде по величине $KП$ и классу ПО, по сути, отражает ее температурно-влажностное состояние. Время измерения температуры и влажности воздуха (для расчета по ним показателей ПО) – 13–15 ч, определяет высота солнца на данной широте и «угол падения радиации» (по Ю.А. Янишевскому, 1957), от которых во многом зависит скорость созревания растительных ГМ до пожарной зрелости. Анализ показателей освещенности под пологом леса по Л.А. Иванову (1946) и А.Г. Измоденову (1970), длительности высыхания вырубков по Н.А. Диченкову (1992) и полноты древостоя (Справочник для таксации..., 1990) позволил выявить закономерности опасности возгораний под пологом леса (табл. 1.1).

В Приамурье первые антропогенные пожары начали возникать, согласно литературным источникам, 400–600 тыс. лет назад. В те далекие времена лесные массивы выдерживали пожары, которые уничтожали больные деревья, сжигали насекомых-вредителей, очищали территорию от отмерших завалов, ускоряли буйный рост растительности. Гибнуть кедровники Приамурья начали от неконтролируемых безвоспроизводственных рубок, нарушающих сплошной зеленый полог, который может сохранять главный энергетический ресурс – лесной климат (Измоденов, Соколова, Тетерятникова, 2000).

Согласно общепринятой в метеорологии ландшафтно-географической классификации климатов Л.С. Берга (1938), он (лесной климат) отнесен к климату «влажных субтропических лесов». Вырубка кедрово-широколиственных лесов в горных районах, способствуя эрозии почвенного горизонта, переводит почти все выпадающие здесь осадки в дождевой сток, быстро скатывающийся в русла рек. Подобные последствия рубки леса во много раз повышают теплообмен лесной почвы с атмосферой (Новороцкий, 1999б) и способствуют ее высыханию.

Таблица 1.1. Уровень пожарной опасности (КП и КПО) под пологом леса в связи с нарушением его целостности и погодными условиями по сезонам года (48,5–49,0° с.ш., рельеф равнинный)

Состояние древостоя	Сезоны года (месяцы)	Уровень пожарной опасности			
		при средних многолетних погодных условиях		при антициклональной погоде	
		КП (ед.)	КПО	КП (ед.)	КПО
Средняя полнота древостоя, ненарушенного рубками	Весна (IV–V)	150–250	1–2	300–400	2
	Лето (VI–VIII)	300–400	1	300–400	1
	Осень (IX–X)	300–400	2	300–400	2
Древостой, пройденный рубками (пожарами)	Весна (IV–V)	300–400	2	800–1000	3
	Лето (VI–VIII)	500–600	2	1200–1500	3
	Осень (IX–X)	400–600	2–3	1000–1200	3

Антропогенные окна-вырубки открывают свободный доступ солнечной радиации под полог леса, способствуя более интенсивной потере влаги с наземных ГМ и в корнеобитаемом слое почвы. Экспериментальными исследованиями доказано, что загораемость вырубки возможна в первый же день установления сухой погоды даже при высокой относительной влажности воздуха (>70%). Чаще всего это проявляется в сосняках, включенных в первую группу пожарной опасности по характеру растительности. Например, в вересковых сосняках «... для высыхания вырубки достаточно двух часов прямой солнечной радиации» (Диченков, 1987, с. 13). При этом средняя влажность опада вереска в момент загораемости вырубки составляла всего 14,7%. На вырубках в средних широтах освещенность в ясный летний день обычно равна 50 000 люкс, в то время как под пологом высокополнотного ельника она едва достигает 500–1000 люкс. Если сравнить два участка – вырубку и закрытый пологом участок высокополнотного древостоя – то решающая роль в испарении влаги лесных ГМ (при прочих равных условиях) принадлежит солнечной радиации (R=0,96–0,99).

Вследствие вековой вырубки и чрезмерного изреживания лесов в бассейне Амура, по мнению лесоводов, «... более половины лесопокрытых площадей имеют полноту 0,5 и ниже» (Грек, 2002, с. 193). Вырубаются или изреживаются все новые и новые лесные территории, а горят одни и те же, причем пожары, в основном, начинаются и набирают силу именно на вырубках – свежих или прошедших. Поэтому спорным является

распространенный тезис о несоизмеримости ущерба от лесных пожаров с ущербом от всех видов рубок. В связи с наличием больших площадей вырубок содержание запасов ГМ в виде порубочных остатков к концу XX века превышает естественные запасы в 3–4 раза (Валендик в соавт., 2001). Причем обилие ежегодно нарастающей свежей зеленой массы не снижает ПО на вырубках. На территории российского Среднего Приамурья процесс накопления лесных ГМ на поверхности земли преобладает над процессом их разложения, по сравнению, например, с Приморьем, где температура и влажность воздуха и почвы выше, что способствует более интенсивному процессу гниения напочвенных древесных остатков. Поэтому в регионах с таким климатом всегда присутствует потенциальная опасность перехода низовых пожаров в повальные верховые с летальным исходом для насаждений (Арцыбашев, 2002).

1.5. Предрасположенность территории к вспышке пожаров

Северо-Восточная Азия вносит большой вклад в формирование глобальных лесопожарных циклов (Голдаммер, 2006). Так, горимость лесов Приамурья (число возникших пожаров и величина пройденной огнем площади за пожароопасный сезон) имеет негативную тенденцию роста, которую можно объяснить условиями, сложившимися к концу XX века в лесном фонде (Управление пожарами..., 2005):

1. Уменьшается площадь девственных лесов, под пологом которых горимость намного ниже, чем в лесах, пройденных рубками и пожарами. Интенсивные лесозаготовки в период 1980-2000 гг. с переходом на сортиментную вывозку древесины обусловили очень высокую степень пожароопасности в регионе;

2. Возрастает количество антропогенных источников огня в связи с повышением освоенности и доступности лесных территорий (рис.1.4). Одновременно снижается мера ответственности людей за бережное отношение к природе, поскольку возрастает стремление получить максимальную прибыль, невзирая на любые возможные негативные экологические последствия.



Рис.1.4 Лесной пожар на территории Биробиджанского района ЕАО (из фондов Дирекции ООПТ ЕАО).

Горимость лесов в Хабаровском крае и ЕАО (по статистическим данным) является одним из наиболее высоких показателей в России. Крупномасштабные катастрофические пожары, охватывающие огнем и дымом огромные территории, повторяются здесь с 22-летней периодичностью (по крайней мере, за период наблюдений). Это отмечалось в 1932 (архивные данные), 1954, 1976 и 1998 гг. Крупные пожары с меньшим охватом площади наблюдались за последние десятилетия с периодом 8 лет (1980, 1988, 1996, 2004 гг.) (рис. 1.5).

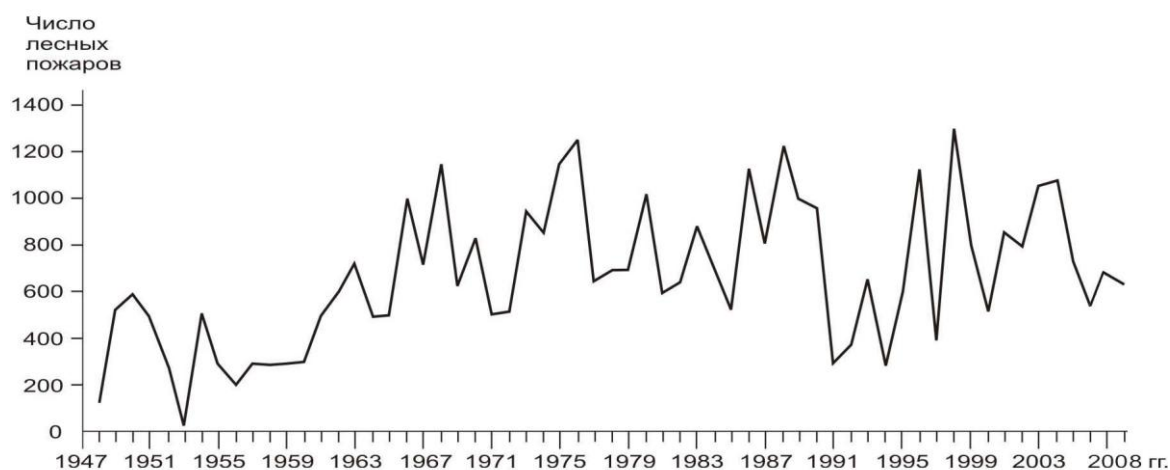


Рис. 1.5. Динамика горимости лесов в Хабаровском крае и ЕАО за 1948-2008 гг. (Информация о динамике горимости лесов (Охрана лесов..., 1998) дополнена данными ГУ МЧС России по Хабаровскому краю и информационно-аналитических Интернет-сайтов)

На лесных территориях Хабаровского края и ЕАО в течение более полувека отмечается многократное прохождение пожаров по начинающим зарастать вырубкам (рис.1.6). Наряду с климатическими факторами и слабой пожароустойчивостью подраста хвойных пород этому способствует антропогенный фактор – захламленность вырубок. Решающую роль климата в возникновении опасных лесопожарных ситуаций отмечают Е.С. Арцыбашев (СПбНИИЛХ), Г.П. Телицын (Модельный лес «Гассинский»), А.А. Сенин и А.П. Любякин (ДВ авиабаза лесоохраны), Ф.Ф. Мишков и А.М. Стародумов (ДальНИИЛХ) и другие ученые, и специалисты пирологи.

Потенциальная предрасположенность территории на северо-востоке Азии к пирогенным катастрофам характеризуется следующими признаками. Во-первых, весной и в начале лета обычно на Приамурье из Средней Азии и монгольских пустынь поступают сухие запыленные, прогретые солнцем воздушные массы – монгольский самум. Следы этого явления часто наблюдаются вплоть до берегов Тихого океана, когда небо покрывается движущимися на восток грязно-желтыми тучами, а на следующий день на растениях, крышах домов и других предметах замечен охристый налет каменистой пудры (Хабаровск, апрель 2001 г.)

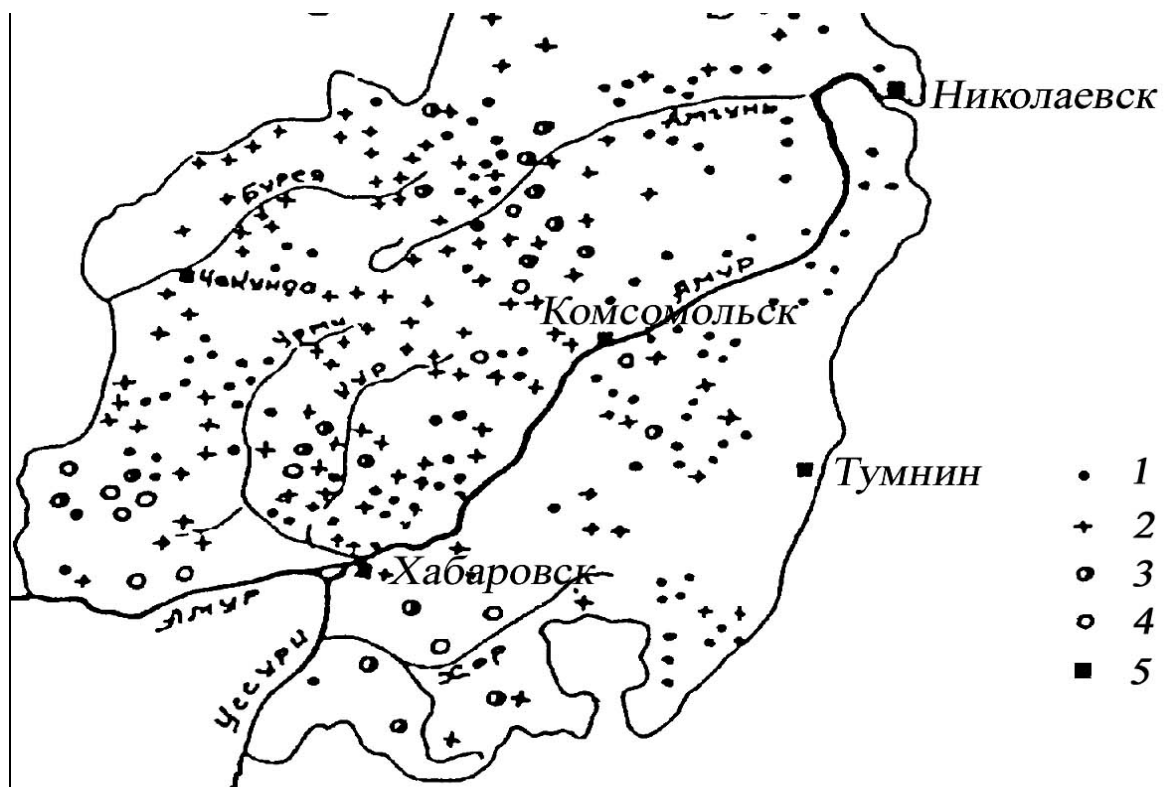


Рис. 1.6. Схема распределения среднего суточного числа лесных пожаров

по территории Среднего Приамурья:

1 – от 1 до 5 пожаров, 2 – от 6 до 15 пожаров, 3 – от 16 до 25 пожаров,
4 – более 25 пожаров, 5 – населенный пункт.

Примечание: схема частично заимствована из отчета (Разработка основных..., 1985).

Физические характеристики воздушных масс (прозрачность, наличие аэрозолей, их состав и другие показатели) приобретают особую значимость при интенсивном притоке солнечной радиации весной и в первую половину лета. Попадая в область максимального аэрозольного загрязнения (с повышенной плотностью и вязкостью воздуха и слабой электропроводностью, способствующей возникновению пожаров от гроз), сухие воздушные массы формируют малоподвижные тропосферные барические гребни. Вторжение крупнодисперсных частиц дымового аэрозоля сопровождается быстрой кристаллизацией водяных капелек в переувлажненных вершинах кучевых облаков, что существенно снижает интенсивность процесса осадкообразования.

Во-вторых, территория Приамурья бедна запасами влаги в почве и снежном покрове. Для районов Северо-Восточной Азии с минимальными запасами влаги в почве и малой высотой снега характерны минимальные потери тепла на испарение влаги, что является основой для наиболее вероятного развития в умеренных широтах стационарных тропосферных гребней с антициклональной погодой. Большие расходы тепла солнечной радиации на таяние снега в случае больших его запасов нарушают режим муссонной циркуляции, характерной для ДВ, и могут привести к минимуму муссонных дождей. В результате больших межгодовых изменений увлажненности (почвенной влаги, запасов снега) год от года значительно меняются условия реализации солнечной радиации. Примечательна особая роль в этом районе осенне-зимне-весеннего увлажнения. Дефицит осадков в сухую осень, малоснежная зима, ранняя теплая весна часто предопределяет возникновение атмосферных засух и возникновение пожаров.

Кроме того, летом при максимальном радиационном прогреве суши часто возникают такие ситуации в атмосфере, когда арктическая фронтальная зона отступает к северу – за пределы основных лесных массивов. В то же время тропический воздух, обладающий наибольшими запасами влаги, остается южнее последних. Над прогретым континентом в тропосфере преобладает антициклоническая циркуляция, т.е. слабые движения воздушных масс, малые термобарические градиенты, которые не могут

обеспечить смещение малоподвижных систем. Движение воздушных масс, как известно, определяется термобарическими градиентами между низкими и высокими широтами, между континентами и океанами. Наименьшие значения они имеют летом и именно в этот период складываются условия, способствующие усилению влияния других факторов, например, аэрозолей в воздушных массах, особенно крупнодисперсного дымового аэрозоля от лесных пожаров и песчано-пылевых бурь. В случае возникновения массовых пожаров в период малой подвижности барических систем, они могут перерасти в единый крупномасштабный фронт с общим задымлением до средних и высоких слоев тропосферы и нижней стратосферы.

Таким образом, особые условия Приамурья с точки зрения ПО отличают его от других регионов умеренных широт Северного полушария. Из них следует выделить особенности в развитии атмосферных процессов, недостаточное осенне-зимне-весеннее увлажнение, большие временные периоды с низкой влажностью почв и воздуха и сухими ветрами, наличие большого объема ГМ – обширные хвойно-широколиственные леса. Эти особенности способствуют усилению влияния на состояние атмосферы дымового аэрозоля от крупных лесных пожаров. Над районами крупных лесных пожаров с обширным задымлением атмосферы усиливается накануне сформированный тропосферный гребень. В результате здесь преобладает устойчивая область повышенного давления, играющая роль временно действующего индивидуального центра действия атмосферы, оказывающего влияние на изменение свойств западного переноса воздушных масс, изменение траекторий циклонов.

Нарушение баланса тепла и влаги в воздушных слоях под пологом леса способствует более интенсивному иссушению наземных и почвенных ГМ. Особенно это относится к крупномерным лесным ГМ (валежник, порубочные остатки), накопленным в древостоях, нарушенных рубками, а также прошлогодние ГМ рыхлого (опад листвы и хвои, ветошь) и плотного (торф, глубоко пролегающая гумусовая подстилка) состава. Обобщение результатов наблюдений за температурным режимом в наиболее деятельном (по отношению к температурным градиентам) вертикальном лесном пологе высотой 10 м показало, что в этом, по сути, приземном воздушном слое при определенных условиях прослеживается некоторое сходство его с режимом атмосферы Земли в нижних 100 км.

Организация эффективного противопожарного мониторинга на определенной территории – российской части Среднего Приамурья – требует разработки автоматизированной системы расчета и прогноза параметров ПО. Для разработки такой системы, которая дает возможность более оперативно оценивать текущие и ожидаемые ситуации, необходим анализ существующих систем оценок и прогнозирования подобных ситуаций в нашей стране, а также в США, Канаде, Австралии и других странах, где накоплен большой объем знаний в этой области.

Глава 2. Современные методы оценки и прогнозирования опасности пожаров растительности

2.1. Оценка пожарной опасности

В настоящее время общепризнанно, что одним из основных параметров, определяющих ПО растительности по метеорологическим условиям, являются пирологические характеристики погоды и климата, от которых зависит степень увлажнения (или высыхания) растительных ГМ. Суточная динамика погодных условий, накладываясь на долговременные колебания степени засухи, влияет на интенсивность горения и образование терпено-воздушных смесей – природных источников пожаров (Франк, 1964; Столярчук, 1968; Арцыбашев, 1974). Поэтому разработка оперативных методов оценки и прогнозирования пожаров растительности является одной из глобальных проблем в общем комплексе обеспечения безопасности территории (Валендик, 1990).

Физической основой всех методик расчета ПО с учетом погоды является представление о «пожарной зрелости» растительности, т.е. о таком ее состоянии, при котором может происходить воспламенение и распространение горения, определяемое влагоемкостью растительных ГМ и метеорологическими параметрами среды (Вонский, Жданко, 1967; Гришин, 1994).

Методики оценки ПО интенсивно разрабатываются во всем мире, особенно в регионах со значительной лесистостью и большой плотностью природных пожаров, для создания на их основе программ мониторинга и предупреждения пожаров.

В России шкала ПО в лесах на каждый день пожароопасного сезона, основанная на связи ее с продолжительностью дождливых периодов, впервые была разработана в 1930-х гг. в Центральном институте прогнозов бывшего СССР (ныне Росгидрометцентр) (Вангенгейм, 1939). Наиболее интенсивным периодом изучения опасности лесных пожаров с целью прогноза считаются 1940-е годы. В.Г. Нестеровым (1945, 1949) был разработан метод расчета показателя горимости лесов, учитывающий число возникших за пожароопасный сезон пожаров относительно пройденной огнем площади. Метод, основанный на определении ПО по стандартным метеорологическим элементам, усовершенствован им для целей прогноза ПО (Нестеров в соавт., 1968). Уточнено также

основание комплексного показателя горимости лесов, которое представлено в виде произведения температуры воздуха на дефицит точки росы с последующим суммированием его за период без дождя (или менее 3 мм осадков за сутки).

М.А. Софроновым (1990; в соавт., 1998) разработаны научные основы для отечественной системы пирологических характеристик и оценок, содержащей пять подсистем, одна из которых включает оценку погоды и климата. Подобно американской и канадской, российская система выполняет функцию информационной базы при оценке и прогнозировании ПО, поведения пожаров и их последствий. Пирологическая характеристика климата (КЗ – класс засухи), рассчитываемая по максимальной температуре воздуха и минимальной относительной влажности реперных метеостанций с учетом осадков, имеет прогностический потенциал, так как может охватывать обширные территории, соизмеримые с барическими системами – основными предикторами в долгосрочном прогнозировании природных явлений.

Многочисленные исследования посвящены региональным особенностям формирования пожароопасных ситуаций, которые следует учитывать при разработке методов оценки ПО растительности по метеорологическим условиям. Так, главным фактором, влияющим на высыхание и увлажнение ГМ, как считает Н.А. Диченков (1987, 1992), является солнечная радиация, определяющая, в том числе, и выпадение осадков. Им предложено учитывать продолжительность воздействия солнечной радиации и метеорологических элементов на состояние лесных ГМ. Используя данные по 71 региону России, автор выявил тесную связь продолжительности пожароопасного сезона с радиационным балансом ($R=0,91$) и полуденной высотой солнца ($R=0,70-0,94$) на данной географической широте. Исключение составляют дальневосточные леса Приморского края и Амурской области ($R=0,28$ и $0,38$ соответственно), для которых характерна весенняя и осенняя вспышка пожаров. Она обусловлена наличием большого количества лесных ГМ в виде мощного покрова из прошлогодней травы.

В исследованиях (Тер-Микаэлян, Фурьев, 1990) представлена модель современной динамики таежных лесов, учитывающая влияние изменения средней сезонной температуры на вероятность возникновения лесных пожаров. На примере лесной равнины в Западной Сибири от Енисея до Каспийского моря показано, что повышение продуктивности лесов в связи с потеплением не компенсирует уменьшение лесной биомассы из-за увеличения числа пожаров.

В 1970-х гг. в Дальневосточном НИИ лесного хозяйства разрабатывались показатели шкалы ПО с учетом региональных погодных и лесорастительных условий (Рекомендации..., 1978), в которых приведена генетическая классификация лесных ГМ, наиболее распространенных на ДВ (Шешуков, 1988). Она послужила научной основой для создания ряда прикладных аспектов охраны леса от пожаров (Шешуков в соавт., 1992, 1999, 2006).

Выявлена зависимость испарения влаги лесными ГМ от радиационного баланса энергии, обеспечивающей ее потерю из субстрата (Белоцерковская в соавт., 1969). Позднее выявленная зависимость уточнена Г.П. Телицыным (Определение пожарной опасности..., 1989). Экспериментально установлено, что ГМ в травяно-кустарниковых ельниках Хабаровского края при интенсивном иссушении достигают «пожарной зрелости» через 9–10 солнечных дней (Костырина, 1976).

При засухе интенсивность естественного перегнивания лесных ГМ замедляется, происходит их накопление, чреватое катастрофическими пожарами. Поэтому профилактические выжигания ГМ весной необходимы. Публикуется опыт проведения весенних отжигов в Модельном лесу «Гассинский» (Балашов, Телицын, 2002). Однако существуют и негативные последствия весенних профилактических выжиганий лесных ГМ (Шешуков, Коломыцев, 1999).

Метод оценки ПО дополняется дифференцированным подходом к оценке класса ПО с учетом скорости ветра (Сверлова, 2000). Он испытывался авиаотделениями ДВ авиабазы, но не нашел применения ввиду усложнения общепринятого метода В.Г. Нестерова (1949). Кроме того, автор предлагает оценивать ПО на основе единой для России, стран СНГ и Восточной Европы шкалы, разграниченной на 7 поясов сезонной засушливости. Однако в лесной охране России и стран СНГ вот уже более полувека применяются местные шкалы ПО, рассчитанные по лесорастительным и погодным условиям.

О проблемах лесных пожаров на российском ДВ практически нет больших монографий, кроме изданной в 2006 г. (Северо-Восточная Азия..., 2006). В ней представлены взгляды российских и зарубежных специалистов на различные лесопожарные ситуации. Известные публикации А.М. Стародумова, М.А. Шешукова, Г.П. Телицына, А.П. Сапожникова, Н.В. Выводцева, Л.Г. Кондрашова, В.В. Острошенко и многих других авторов не исчерпывают всех существующих проблем.

Анализ зарубежной литературы позволяет выделить наиболее успешные результаты в области оценки ПО ситуаций в США, Австралии, Испании, Канаде, Китае, Франции, Японии и в ряде других стран.

Так, в Австралии, которая до 1970-х гг. больше других стран мира страдала от природных пожаров, угроза их возникновения возрастает не только вследствие высокой воспламеняемости распространенного в этой стране эвкалипта, но и частых засух. Пожарная опасность растительности оценивается с учетом количества скопившихся сухих ГМ, интенсивность пожара – в зависимости от их влажности, температуры окружающей среды, относительной влажности воздуха, уклона местности, скорости ветра (Parckham, 1977).

В отдельных регионах западной Арктики авиационная охрана лесов, организованная после 1970 г., и сверхвысотная космическая съемка позволили выявить горельники в условиях тундры и лесотундры за предшествующие годы (Wein, 1976). Установлено, что частота и размеры пожаров зависят от метеорологических условий, топографии местности и запасов биомассы. Если запасы ее незначительны, то в распространении лесного пожара топографические условия являются определяющими. Число пожаров в лесотундре, где они распространяются на больших площадях, по сравнению с лесной зоной северной Канады сравнительно невелико. До 1970-х гг. основной причиной их появления являлись молнии, затем, как и в других странах, человек. После продолжительных засух, особенно в июле-августе, площади лесных пожаров увеличиваются по мере «подсыхания» лесных участков с моховым покровом и снижением сети естественных преград (за счет высыхания ручьев, заболоченных участков). Полученные данные подтверждают высказанную ранее гипотезу о наступлении тундры на лесотундру вследствие уничтожения пожарами лесного покрова и очень медленного восстановления последнего в условиях Арктики.

В Испании исследуется возможность использования спутниковых изображений с низким пространственным и высоким временным разрешением для оценки стадий физиологического развития растительного покрова в течение года и определения даты и места наиболее вероятного возникновения лесного пожара. Достоверность методики проверена в 1987 г. в горной части на востоке Иберийского полуострова в дни, когда отмечался самый сильный пожар за весь период наблюдений в Испании (Lopes et al., 1991).

Выполнен анализ режима встречаемости лесных пожаров в Италии за период с 1982 по 1991 гг. (Foreza, 1992). На основе разработанной оригинальной методологии рассчитаны коэффициенты ПО для леса в отдельные месяцы. Представлены результаты определения степени пожароопасного риска для двух последовательных пятилетних периодов. Вскрывается тенденция так называемой феноменологии лесных пожаров в пределах этих лет.

В Канаде с учетом погодных условий опасность возникновения пожаров за любой час суток оценивается индексом, учитывающим уровень засухи, относительную влажность воздуха и скорость ветра. Доказано существование лесных пожаров в прошлом в таежных лесах бореальной зоны (Rove et al., 1973). Приводятся сравнительные характеристики процесса возобновления после пожаров доминантных хвойных пород, указывающие на степень адаптации деревьев к пожарам. Из кустарников наиболее приспособлены к пожарам те, которые возобновляются подземными побегами и корнями. Предложен эмпирический метод выявления и оценки беспожарных периодов в лесах гористой местности страны (Johnson et al., 1991), который основан на составлении карты возраста насаждений с момента последнего пожара. Применение этого метода в районе Скалистых гор вблизи городов Калгари и Альберта на площади 495 км² показало, что период отсутствия пожаров изменялся от 50 лет (в период до 1730 г.) до 90 лет (за 1730–1980 гг.). Изменение частоты пожаров связано с изменением климата – от более теплого и сухого климата до более холодного и влажного. Отрицательное временное распределение частоты пожаров предполагает независимость их функции риска от возраста леса. Пожары высокой интенсивности и большой скорости распространения предопределяются синоптическими процессами.

Установлена связь между сезонными колебаниями температурно-влажностного режима и последствиями лесных пожаров на территории Канады в период 1920–1990 гг. (Flannigan et al., 1991). Использовались наблюдения шести метеостанций в разных провинциях страны. Сопоставлены данные расчета рейтинга сезонной опасности пожаров с температурой, относительной влажностью воздуха, количеством осадков и содержанием CO₂ в атмосфере. Выявлена взаимосвязь между рейтингом условий опасности пожаров и суммарной площадью выгоревших лесов по годам. Месячные аномалии температуры, полученные по трем моделям общей циркуляции атмосферы,

накладывались на серии суточных данных о температуре и влажности воздуха, осадках, направлении и скорости ветра.

Авторы работы (Using..., 2000) обращают внимание на некоторые моменты борьбы с лесными пожарами. Предлагается использовать в многоцелевом лесоуправленческом планировании моделирование ПО, ключевым элементом которого является потенциал пожара на базе характерных признаков леса: лесопользования и топографии.

В КНР выполнено разделение лесов по типам лесных ГМ и уровню ПО на основе учета различных факторов в течение всего пожароопасного сезона. К этим факторам относятся: лесопокрываемая площадь, количество ГМ, видовой состав древостоя, высота местности, средняя месячная скорость ветра, температуры воздуха, ее относительная влажность и месячное количество осадков (Division..., 2000). Зоны по типам лесных ГМ в провинции Хэйлунцзян подразделены на пять категорий пожароопасности. Показано распределение зон разных категорий ПО в пределах равнинных и горных областей.

На основе базы данных о защите леса от пожаров сформирована и развивается ГИС для предотвращения лесных пожаров в провинции Чжэцзян, которая одновременно содействует внедрению инновационной техники для профилактики возникновения пожаров (Zhejiang..., 2002). Главными функциями системы оценок лесопожарной обстановки является локализация точек возгорания и воссоздание информации о местах возникновения пожаров, включая поиск и анализ исторических и других данных.

В центре Португалии оцениваются условия погоды при каждом крупном пожаре: температура воздуха во время пожара и в предыдущий период, относительная влажность воздуха, направление и скорость ветра, атмосферное давление, состояние растительности (Lourenca, 1990). Приведены карты с изотермами и изобарами для соответствующих районов, диаграммы относительной влажности, схемы направления ветров. Погодные условия характеризовались высокой температурой (более 30⁰С), низкой относительной влажностью (менее 30%), преобладающими ветрами восточных направлений. Эти условия играли важную роль в возникновении и развитии крупных лесных пожаров.

Во Франции в Средиземноморской зоне применяют числовые индексы ПО лесов (Drouet et al., 1990), уровень значений которых разделен на 5 классов: слабый, нормальный, усиленный, серьезный, очень серьезный. Каждый департамент разделен на зоны в зависимости от наличия лесных массивов, розы ветров и рельефа местности. Для

каждой зоны класс ПО устанавливается вечером на завтрашний день; он рассчитывается по гидрометеорологическим данным: уровню грунтовых вод, направлению ветра, точке росы, температуры воздуха, облачности. Показатель ПО изменяется от нуля до 20, причем серьезная опасность (4 класс) начинается с 10, а очень серьезная (5 класс) – с 15 единиц.

В Южной Корее лесоводы выделили факторы, способствующие возникновению крупных лесных пожаров. Это, прежде всего, распределение хвойных пород деревьев в составе древостоя, накопление и последовательность размещения ГМ, скорость ветра более 5 м/с, высота над уровнем моря (более 420 м) и длина склона (более 650 м). Причины возгораний в лесах лесоводы связывают не с заготовкой древесины, а с туризмом и сельскохозяйственными работами, причем количество возгораний увеличиваются в выходные и праздничные дни, особенно вблизи населенных пунктов (DPR..., 2003; Кондрашов, 2006).

2.2. Прогнозирование пожарной опасности

В России более полувека ведутся поиски долгосрочных прогностических связей условий возникновения лесных пожаров с развитием атмосферных процессов. В 1950-х гг. было установлено, что в центральных областях европейской части бывшего СССР «пожароопасную погоду» для леса определяют области устойчивого повышенного атмосферного давления над ними (Гриценко в соавт., 1952). Для муссонного климата ДВ выявлены метеорологические критерии суховеев (Соколов, 1954), способствующих возникновению лесных пожаров.

В работе (Иванов, 1957) представлены результаты исследований по выявлению типичных черт погоды, предшествующей засушливому периоду. На примере Западной Сибири показано, что к ним относится сухая осень предшествующего года, малоснежная и холодная зима, ранняя и сухая весна. Подобные условия могут быть типичными для всего Северного полушария.

В 1975 г. в Гидрометцентре СССР разработаны «Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесу по условиям погоды», по которым можно рассчитать показатели ПО на три дня и месяц. Этот инструктивный документ по прогнозированию введен взамен ранее действующих «Методических указаний по

составлению информации и прогнозов горимости леса» (1961 г.), «Методических указаний к расчету показателя горимости леса» (1967 г.) и «Дополнения ...» к ним (1974 г.). Однако в 1970–1980-х гг. оправдываемость прогнозов ПО в дальневосточных лесах по этому методу не превышала 50%, что явно не имеет преимуществ перед ежегодной ориентацией на средние многолетние значения. Разработанные рекомендации по долгосрочному прогнозированию напряженных пожароопасных периодов для лесов Приамурья (Разработка основных..., 1985) на основе учета прогноза погоды не улучшают предыдущую методику Гидрометцентра СССР (Методические указания..., 1975).

Причины возникновения лесопожарных засух в связи с синоптическими процессами для целей прогноза описаны в работе (Костырина, 1981). Выполненные ею первые разработки по прогнозированию пожарной напряженности в лесах юга Хабаровского края для выделенных одиннадцати небольших лесопожарных округов (Костырина, 1978) также не улучшили методику ГМЦ СССР (1975). Анализ возникновения крупных лесных пожаров в лесопожарных округах Приамурья не выявил связи и с солнечной активностью (Костырина, 1980). Отсутствие связи можно объяснить небольшими размерами лесопожарного округа, для которого составляется прогноз. Крупные лесные пожары на более обширной территории, соизмеримой с барическими системами, например, от Енисея до Тихого океана, в 67-78% случаев возникали на фазе понижения солнечной активности (Тетерятникова, 1991). Засушливые летние сезоны в Приамурье, по данным наблюдений за 70-летний ряд (1896–1965 гг.), отмечались в годы минимума 11-летнего цикла солнечной активности (Тростников, 1967). Причем наиболее влажные сезоны (1956–1959 гг.) наблюдались в годы, когда максимум 11-летнего совмещался с максимумом векового цикла.

Для систематизации большого объема информации о лесных пожарах с целью прогноза условий опасности их возникновения в 1970-х гг. в Центральной авиабазе (Москва) и ЛенНИИ лесного хозяйства (Ленинград) велись работы по созданию отраслевой автоматизированной системы управления «ОАСУ–Рослесхоз». Позднее статья об этом была опубликована в сборнике (Покрывайло и др., 1991а). В 1980-х гг. продолжались исследования на базе подсистемы АСУ «Управление охраной лесов от пожаров ТАСУ–Авиабаза», начатые в 1970-х гг. Прогноз ПО разрабатывался с учетом

комплексного показателя, рассчитанного согласно Методическим указаниям (1975), и методов, основанных на показателях влажности лесных ГМ (Коровин в соавт., 1986).

Однако, с 1980-х гг. гелиофизическая обусловленность увлажненности Приамурья часто не подтверждается, возможно, в связи с изменениями физических характеристик воздушных масс, вызванных загрязнением атмосферы пожарами и пыльными бурями. Проблема долгосрочного прогнозирования гидро- и агрометеорологических явлений, как и условий опасности пожаров, включает «...поразительное несоответствие между достигнутым уровнем учета информации и крайне скромными успехами в прогнозах, между исключительной устойчивостью макропроцессов и невозможностью их предвычислить с большой заблаговременностью» (Тетерятникова, 1985 с. 89). Это отмечается и в настоящее время, что можно объяснить тем, что в период максимального теплоприхода факторы реализации солнечной энергии (т.е. подстилающая поверхность, физические характеристики воздушных масс) могут иметь значительно большее значение, чем предшествующие условия, по которым составляется прогноз.

Исследовались метеорологические условия, способствующие возгораниям в лесу естественным путем, – возникновение и интенсивность грозовой деятельности. Для создания методики такого прогноза применялся дискриминантный анализ, позволяющий оценивать различия в средних значениях с учетом квадратичных отклонений (Исследование интенсивности..., 1982). Выявлено, что для оценки степени интенсивности гроз наибольшей информативностью обладает состояние воздушных масс на барической поверхности 850 гПа: температура воздуха, максимальная удельная влажность и высота верхней границы облака. Целесообразно учитывать максимальную влажность на поверхностях 700 и 500 гПа, мощность облака, влажность воздуха у поверхности земли (Столярчук, 1986).

Для отдельных лесхозов Приамурья и Приморья разработаны методы прогноза некоторых показателей лесопожарной обстановки в связи с засушливостью летнего периода (Сверлова, Костырина, 1985). Использовался метод «струйного течения» – суммарные значения коэффициента вариации оси субтропического струйного течения на значимых меридианах зимой и его отклонение от средних величин (Леншин в соавт., 1985).

О возможности прогнозирования опасности возникновения пожаров в лесах Забайкалья высказано в работе (Антропов, 1988). Автором установлен 11-летний период

возникновения крупных лесных пожаров в 1947, 1958, 1969, 1980 гг. Выявлена некоторая закономерность их возникновения в первые два года, затем на седьмой год (малый пик возгораний) и далее на восьмой, девятый, десятый и одиннадцатый годы. Составлен опытный прогноз количества лесных пожаров за пожароопасный сезон в лесхозах и административных районах Бурятской АССР в 1987 г. Из 68 прогнозо-пунктов оправдалось 34.

Как известно, причинами обострения лесопожарной обстановки являются антропогенные источники огня, связанные с посещением леса населением. Однако, по мнению пирологов (Арцыбашев, 2002 и др.), от этого величина площади лесов, пройденной огнем, зависит в меньшей степени, чем от погодных условий. Практика охраны леса от пожаров подсказала направление исследований прогноза не только класса ПО, но и вероятного количества суточных лесных пожаров ($N_{\text{сут.}}$). Разработанная Г.П. Телицыным методика расчетного прогноза $N_{\text{сут.}}$ основана на закономерности распределения по классам суточного числа пожаров, а также количества их по дням недели с учетом посещаемости населением леса (Определение пожарной опасности..., 1989).

Приводится статистическая оценка влияния задымленности атмосферы пожарами и сельхозпалами в Хабаровском крае на количество выпадающих осадков. Так, в период проведения весенних сельхозпалов в 1961–1977 гг. южные районы края недополучали около одной трети нормы осадков по сравнению с периодом запрета сельхозпалов в 1978–1985 гг. Автор делает вывод о том, что продолжительное, ежегодно повторяющееся задымление атмосферы пожарами приводит к постепенному иссушению территории.

Изучение связи лесных пожаров с метеорологическими условиями, а также анализ существующих методов по определению атмосферных процессов, вызывающих крупные пожары, выполнено Э.Н. Валендиком (1990, 1996). Им установлено, что атмосферные процессы, обуславливающие лесопожарную обстановку, можно подразделить на следующие типы: обширный антициклон с давлением в центре 1 025 гПа и теплым фронтом по его периферии; глубокий циклон с давлением в центре 985 гПа и фронтом окклюзии в теплом секторе; прохождение теплых фронтов в слабоградиентных полях пониженного давления. Высказана целесообразность выявления связи аномальных синоптических ситуаций с эволюцией лесных пожаров

согласно существующим синоптическим положениям о характеристике макропроцессов на всем Северном полушарии, которая обуславливается процессами первого (атлантико-евразийского) и второго (тихоокеано-американского) секторов (Погосян, 1972).

Для определения прогностических признаков возможного наступления засушливой погоды и ПО ситуаций в лесах Иркутской области рассмотрены основные атмосферные процессы за естественные синоптические периоды (Судакова в соавт., 1990). По сборно-кинематическим картам выполнен анализ направления циклонов и антициклонов, выявлены типы синоптических процессов, обуславливающих засушливые погодные условия на севере территории.

Анализ динамики ПО территории Приангарья с учетом антропогенного фактора (численность жителей и количество населенных пунктов) позволяет составлять прогноз числа лесных пожаров (Андреев, 1991). Выявленные закономерности дают возможность выполнять комплексную оценку, выраженную средним суточным числом пожаров, а также прогнозировать ПО в лесах данного района. Составленный автором сверхдолгосрочный прогноз динамики ПО в Приангарье на каждый год (с 1992 по 2000 гг.) в основном оправдался.

Авторы следующей работы (Доррер и др., 1991) предлагают создать базы знаний и экспертных систем лесопожарного назначения (ЭСПОЛ). Разработанная ими структура знаний в ЭСПОЛ, названная «Интегрирование оценки пожарной опасности», состоит из пяти блоков, один из которых включает в себя расчеты и долгосрочные прогнозы лесопожарной обстановки по условиям погоды.

Показана (Коробейников и др., 1992) целесообразность иерархии баз данных и множества банков. Состоящие из серии блоков, банки данных различаются по целям, типам и территориальной специфике. Совокупность всех локальных баз и специализированных банков представляет собой глобальный банк данных. Рассматриваются и методы прогноза лесопожарной обстановки.

На примере лесов республики Коми (Нарышкина, 1997) для целей прогноза рассмотрены вопросы зависимости количества лесных пожаров для небольших районов, динамики тепла и влаги под пологом леса от периодичности солнечной активности (чисел Вольфа). Однако выявить закономерность автору не удалось, значения коэффициентов корреляции оказались незначительными.

По данным лесоустройства и аэрокосмических съемок установлен показатель средней горимости лесов Северо-Восточной Азии (Фуряев в соавт., 2000). По мнению авторов, моделирование динамики лесов с учетом воздействия лесных пожаров и изменений климата требует учета взаимодействия множества факторов во времени и пространстве с использованием ГИС-технологий.

При анализе динамики горимости лесов в связи с приростом древесины выявлена тенденция увеличения количества лесных пожаров в Воронежской области на спаде солнечной активности (Чеботарев, 2000). Положительный тренд лесных пожаров был отмечен и в более ранние годы. Математические модели, построенные на основе корреляционных зависимостей, позволяют использовать радиальный прирост сосновых древостоев в качестве интегрального показателя влияния метеоусловий для прогнозирования наиболее напряженных ПО сезонов.

В решении участников координационного совещания по лесопожарным проблемам отмечается, что «вопреки существовавшей ранее концепции самоотмирания проблемы лесных пожаров с ростом сознания и культуры населения наблюдается резкое ее обострение» (Тезисы докладов..., 2001, с. 72). В связи с малочисленностью специалистов, занятых проблемой прогнозирования лесных пожаров, и недостаточными размерами ассигнований вклад науки в решение этой проблемы весьма небольшой. В постановлении этого совещания выделено одно из десяти основных направлений: «разработать систему долгосрочного (на один год и более) прогноза пожарной опасности в лесах и увеличить ассигнования на развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по лесопожарной тематике как приоритетной в области лесохозяйственных наук» (там же, с. 74). Как сообщает Е.С. Арцыбашев (там же, с. 14), «... основной фигурой при организации борьбы с лесными пожарами на местах должен стать, в том числе и метеоролог или лесовод-метеоролог», у которого должна быть сосредоточена вся информация о пожарах, синоптические карты, космоснимки и другие необходимые материалы.

Прогнозирование наиболее пожароопасных сезонов предлагается выполнять методом дендрохронологии (Матвеев в соавт., 2002). Для анализа связи климатических факторов с радиальным приростом сосны и динамикой лесных пожаров были выбраны метеорологические показатели (температура и осадки в отдельности и в сочетании) и солнечная активность в виде чисел Вольфа. Значимые и высокие коэффициенты

корреляции позволили с определенной степенью достоверности выявить по ширине годовых колец наиболее ПО сезоны и построить математические модели. Сравнительный анализ зависимостей индекса прироста древесины от метеорологических условий в связи с лесными пожарами за 110–140 лет (возраст древостоев) и за 23 года (1974–1997 гг.), входящие в этот период, показал значительное повышение коэффициентов корреляции при уменьшении длины ряда. Авторы объясняют это вековой динамикой климатических условий Северного полушария в XX веке: снижением степени континентальности климата в регионе, повышением средней годовой температуры воздуха, уменьшением годового количества осадков и изменением других метеорологических характеристик.

Разрабатывается сравнительно новый перспективный метод среднесрочного прогнозирования показателей ПО с использованием спутниковой информации, параметров состояния поверхности земли и приземного слоя атмосферы (Афонин в соавт., 2002; Пономарев в соавт., 2002; Сухинин в соавт., 2003).

По мнению многих авторов, космические снимки могут с успехом применяться для раннего обнаружения пожаров растительности (Скребушевский в соавт., 2001; Доррер, 2000; Афонин, 2005). Данные дистанционного зондирования использованы для оценки фактической горимости территории Среднего Приамурья (Глаголев в соавт., 2007), Томской области (Белов в соавт., 2007) и создания прогнозных карт распределения показателей ПО (Глаголев в соавт., 2008).

Группой институтов РАН совместно с Международным институтом леса, отраслевыми институтами Рослесхоза и Росгидрометцентром создана информационная система спутникового мониторинга лесных пожаров для Федерального агентства лесного хозяйства (Лупян, 2003).

Оценка и прогноз влияния климатических изменений на число лесных пожаров и выгоревшую площадь в России может быть основан также на материалах статистической отчетности лесной службы, компьютерной базы данных сети метеостанций, а также на сценариях глобальных изменений климата (Коровин в соавт., 2003). Исходными материалами для прогноза длительности пожароопасных сезонов в условиях глобального изменения климата послужили данные более 2900 метеостанций страны. В основе прогнозирования числа и площади лесных пожаров от гроз заложена схема роста количества молниевых разрядов в зоне бореальных лесов между 50° и

70°с.ш. Для прогнозирования ПО и обнаружения лесных пожаров спутниковая информация обрабатывается специализированной системой дистанционного мониторинга пожаров, к которой подключается ГИС, содержащая лесные характеристики разного уровня.

Представляет определенный интерес изучение способов и подходов к прогнозированию условий возникновения лесных пожаров и их последствий в других регионах земного шара. Анализ зарубежной литературы позволяет выделить наиболее успешные результаты в области прогнозирования пожароопасных ситуаций в США, Австралии, Канаде, Китае и в ряде других стран.

Австралия. В работе (Application..., 1982) излагается методика прогнозирования осадков в крупных городах Австралии с заблаговременностью 12 часов. В число предикторов регрессионных уравнений включено 14 переменных, описывающих динамическое и термодинамическое состояние атмосферы. Прогнозы выдаются в вероятностной форме. Результаты оценки прогнозов для г. Мельбурна показали, что они на 19% успешнее оперативных прогнозов погоды и точнее климатических и инерционных прогнозов (на 27 и 36% соответственно). Проверка этого метода по метеоданным в гг. Брисбене, Канберре и Аделаиде также показала преимущество предложенной методики по сравнению с климатическими и инерционными прогнозами.

Прогнозирование числа и размеров кустарниковых пожаров в Центральной Австралии на основании метеорологических данных описано в работе (Love et al., 1986). Прогноз базировался на комбинации переменных, включающих состояние ГМ, а также на прогнозе направления и скорости ветра и тенденции изменения атмосферного давления. Во всех случаях критическим параметром было состояние растительных ГМ (количество и влажность), индекс прогноза находился в тесной зависимости от накопленной суммы осадков за предшествующие три года.

Первые статьи в мировой литературе по проблеме влияния пожаров на развитие атмосферных процессов были опубликованы в материалах симпозиума, проходившего в Канберре (Biennial Conference..., 1989). Внимание уделялось разработкам различных моделей (математических, метеорологических, пожаров) для борьбы с лесными пожарами. Две статьи посвящены метеорологическим аспектам взаимного влияния атмосферных потоков воздуха и лесного пожара.

Службой национального парка Южного Нового Уэльса разработана система прогнозирования и оперативного планирования с целью оказания помощи лесной охране Австралии (Beer, 1991). Расчетные данные выводятся на экран видеомониторов и совмещаются с крупномасштабными географическими картами. Необходимые сведения передаются с центрального диспетчерского пункта через систему космической связи. В статье (Beer, 1991) представлен проект национальной модели прогнозирования пожаров. Система предусматривает использование данных метеорологических автоматических станций и ГИС. Модель прошла испытание на юго-востоке Австралии в 1989 и 1990 гг.

Бразилия. В работе (Nobre et al., 1998) авторы предлагают два метода прогноза засух и избыточного увлажнения: первый основан на уравнениях множественной линейной регрессии; второй – на анализе временных рядов сумм осадков и выявлении периодов колебаний в 13, 24 и 26 лет. Рассматриваются сильные засухи в 1983 и 1988 г. г., а также годы с резким проявлением Эль-Ниньо – обычно в конце декабря – начале января – 1891, 1925, 1941, 1953, 1957–1958 и 1972–1973 гг. Делается вывод о возможности прогноза засух с заблаговременностью 2–3 месяца.

Китай. В статье (Xianmin, 1988) приведены способы прогнозирования риска лесных пожаров на территории Китая. Предложен усовершенствованный метод предсказания вероятности возникновения пожаров, который учитывает климатические условия местности. Описан метод динамического моделирования и прогнозирования лесных пожаров в КНР (Ding, 1992). Результаты получены на основе использования статистических данных о пожарах на территории провинции Гуанчжи за период 1950–1984 гг. Используется также регрессионная модель, позволяющая воспроизводить аналоговую функцию вероятности события. Применение этого метода для прогнозирования ПО в лесах с учетом метеорологических условий в 1985–1987 гг. позволило сделать вывод о хорошем соответствии расчетных и реально зафиксированных данных.

Разработка компьютерных моделей представлена в статье (Forest fire management..., 1992), посвященной применению микроЭВМ для прогнозирования динамики лесных пожаров. Использовались числовые и графические данные о реальных пожарах за 1987–1989 гг. в ряде регионов Китая. В качестве основных параметров учитывались полнота древостоя, тепловой потенциал при сгорании, толщина и пористость слоя лесных горючих материалов в виде соотношения площади слоя к его

объему. Модели могут выполнять следующие задачи: прогнозировать опасность ситуаций и вероятность возникновения лесных пожаров; получать графическое изображение зоны пожаров; вести учет последствий пожаров; помогать в принятии оптимального решения при локализации и ликвидации огня; использоваться в качестве объективной, научно обоснованной базы по профилактике лесных пожаров.

На основе статистических и экспериментальных данных о лесных пожарах, собранных специалистами Института леса провинции Юлинь (Meihe et al., 1993), разработана методика прогнозирования опасности возникновения и динамики развития пожара в зависимости от вида и состояния лесных ГМ, климатических особенностей и других параметров. Методика используется для составления карты с зонами различной степени опасности возникновения крупных лесных пожаров.

В работе (Chai et al., 1995) сообщается о создании банка данных, который содержит более 1200 различных документов научного и технологического плана о лесных пожарах в Китае, в том числе классификационные номера пожаров с характеристиками, которыми можно оперировать с целью прогноза.

Приведены результаты сравнительного анализа прогноза с реальным уровнем опасности лесных пожаров на основе ежедневных метеорологических данных с января 1993 по апрель 1995 г. (Ren et al., 1996). Получено определенное соответствие сравниваемых данных, предложены методы для усовершенствования прогнозирования опасности возникновения лесных пожаров.

Сообщается о результатах исследования влияния зимней циркуляции атмосферы на распределение летних осадков в Китае, влияющей на степень ПО (Yan et al., 2004). Заключение авторов основано на данных о геопотенциальных высотах 500 гПа и осадках за полувековой период (1952–2001 гг.). Приведены доказательства того, что аномалии циркуляции атмосферы над страной в январе-феврале являются важным предиктором аномалий летних осадков.

Словения. Для динамичного прогноза ПО в пригородной среде использование достаточно большой репрезентативной выборки данных позволяет создать полезную пространственную модель. В статье о пространственной модели лесной пожароопасности (Kobler, 2001) представлена разработанная региональная ГИС ежедневной оценки ПО на юго-западе Словении в зависимости от экологических, антропогенных и погодных факторов. Природные и антропогенные факторы показаны в

форме ГИС-слоев, погодные влияния описываются косвенно с использованием данных о ПО. Модель базируется на эмпирических данных о прошлых лесных пожарах. Сопоставлены три метода моделирования: линейно-регрессионный, логистико-регрессионный и метод вероятностной математической индукции. Наилучшие результаты получены при использовании второго метода.

В США в 1960-х гг. многие исследователи отмечали, что увлажнение лесных ГМ во время дождя во многом зависит от его продолжительности, поэтому она включена в число прогностических факторов без учета суммы осадков (Deeming et al., 1972). В 1970-х гг. изучалось влияние неустойчивости атмосферы, для которой характерны большие вертикальные градиенты температуры воздуха, на возникновение крупных лесных пожаров для прогноза ПО (Brotak et al., 1977). Отмечалось, что крупные пожары возникают при неустойчивой атмосфере – значительных вертикальных градиентах температуры воздуха на изобарических поверхностях со значениями в пределах 950–500 гПа. Условия формирования лесных пожаров сравниваются со «стандартной атмосферой» и сухими адиабатическими процессами. С 1981 г. в США и Канаде вопрос о густоте сети метеостанций, данные которых необходимы для оценки и предвидения лесопожарных ситуаций, решается путем расстановки автоматических метеостанций. К 1987 г. насчитывалось 177 таких станций; они передают информацию на землю через геостационарный спутник (Warren, 1987).

Данные о ретроспекции лесных пожаров после 1900 г. не позволяют обнаружить закономерность возникновения природных пожаров, т.к. в этот период на лесопожарную обстановку оказывала сильное воздействие деятельность человека, в том числе по тушению лесных пожаров. Если исходить из климатических прогнозов, в будущем ожидается увеличение частоты пожаров (при отсутствии их тушения) на 25% (Clark, 1988). В отсутствии интенсивных мер локализации пожаров ожидается, что в XXI веке они должны случаться на 10–25% чаще в связи с предполагаемым отрицательным водным балансом (Clark, 1989).

Сделана попытка прогнозирования лесопожарных ситуаций в лесах Северной Америки на основе изучения климата. До 1990-х гг. леса умеренной зоны (США, Канада, Европа, СССР) в целом находятся в равновесии между рубками и лесовозобновлением. Леса в процессе эволюции приспособились к длительным климатическим изменениям.

Так, современное потепление климата с 1930-х гг. привело к распространению лесов на северном пределе (Sedjo, 1991).

Обнаружена высокая корреляция между показателями погодных условий (средней месячной, минимальной и максимальной температурой воздуха, суммой осадков за месяц, индексом сухости воздуха и др.) и выгоревшей площадью, которая может быть использована для ее прогноза (Balling et al., 1992).

Выявлена тесная связь между климатом и частотой лесных пожаров в Северной Америке и северных районах Евразии (Kadonaga, 1993). Расчеты по некоторым климатическим моделям показывают, что в течение XXI века площадь лесов в результате пожаров сократится на 50%. Наиболее значительные лесные пожары могут произойти в США, России, Канаде.

Предложены методы прогнозирования лесопожарных ситуаций на основе моделирования развития пожаров и определения минимального времени их распространения (Finney, 2002). Моделирование в сложном ландшафте осуществляется через определение минимального времени распространения пожара в узловых точках на двумерной географической сетке, затем результаты интерполируются для определения параметров пожара в данный момент времени. Предлагаемые методы прогнозирования не требуют корректирования в случае пересечения фронтов или слияния мелких лесных пожаров в более крупный.

Франция. Описана организация сбора данных метеорологическими пунктами и использование их для прогнозирования ПО (Roux et al., 1991). Юго-восточные регионы Франции разбиты на небольшие участки (4–5 участков в департаменте), гомогенные по климатическим условиям (осадкам, господствующим ветрам, популяциям растений, влиянию моря). Для каждого из них составляются прогнозы средней дневной температуры, относительной влажности воздуха, облачности, направления и скорости ветра, затем эти данные используются в расчетах показателей ПО для определенных периодов времени.

В Центральной Азии растительные пожары, выделяя эмиссии в больших количествах, влияют на состав и функционирование атмосферы. Представляющие естественный риск, природные пожары, в отличие от большинства гидрометеорологических и геологических рисков, зависят еще и от человеческого фактора, однако, не смотря на подобную отличительную особенность, этот риск

(пожары) «...может быть предсказан, контролироваться и во многих случаях предупреждаться» (Goldammer, 2006, p. 41).

Япония. Проведено численное исследование процесса распространения пожара согласно метеорологическим условиям, разработана прогностическая модель для определенной местности. В качестве независимых переменных в математическую модель процесса заложены данные о величине и свойствах горючих материалов, топографических особенностях местности и метеорологических условиях. Предложенный метод прогноза позволяет автоматически получать цифровые данные, характеризующие динамику пожара, с воспроизведением этих данных на карте местности. Особенностью алгоритма является расчет перемещения фронта огня на различных участках сильно пересеченной местности (Tamura et al., 1990).

Таким образом, для прогноза ПО территории по метеорологическим условиям во всех странах наиболее часто используются физико-статистические методы. Они основаны на математическом анализе многолетних рядов исходных данных (преимущественно пошаговой множественной регрессии) и физическом обосновании полученных результатов. Предусматривается расчет будущего состояния процесса с помощью оценки прошлых и текущих его значений. Следует отметить сравнительно новый, разрабатываемый в конце XX века в разных странах, перспективный метод прогноза с использованием спутниковой информации.

В России современным методом долгосрочного прогноза природных явлений, зависящих от метеорологических условий, является синоптико-статистический на основе учета параметров атмосферной циркуляции Северного полушария на разных высотах и температурного режима поверхности Атлантического и Тихого океанов. Применяемая схема краткосрочных (до 3–10 дней) и среднесрочных (до 15 дней) прогнозов предусматривает расчет прогнозируемой величины с использованием ежедневной нормы метеорологических элементов на период заблаговременности прогноза.

В последние десятилетия проявляется неустойчивость некоторых прогностических уравнений, разработанных статистическими методами. В определенной мере это может быть обусловлено изменениями физического состояния среды – глобальным потеплением и антропогенным загрязнением. Поскольку обработка вышеуказанными методами текущей и предшествующей информации, искаженной в

какой-то степени изменением климата и антропогенным воздействием, не предусматривает последующего развития процесса, не свойственного многолетним рядам, необходим поиск решения задачи по оценке устойчивости прогностических уравнений.

Глава 3. Автоматизированная система расчета и прогноза показателей пожарной опасности территории Среднего Приамурья

3.1 Обоснование выбора показателей для оценки пожарной опасности

В работе применены аналитические методы исследований, существующие в физической географии, с использованием информационных баз и привлечением статистических материалов, а также современные компьютерные технологии и элементы программирования. Особенное внимание уделялось сбору, анализу и обработке приземных метеоданных.

Анализ исходных данных включает в себя решение вопроса об достоверности и репрезентативности наблюдений. Наличие проверенной метеорологической информации, которая имеется в региональных гидрометцентрах (в отличие от оперативной, где возможно присутствие элемента погрешности наблюдений), не вызывает сомнений получения надежных расчетных данных. Это относится к ПО территории, которая не наблюдается непосредственно, а, по сути, является следствием некоторого сочетания условий погоды и оценивается объективным числовым значением. Опубликованные базы метеоданных также не вызывают сомнений в надежности. Достоверность метода В.Г. Нестерова (1945, 1949) подтверждается действующими на ДВ инструкциями (Принципы..., 1978; Руководство по определению..., 1991; Щетинский, 1998). Пространственная репрезентативность рассчитанных показателей оценивалась по связи со стационарными наблюдениями на сети метеостанций. Радиус действия одной метеостанции, как выявлено исследованиями (Покрывайло и др., 1991), находится в пределах территории, обслуживаемой одним авиаотделением, т.е. метеоданные являются показательными для оценки ПО на данной территории.

Для выбора методики исследований проведен анализ расчетных показателей ПО, используемых в стране. Все известные виды расчетных показателей включают в себя основание и поправочные коэффициенты. В основании учитываются факторы высухания ГМ: температура воздуха t , точка росы τ для этой температуры, дефицит влажности воздуха d (разность между t и τ) и т.д. в различных сочетаниях. Поправочные коэффициенты учитывают количество осадков x . В основном для расчета

показателей ПО используется метод В.Г. Нестерова (1945, 1949), учитывающий преимущественный вклад в создание пожароопасной обстановки температурного режима и продолжительности периода без осадков, а также его модификации на основе учета влажности почвы и силы ветра.

В первые годы регулярных наблюдений за лесопожарной обстановкой – в 1940–1950-х гг. – комплексный метеорологический показатель ($KП$), по которому оценивалась ежедневная ПО, обозначался индексом «Г» («Горимость») и измерялся в градусах. В те годы многие лесхозы и комплексные предприятия бывшего СССР сами производили измерения дневной температуры и влажности воздуха, суточных осадков с последующим вычислением $KП$ по специальным метеорологическим таблицам и существующим в те годы Указаниям Гослесхоза СССР. Для упрощения этих вычислений на местах Минлесхозом СССР было издано Руководство «Пожарная опасность погоды для леса» (Симский, 1952). С 1949 г. и по настоящее время во многих регионах страны для оценки ежедневной ПО используется «комплексный показатель горимости» В.Г. Нестерова (1945, 1949), который вычислялся по формуле (3.1):

$$KП = \sum KЧ, \quad (3.1)$$

где $KП$ – комплексный показатель Нестерова; $KЧ$ – комплексное число Нестерова; $\sum$ – сумма комплексных чисел за каждый день без осадков или с незначительными для увлажнения ГМ осадками (менее 3 мм/сут.), начиная со дня окончания последнего дождя (с количеством осадков ≥ 3 мм/сут.) и заканчивая текущим днем.

Для определения комплексного числа Нестерова применяется формула с основанием (3.2), рекомендованная Гидрометцентром СССР (Нестеров в соавт., 1967; «Методические указания к расчету показателя горимости леса за 1967 г.»):

$$KЧ = t \cdot (t - \tau), \quad (3.2)$$

где t и τ – соответственно, температура воздуха и точки росы в 15.00 ч местного времени (или в ближайший к нему срок наблюдений), т.е. в сроки, наиболее полно характеризующие температурно-влажностные условия суток.

В общем виде формула В.Г. Нестерова имеет вид:

$$KП = \sum_1^n t \cdot (t - \tau), \quad (3.3)$$

где n – порядковый номер того дня, начиная с которого за сутки выпало менее 3,00 мм осадков.

Расчет $KЧ$ ведется ежедневно, суммируясь с накопленным $KП$ за предшествующие сутки без осадков (менее 3 мм). В первый дождливый день (при $x \geq 3$ мм/сут.) вся накопленная величина $KП$ принимается равной нулю, и расчет начинается заново по температуре и точке росы текущего дня.

В 1976 г. ЛенНИИЛХ разработал на региональном уровне новый метод оценки ПО территории, охраняемой местной авиабазой лесоохраны, путем расчета показателя влажности лесных ГМ с тем же основанием (3.1), но с другими поправками на осадки. Так, в рекомендациях «Определение природной пожарной опасности в лесу» (1981) предлагается определять показатель влажности напочвенного покрова (ПВ–1) и подстилки под ним (ПВ–2) в зависимости от метеорологических факторов в насаждениях различных типов леса. Это дает возможность оценить вероятность возникновения низовых и почвенных (подстилочно-гумусовых и торфяных) пожаров, когда огонь не только распространяется по площади, но и начинает углубляться в подстилку и торф. Следует иметь в виду, что при помощи $KП$ и $KЧ$ Нестерова определить ПВ–1 можно с большими погрешностями, а подстилки под ним (ПВ–2) – невозможно. Этот региональный метод оценки ПО территории не нашел применение в других погодно-климатических условиях, в том числе на ДВ.

М.А. Софронов (1998 в соавт., 1990) усовершенствовал метод оценки ПО В.Г. Нестерова, введя в основание поправку на гигроскопичность ГМ. Причем величина нового основания, в основном, сохраняется на прежнем уровне, что позволяет пользоваться одними и теми же шкалами ПО как для расчета $KП$ методом В.Г. Нестерова (1949), так и для определения «показателя лесопожарной засухи (ЛПЗ)» и/или «класса засухи (КЗ)» по М.А. Софронову. Новое основание имеет вид (3.4):

$$\text{ЛПЗ} = \sum (t + 10^0) \cdot (t - \tau - 5^0). \quad (3.4)$$

Здесь дневная температура воздуха t увеличена для приближения к максимальной за сутки, а дефицит влажности $(t - \tau)$ соответственно уменьшен.

Показатель ЛПЗ рассчитывается при суммировании этих оснований с использованием определенных поправок на количество осадков.

Пирологическая характеристика климата (класс засухи КЗ) рассчитывается по максимальной температуре воздуха и минимальной относительной влажности реперных метеостанций с учетом осадков и может охватывать обширные территории (регионы, зоны).

С 1990-х годов в ГМЦ РФ для Центральной базы авиалесоохраны составляются среднесрочные прогнозы (на 6–10 дней) классов ПО В.Г. Нестерова по автоматизированной системе статистической интерпретации выходной продукции гидродинамических моделей. Эта система среднесрочных прогнозов погоды по территории России разработана П.П. Васильевым (в соавт., 1999), в том числе по пяти пунктам ДВ, из которых два – Хабаровск, Биробиджан – находятся на территории Среднего Приамурья. Однако оправдываемость прогнозов по этим пунктам, согласно данным Хабаровского ГМЦ, невелика.

Л.И. Сверловой (1998, 2000) сделана попытка уточнить метод В.Г. Нестерова (1949) путем введения в расчетные формулы В.Г. Нестерова новых данных о скорости ветра по ближайшей метеостанции. Причем для определения класса ПО автор предлагает единую для России и сопредельных стран шкалу, разграниченную на 7 поясов «сезонной засушливости». После испытания метода авианаблюдателями ДВ авиабазы в оперативных условиях оказалось, что определение класса ПО с помощью комплексного показателя, рассчитанного по предлагаемому новому методу, практически не отличается по величине от класса ПО, который установлен по шкале Нестерова, т.е. без учета скорости ветра.

Таким образом, на практике оценка ПО территории ДВ продолжается в настоящее время по В.Г. Нестерову, достоинством которого является простота расчетов и возможность использования доступных баз данных (Справочник..., 1970; Метеорологические данные..., 1962, 1975; Метеорологические ежемесячники..., 1960–1996; и др.).

Для характеристики степени ПО весь диапазон значений *КП* делится на пять интервалов – классов пожарной опасности (КПО). Для определения степени ПО на основе расчетных значений *КП* и соответствующего КПО в Гидрометцентре СССР разработана первая общесоюзная шкала пожароопасности («Методические указания по составлению информации и прогноза показателя горимости леса», 1961 г.), которой пользовались регионы до разработки местных шкал, учитывающих региональные погодно-климатические и лесорастительные условия (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Шкала пожарной опасности Гидрометцентра СССР

Класс пожарной опасности (КПО)	Величина КП	Степень ПО
1	1–300	Отсутствует
2	301–1000	Малая
3	1001–4000	Средняя
4	4001–10 000	Высокая
5	> 10 000	Чрезвычайная

Затем для каждой территории (республики, края, области) были разработаны свои шкалы, которые утверждались Министерством лесного хозяйства РСФСР. Так, в 1965 г. в лаборатории «Охраны леса от пожаров» ДальНИИЛХ (А.М. Стародумов и др.) была разработана «Шкала пожарной опасности погоды для условий Хабаровского края, Приморья и Амурской области». В 1979 г. эта шкала усовершенствуется Г.П. Телицыным и Т.В. Костыриной (ДальНИИЛХ) и ограничивается по территории распространения – Хабаровский край (включая ЕАО). В этом же году она была утверждена Минлесхозом РСФСР. В шкале, приведенной в работе (Телицын, 1988), степень ПО с первым классом пожароопасности уже оценивается «умеренной». В сравнении с предыдущими формулировками – «отсутствием» (по шкале ГМЦ СССР, см. табл. 3.1) или «слабая» (по местной шкале 1965 г.) – это более жесткая оценка ПО. Наиболее усовершенствованная шкала пожарной опасности, которой в настоящее время пользуются ДВ авиабаза, лесхозы и другие лесоохранные организации Хабаровского края и ЕАО, приведена в табл. 3.2.

Класс пожарной опасности, определяемый по суммарному значению КП, является основанием для выполнения регламентированных противопожарных мероприятий в течение дня (табл. 3.3).

По состоянию на 1997 г. (данные производственного отдела ДВ авиабазы) территория Хабаровского края и ЕАО разделена на районы, охраняемые авиаотделениями, базировавшимися вблизи метеостанций (см. рис. 1.6), по данным которых в оперативных условиях рассчитывается КП и определяется по местной шкале класс и соответствующая степень лесопожарной обстановки. В настоящее время некоторые авиаотделения объединены в связи с закрытием метеостанций. В таких ситуациях обеспечение ДВ авиабазы необходимой метеоинформацией осуществляется через искусственные спутники Земли.

Таблица 3. 2. Шкала пожарной опасности в лесах для определения степени пожароопасности по В.Г. Нестерову на территории Хабаровского края и ЕАО

Класс пожарной опасности (КПО) по В.Г. Нестерову		1	2	3	4	5
КП (ед.) для северного авиазвена без подразделения на весну и осень		до 200	201–650	651–1 600	1 601–3 200	>3 200
КП (ед.) для центрального и южного авиазвена	весна и осень	до 180	181–400	401–1 200	1 201–3 200	>3 200
	лето	до 400	401–800	801–2 400	2 400–5 000	>5 000
Степень пожарной опасности территории		Умеренная	Средняя	Высокая	Очень высокая	Чрезвычайная

Анализ недостатков существующих расчетных методов сделан в работе (Софронов в соавт., 1990), к ним еще следует добавить отсутствие во многих случаях доказательств достоверности прогностической вероятности и обоснования выбора, оптимальных для данной территории расчетных уравнений.

Таблица 3.3. Мероприятия по авиационной охране лесов от пожаров на территории Хабаровского края и ЕАО в зависимости от класса пожарной опасности

Классы пожарной опасности (КПО) по В.Г. Нестерову				
1	2	3	4	5
Мероприятия				
В обычной ситуации: нет патрулирования, авиация используется для обслуживания пожаров, если они есть	В обычной ситуации: вылеты через день (кратное 0,5). При наличии пожаров – патрулирование однократное	В обычной ситуации: однократное патрулирование, при наличии пожаров – двукратное	В обычной ситуации: двукратное патрулирование, при наличии пожаров – трехкратное	При любой ситуации: трехкратное патрулирование

Кроме того, некоторые методики требуют применения данных, отсутствующих в метеорологических прогнозах, например, температуры точки росы (τ), а предложенные уравнения для ее расчета снижают точность расчета $KЧ$ (Соколова, 1991; Разработать руководство..., 1996).

Для каждой территории необходим обоснованный выбор показателей ПО и методика их расчета и прогноза. Ниже приведены результаты исследований в этом направлении.

3.2 Разработка автоматизированной системы расчета показателей пожарной опасности и методики их прогноза

3.2.1. Расчет показателей пожарной опасности

Для оценки и прогноза показателей ПО необходимо создание специализированного информационного обеспечения с целью обработки больших массивов метеорологических данных, позволяющего осуществлять оценку различных видов прогнозов, проверку их достоверности и выбор оптимального алгоритма расчета для каждой территории. Специализированное информационное обеспечение, созданное нами, содержит функциональные модули обработки метеорологических данных для расчета показателей ПО, вывода корреляционных уравнений, составления кратко- и долгосрочных автоматизированных прогнозов.

Разработана структура и создана база метеорологических данных (БМД). К ним относятся ежедневные метеорологические параметры: за все дни пожароопасного сезона (БД_д), за «сухие» (БД_с) и «мокрые» дни (БД_м), а также за прогнозируемые дни (i и $i+1$), (i и $i+2$) и (i и $i+3$). Здесь i , $i+1$; $i+2$; $i+3$ – индексы текущего (i) и последующих дней. В «сухие» и «мокрые» дни – терминология наша (Коган и др., 2005, 2006а-г; Коган, Соколова, 2005) показатели ПО рассчитывались по формулам (3.5–3.6) В.Г. Нестерова при заданных условиях:

$$KP = \sum_1^n t \cdot (t - \tau), \text{ для «сухих» дней (при } x < 3,00 \text{ мм/сут.).} \quad (3.5)$$

$$KP = KЧ = t \cdot (t - \tau), \text{ для «мокрых» дней (при } x \geq 3,00 \text{ мм/сут.).} \quad (3.6)$$

Расчеты ежедневных показателей ПО выполнены с апреля по октябрь 1960-2004 гг. по данным 8 станций Среднего Приамурья (Чегдомын, Сутур, Кукан, Победа, Троицкое, Биробиджан, Хабаровск, Бичевая). Этот период за 45 лет, согласно существующему положению в климатологии (т.е. период наблюдений не менее 30 лет), является базовым и может быть использован для решения задач, связанных с оценками пожароопасности. Такие же расчеты выполнены по данным четырем метеостанциям на

территории ЕАО (Облучье, Сидовичи, Ленинское, Екатерино-Никольское) за 1997–2004 гг.

В качестве параметров в БМД находятся фактические метеорологические данные: дневная температура воздуха (t), дневная температура точки росы (τ), количество осадков (x), показатели пожарной опасности $KЧ$, $KП$ и $KПО$, рассчитанные по различным основаниям и поправочным коэффициентам. Показатели $ПО$ рассчитываются по схеме (рис. 3.1) и хранятся в файлах БМД по годам, указанным в его имени.

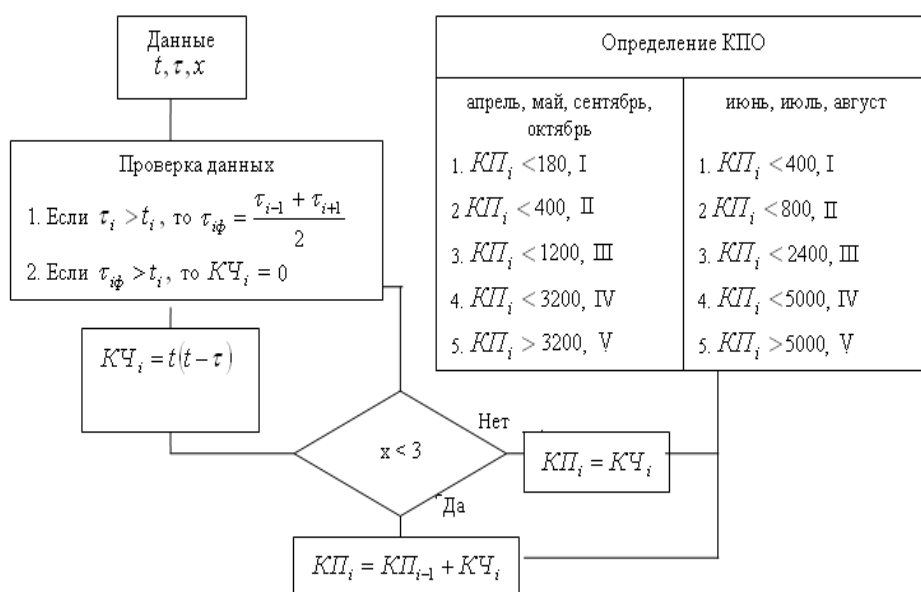


Рис. 3.1. Схема расчета показателей пожарной опасности

Примечание: t – дневная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; τ – дневная температура точки росы, $^{\circ}\text{C}$; x – количество осадков, мм/сут.; i – фактические величины;
 $i\text{ф}$ – проверенное значение фактической величины

3.2.2. Краткосрочные расчетные прогнозы пожарной опасности

Краткосрочный (трехдневный) прогноз разработан на основе зависимости показателей $ПО$ от дневной температуры воздуха. При нулевых или слабоотрицательных значениях температуры, которые могут наблюдаться в начале и конце пожароопасного сезона, в расчетах $KП$ учитывались следующие рекомендации (Рекомендации по охране..., 1978):

$$KП_i = 50 \text{ ед.} + KП_{i-1}; \text{ при } t_i < 5^{\circ}\text{C и } x_i < 3 \text{ мм/сут.}, \quad (3.7)$$

$$K\Pi_i = 0 \text{ ед., при } t_i < 5^\circ\text{C и } x_i \geq 3 \text{ мм/сут.,} \quad (3.8)$$

где $i, i-1$ – индексы текущего и предыдущего дня соответственно.

С помощью функциональных модулей специализированного информационного обеспечения для каждой метеостанции выведены прогностические уравнения (линейные, параболические, логарифмические) зависимости основания ПО от дневной температуры воздуха для каждого месяца пожароопасного сезона. На основе наибольшего коэффициента детерминации корреляционных уравнений произведена выборка необходимого основания. Для территории Среднего Приамурья по данным за 45 лет максимальный коэффициент детерминации получен при использовании $KЧ$ (основания Нестерова) и распределения точек по параболической кривой в отличие от прямолинейной и логарифмической зависимости:

$$KЧ = C_0 + C_1 \cdot t + C_2 \cdot t^2, \quad (3.9)$$

где C_0, C_1, C_2 – коэффициенты уравнения для данного месяца на территории, относящейся к определенной метеостанции.

Для расчета изменения значений $K\Pi$ использовалась синоптическая градация осадков (Руководство по краткосрочным..., 1965; Методические указания..., 1975). Формализованы синоптические термины интенсивности осадков, которым соответствуют изменения значений $K\Pi$ (табл. 3.4).

Схема автоматизированного краткосрочного прогноза показателей ПО представлена на рис. 3.2.

В связи с тем, что в прогнозе погоды общего пользования дневная температура дается в интервалах, при расчетах $KЧ$ ($K\Pi$) использовалось среднее ее значение, согласно указаниям (Методические указания..., 1975).

По мере поступления оперативных данных по температуре воздуха, точке росы и осадкам предусмотрен перерасчет показателей ПО с заменой прогностических метеорологических элементов на фактические. В результате получен скользящий ежедневный автоматизированный выпуск краткосрочных прогнозов в течение всего пожароопасного сезона. Алгоритм оптимизирован по совпадению прогнозных и фактических значений $K\PiО$.

По разработанной методике составлены проверочные прогнозы в течение пожароопасного сезона 2004 г. на Среднем Приамурье (метеостанции Биробиджан, Хабаровск). За фактическую пожароопасность принимались значения $KЧ$ Нестерова,

рассчитанные по уравнению 3.2. Оценка эффективности методики выполнена на примере особо пожароопасных сухих дней. Оценочные параметры рассчитывались согласно Наставлению по службе прогнозов (1962), основные положения которого изложены также в учебном пособии «Упражнения и методические разработки ...» (1965).

Таблица 3.4. Изменение комплексного показателя (КП) пожарной опасности в зависимости от интенсивности выпадения осадков

Синоптический термин интенсивности осадков	Количество осадков x (мм/сут.)	Изменение значений $KП$
1. Без осадков	0,0	Весь период нарастает ($x_i < 3,00$)
2. Преимущественно без осадков, небольшие дожди	0,0 – 0,3	Весь период нарастает ($x_i < 3,00$)
3. Дождь	0,4 – 4,0	Равен среднему из двух, рассчитанных с учетом $x_i < 3,00$ и $x_i > 3,00$
4. Местами дожди, кратковременные дожди или местами кратковременные дожди	0,4 – 4,0	2/3 периода нарастает ($x_i < 3,00$), 1/3 периода не нарастает ($x_i > 3,00$)
5. Временами дожди	0,4 – 4,0	1/3 периода нарастает ($x_i < 3,00$), 2/3 периода не нарастает ($x_i > 3,00$)
6. Значительный дождь, сильный дождь	$> 4,0$	Весь период не нарастает ($x_i > 3,00$), равен фактическому $KЧ$ на данный день

На каждый прогнозный день рассчитана своя допустимая погрешность прогноза ($\delta_{\text{доп.}}$), за которую принято считать среднее квадратичное отклонение (σ) предсказываемой величины от ее нормы, описываемое уравнением (3.10):

$$\delta_{\text{доп.}} = \pm 0,674 \sigma \quad (3.10)$$

Точность прогностического уравнения считается удовлетворительной, если отношение S/σ_{Δ} не превышает 0,80 (где S – средняя квадратичная ошибка прогноза). Всего составлено 414 опытных прогнозов, из них оправдалось 269. Общая оправдываемость прогнозов составила 65%. Пример расчета эффективности методики и оправдываемости краткосрочных прогнозов ПО на территории ЕАО (метеостанция «Биробиджан»), составленных за пожароопасный сезон 2004 г. (всего составлено 212 прогнозов), приведен в таблице 3.5.

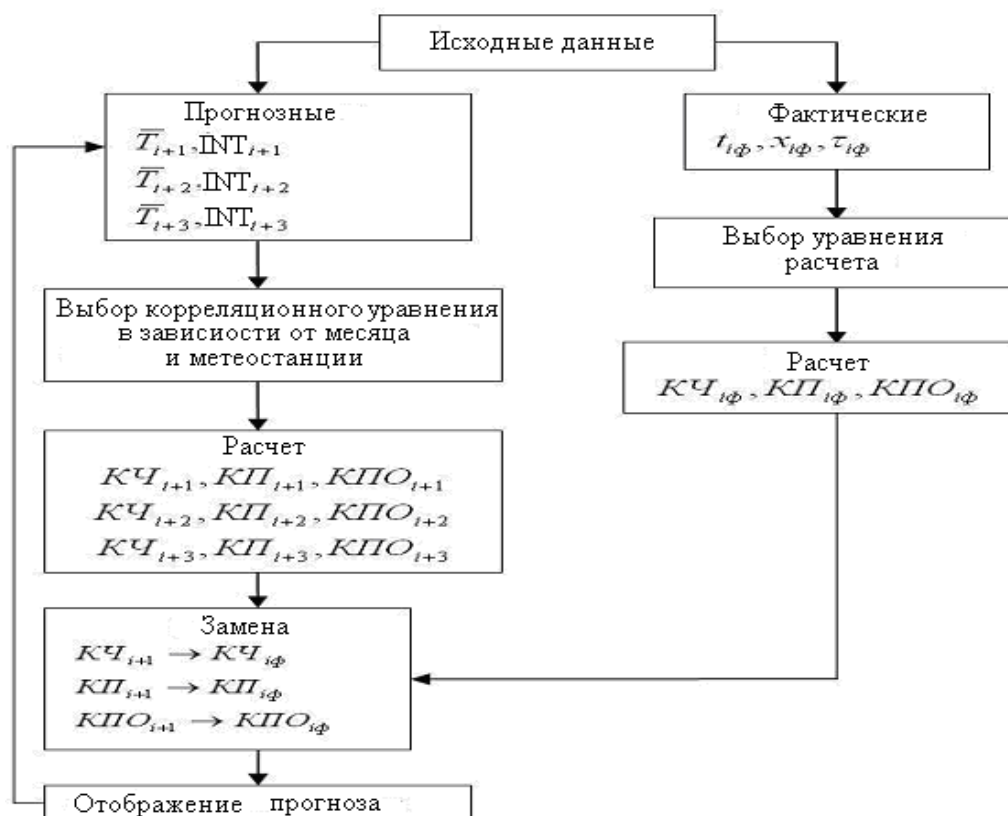


Рис. 3.2. Схема краткосрочного автоматизированного прогноза ПО

i – прогнозируемые величины; $i\phi$ – фактические данные о дневной температуре t , дневной точке росы τ и суточных осадках x ; T_{i+} – средняя прогнозируемая температура воздуха на 1, 2 и 3-ий дни; int_{i+} – прогнозируемая интенсивность осадков на 1, 2 и 3-ий дни.

Показатели эффективности позволяют считать разработанную методику удовлетворительной, согласно существующим критериям прогнозирования гидрометеорологических явлений, зависящих от погоды, как и лесные пожары.

При составлении краткосрочных прогнозов ПО вначале производится оценка фактической пожароопасной обстановки, затем расчет ожидаемого состояния по прогнозу погоды Хабаровского ГМЦ Дальневосточного УГМС на 1–3 дня. Очевидно, практическая значимость полученной прогностической информации на такой короткий срок значительно меньше, чем на длительный период. Можно увеличить заблаговременность прогноза ПО до 5–6 суток, используя прогноз максимальной температуры воздуха и суточных осадков, который составляется Росгидрометцентром по методу П.П.Васильева (в соавт., 1999), в том числе по ДВ.

Таблица 3.5. Метрологические характеристики краткосрочного (на 1–3 дня)
прогноза $KЧ$ (ед.) пожарной опасности территории ЕАО
(метеостанция «Биробиджан»)

Индексы	$\sigma_{\Delta i}$ (ед.)	$\delta_{\text{доп. } i}$ (ед.)	S (ед.)	S/ $\sigma_{\Delta i}$	P (%)
i +1	110	75	92	0,80	60
i +2	128	86		0,71	72
i +3	133	90		0,69	72
Примечание: i +1, i +2, i +3 – индексы дней, на которые составляется прогноз КЧ; $\sigma_{\Delta i}$ – среднее квадратичное отклонение изменения прогнозируемой величины за период заблаговременности прогноза; $\delta_{\text{доп. } i}$ – допустимая погрешность прогноза; S – средняя квадратичная погрешность проверочных прогнозов; P – оправдываемость (%) прогнозов КЧ.					

Предложенную методику прогноза показателей ПО можно использовать для краткосрочного прогноза ожидаемого вероятного суточного числа лесных пожаров ($N_{\text{сут.}}$), знание которого необходимо при массовых вспышках лесных пожаров для оперативной мобилизации ресурсов тушения. $N_{\text{сут}}$ рассчитывается по схеме (уравнение 3.11) (Г.П. Телицын, 1991), которую можно представить в виде прогностической зависимости (3.12):

$$N_{\text{сут.}} = C \cdot \nu \cdot k_i \cdot (K_{\text{нед.}} \cdot K \cdot \sqrt{\rho} + M) \cdot s, \quad (3.11)$$

где: C – коэффициент природной пожарной опасности (зависящий от характера растительности); ν – коэффициент, отражающий жесткость пожароопасного сезона для данного района и равный отношению суммы дней с 3–5 классом пожарной опасности за сезон к его календарной продолжительности; k_i – коэффициент значимости класса пожарной опасности; $K_{\text{нед.}}$ – коэффициент значимости каждого дня недели с учетом числа возникающих на данный день недели пожаров; K – коэффициент посещаемости леса населением, отражающий степень антропогенного влияния на возникновение пожарной опасности; ρ – плотность населения, чел./км²; M – плотность пожаров, возникших от молний, случ./млн. га в день; s – охраняемая площадь, млн. га.

$$N_{\text{сут.}} = f(KПО, k_i \text{ и } K_{\text{нед.}}). \quad (3.12)$$

Параметры – C, ν, K, ρ, M, s – с течением времени медленно изменяются по территории в пределах одного авиаотделения. Обычно лесной охране они известны.

Следовательно, в расчетах $N_{\text{сут.}}$ их можно принимать в качестве относительно постоянных величин. Два других параметра k_i и $K_{\text{нед}}$ (табл. 3.6 и 3.7) изменчивы, зависят от метеоусловий на данный день недели и антропогенных факторов (численность населения, площадь территории).

Таблица 3.6. Значения коэффициентов C и k_i пожарной опасности в лесу по метеорологическим условиям для расчета $N_{\text{сут.}}$

Классы пожарной опасности	Коэффициенты пожарной опасности в лесу	
	по характеру растительности (C) (по А.М. Стародумову)	по условиям погоды (k_i) (по Г.П. Телицыну)
1	1,0	0,1
2	0,8	0,5
3	0,6	1,6
4	0,3	3,0
5	0,1	3,5

Расчеты (Соколова, 1991), выполненные с учетом коэффициентов k_i и $K_{\text{нед}}$ на примере обычного пожароопасного сезона на территории, охраняемой Хабаровским авиаотделением, показали, что наибольшие отклонения расчетных величин $N_{\text{сут.}}$ от фактических составили в среднем 10–12%.

Методика составления такого прогноза на основе базы метеоданных и метеопрогноза общего пользования заключается в следующем. По фактическим данным t , τ , x вычисляется текущий комплексный показатель $KП$. Далее по рассчитанным значениям $KП$, используя местную шкалу пожарной опасности, определяется $KПО$ на день составления прогноза. Затем по данным о температуре и осадках из прогноза погоды рассчитываются прогностические значения $KПО$ и определяются ежедневные значения k_i , а по датам (дням недели), на которые составляется прогноз, – соответствующие $K_{\text{нед}}$ (табл. 3.7).

Полученные прогностические величины k_i и $K_{\text{нед}}$ (остальные параметры известны) позволяют завершить прогноз $N_{\text{сут.}}$ на 1–3 дня (табл. 3.8).

Можно увеличить заблаговременность прогноза $N_{\text{сут.}}$ до 5–6 суток на основе прогноза погоды, который составляется в ГМЦ России по методу П.П. Васильева (в соавт., 1999).

Таблица 3.7. Значения коэффициента $K_{\text{нед.}}$ по числу пожаров на данный день недели
(по Г. П. Телицыну)

Индекс	Д н и н е д е л и						
	Понед.	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскр.
$K_{\text{нед.}}$	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	1,1	1,5

Таблица 3.8. Расчет краткосрочного прогноза вероятного суточного числа лесных пожаров $N_{\text{сут.}}$ на основе базы данных и краткосрочного прогноза погоды
(на примере Хабаровского авиаотделения)

Параметры в день составления прогноза $N_{\text{сут.}}$ (27.05.2004)		Прогноз		
		28.05	29.05	30.05
День недели	четв.	пятн.	суб.	вскр
Температура воздуха (t), $^{\circ}\text{C}$	25	25	25	25
Точка росы (τ), $^{\circ}\text{C}$ (относительная влажность e , %)	21,5	(см. Примечание)		
Осадки (x), мм	0,0	0,0	0,0	0,0
Коэффициент жесткости пожароопасного сезона (v)	0,39	–	–	–
Коэффициент природной пожарной опасности (C)	0,7	–	–	–
Коэффициент посещаемости леса населением (K)	0,12	–	–	–
Плотность населения (ρ), чел./км ²	10,3	–	–	–
Плотность пожаров от молний (M), случ./млн. га в день	0,02	–	–	–
Площадь района (s), млн. га	10,0	–	–	–
Класс пожарной опасности ($KПО$)	4	4	4	4
Коэффициент значимости (k_i)	3,0	3,0	3,0	3,5
Коэффициент значимости дня недели ($K_{\text{нед.}}$)	0,8	0,9	1,1	1,5
$N_{\text{сут.}}$, случ. (число пожаров) в день	3	Прогноз $N_{\text{сут.}}$		
		2	3	4
Примечание: в связи с тем, что точка росы τ не прогнозируется синоптиками, она может быть приближенно рассчитана по уравнению Г.В. Соколовой (1991; Разработать руководство..., 1996):				
$\tau = C_0 + C_1 e + C_2 e^2,$				(3.13)
где C_0 , C_1 , C_2 – коэффициенты уравнения, равные соответственно: –14,7; 0,75; 0,005				

3.2.3. Долгосрочные расчетные прогнозы пожарной опасности

Для разработки схемы долгосрочных автоматизированных прогнозов ПО необходим набор фактических и прогнозных метеорологических данных, для определения $KП$ и $KПО$ — принципы усреднения температуры и формализации количества осадков. В данной работе использованы базы метео данных, опубликованные в (Метеорологические данные..., 1975; Метеорологические ежемесячники..., 1960–1996 и др.), а также Бюллетени погоды Хабаровского ГМЦ за апрель-октябрь 2004 г. и информация о лесопожарной обстановке на территории, охраняемой Дальневосточной базой авиационной охраны лесов, за 1960–2004 гг.

Принципы долгосрочного автоматизированного прогнозирования ПО на основе прогноза погоды и информации из БД такие же, как и краткосрочного. Если в схеме (см. рис. 3.2) заменить трехдневные прогностические значения t и x на средние многолетние, либо на текущие по принципу «с сегодня — на завтра» или на снятые с гарантийной кривой зависимости $KЧ = f(t, x)$, можно получить климатологические, инерционные или гарантийные прогнозы ПО. При их составлении показатели ПО первых трех дней рассчитываются по прогнозу погоды общего пользования, далее — с учетом климата, инерции или гарантии. Очевидно, что климатологические прогнозы будут иметь лучшую оправдываемость в обычные дни (средние по метеоусловиям), но не в экстремальных ситуациях — наиболее засушливых (или наиболее дождливых) периодах. Пример составления климатологического прогноза с использованием прогноза погоды в первые дни и ежедневной нормы метеоэлементов в остальные дни дан в таблице 3.9.

Таблица 3.9. Расчет долгосрочного прогноза ежедневной пожарной опасности на основе базы метеорологических данных и трехдневного прогноза погоды (дата составления прогноза на май — 30 апреля 2004 г.)

Параметры на день составления прогноза (30.04.2004 г.)	Прогноз ежедневной ПО на май									
Числа прогнозного месяца	1	2	3	4	5		29	30	31	
$t, ^\circ\text{C}$ 7,2	по прогнозу погоды			е ж е д н е в н а я н о р м а t						
x , мм 2,0	по прогнозу погоды			е ж е д н е в н а я н о р м а x						

Класс ПО	1	1	1	1	1		2	2	3
Текст прогноза	К концу месяца ожидается увеличение степени ПО до 3 класса пожароопасности								

Основа инерционных прогнозов заключается в том, что, зная значения метеорологических данных в день составления прогноза, их фактические изменения по сравнению с предшествующим днем, и предполагая, что подобные изменения сохранятся по инерции еще 1–3 дня, можно рассчитать соответствующий прогноз показателей ПО.

Гарантийный прогноз составляется на основе данных, снятых с гарантийной кривой, т.е. по линии, огибающей самые нижние точки расчетной зависимости $KЧ = f(t, x)$ для «сухих» дней. Их целесообразно составлять в особо опасные засушливые периоды, когда они имеют большую практическую ценность, чем климатологические прогнозы. Прогнозные значения $KЧ$ при этом будут преднамеренно несколько завышены, гарантируя, что ниже этого значения $KЧ$ не ожидаются.

При разработке долгосрочного прогноза по году-аналогу на основе базы метеоданных, ведется поиск такого аналога по температурно-влажностному режиму первой половины пожароопасного сезона (или первого месяца), когда ход ежедневных t , τ , x имеет наименьшие отклонения от синоптического года-аналога, утвержденного Росгидрометцентром (или региональным ГМЦ). При этом допускается, что и во второй половине сезона (или месяца) распределение трех основных метеозлементов будет подобным выявленному году-аналогу.

Расчеты ежедневных $KПО$ на месяц вперед можно выполнить, используя графики хода погоды (ежедневной максимальной температуры воздуха и суточных осадков), приводимые в месячном метеопрогнозе. Однако в настоящее время отсутствуют надежные методы составления месячного прогноза погоды и оправдываемость их недостаточно высока. Следовательно, расчет ежедневных значений $KПО$ по графикам хода погоды на месяц также будет мало эффективным.

Для составления прогнозов ПО на основе использования карт «многолетнего значения средней месячной температуры воздуха» (Т) и «многолетнего среднего месячного количества осадков» (Х), помещаемых в бюллетенях региональных ГМЦ, применяется методика, разработанная Г.В. Соколовой (Разработать руководство..., 1996). Она основана на использовании по прогнозу погоды различных сочетаний Т и Х относительно нормы N (больше «>», меньше «<» или около нормы «~») в данном

месяце по районам Хабаровского края, которым соответствует та или иная лесопожарная ситуация.

Вначале на основе базы ежедневных метеоданных рассчитывается средняя за 45 лет (1960–2004 гг.) сумма пожароопасных дней (Σn_i) с различными значениями КПО Нестерова на данной территории за каждый месяц. Затем на основе базы данных определяется норма Σn_i в соответствии с отклонением t и x от их нормы в данном месяце (Nt и Nx), рассчитанной за те же 45 лет. Затем делается выборка соответствия Σn_i различным сочетаниям t и x относительно N . В табл.3.10 приведен пример расчета показателей на май по Ургальскому авиаотделению. Количество возможных сочетаний составляет 9 случаев.

Таблица 3.10. Исходные данные для составления прогноза
показателей пожароопасности Σn_i в мае на основе t и x из базы метеоданных
и распределения по месячному прогнозу погоды T и X относительно N
(на примере Ургальского авиаотделения)

№	Сочетания средней месячной температуры t и месячных сумм осадков x в мае относительно их нормы Nt и Nx (по прогнозу погоды на месяц)	Соответствующие средние многолетние суммы пожароопасных дней Σn_i за май по величине КПО					
		$\Sigma КПО$ =1	$\Sigma КПО$ =2	$\Sigma КПО$ =3	$\Sigma КПО$ =4	$\Sigma КПО$ =5	$\Sigma КПО$ =3+ 4+5
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$t > Nt$ при $x < Nx$	10	9	10	8	2	20
2	$t > Nt$ при $x > Nx$	8	6	9	5	0	14
3	$t > Nt$ при $x \sim Nx$	7	5	9	6	1	16
4	$t < Nt$ при $x < Nx$	7	5	9	6	0	15
5	$t < Nt$ при $x > Nx$	10	7	9	4	0	13
6	$t < Nt$ при $x \sim Nx$	7	5	9	6	0	15
7	$t \sim Nt$ при $x < Nx$	7	5	10	6	1	17
8	$t \sim Nt$ при $x > Nx$	8	6	8	5	0	12
9	$t \sim Nt$ при $x \sim Nx$	7	5	9	6	1	16

Далее составляется фоновый прогноз количества пожароопасных дней по районам края в данном месяце согласно месячному прогнозу погоды, в котором указывается одно из 9 возможных сочетаний температуры T и сумм осадков X относительно нормы N . На примере территории, охраняемой Ургальским авиаотделением, приведены средние многолетние Σn_i , рассчитанные в соответствии с сочетаниями t и x (относительно их норм Nt и Nx) и распределенные по классам

пожароопасности. Например, если в прогнозе погоды на май по центральным районам Хабаровского края, к которым относится территория Ургальского авиаотделения, ожидаются $T \sim N$ и $X > N$, то, согласно табл. 3.10 (строка 8), текст месячного прогноза лесопожарной опасности будет следующим: «В мае ожидается высокая пожарная опасность: сумма дней с 3–5 классом пожароопасности равна 12 (при норме 16 дней, рассчитанной за 45 лет), включая 5-й класс, равный 0». Сумма пожароопасных дней с 3–5 КПО (графа 8) за сезон (месяц) является критерием его напряженности по условиям погоды, именно в эти дни возникает около 80–85% всего количества лесных пожаров в районах Дальнего Востока (Определение пожарной..., 1989).

В оперативной практике ГМЦ России используется способ среднесрочного прогноза температуры воздуха на основе связи между аномалиями температуры воздуха за первую декаду месяца (Δt_{10}) и за весь этот месяц (ΔT_m). Этот способ впервые использован нами для прогноза суммы дней с высокой пожароопасностью, т.е. при $KPO=3$, в апреле и мае в южных районах Хабаровского края (авиаотделения Хабаровское, Ургальское, Куканское, Хорское). На основе информации банка данных о ежедневной температуре воздуха в течение месяца и температуре за первую декаду того же месяца выявлена статистическая связь с месячными суммами пожароопасных дней n_i

Полученные однопараметрические уравнения (на примере весенних пожароопасных месяцев) имеют вид:

$$\Delta n_{3(IV, V)} = a \cdot \Delta t_{10} + b, \quad (3.13)$$

где $\Delta n_{3(IV, V)}$ – отклонение от нормы суммы пожароопасных дней при КПО=3 на данной территории в апреле (IV) или мае (V); Δt_{10} – аномалия температуры воздуха за первую декаду того же месяца; a и b – коэффициенты уравнения, постоянные для данного авиаотделения и данного месяца.

При оценке эффективности прогностического уравнения (3.13) по индексу ρ (равному 0,31) оказалось, что эта величина ниже, чем при оценке прогноза показателя Δn_3 на основе использования метеопрогноза ΔT_m за весь месяц. Однако месячные прогнозы погоды рассматриваются синоптиками как консультативные.

3.4. Комплекс «Автоматизированная информационная система оценки и прогноза пожарной опасности территории Среднего Приамурья»

Разработанные методы оценки и прогнозирования ПО территории различной заблаговременности реализованы нами в виде комплекса «Автоматизированная информационная система оценки и прогноза пожарной опасности территории Среднего Приамурья».

Для эффективного хранения и обработки данных создан банк метеорологических данных (БМД) на базе сервера БД MySQL, логическая структура которого представлена таблицами, организованными в топологию «звезда» многомерной модели данных. Модель состоит из двух типов таблиц: фактов, содержащих данные о метеостанциях; она также используется для построения запросов, и таблицы измерений, в которых хранятся метеорологические данные пожароопасных сезонов. Таблицы измерений подключаются к таблице фактов на основе уникальных атрибутивных идентификаторов, которые являются тематическими ключами и показывают возможные варианты агрегирования данных. Тематический ключ позволяет включать алгоритмы создания сложных аналитических отчетов с применением агрегирующих функций SQL-запросов к реляционному БМД, например, для осуществления долгосрочных прогнозов на основе усредненных значений метеорологических величин.

Функциональные модули комплекса разработаны в среде программирования Borland Delphi 7. Главная форма системы комплекса содержит управляющие элементы, списки и кнопки, позволяющие выбрать соответствующую метеостанцию и вызвать нижеперечисленные функциональные формы, которые содержат основные модули для обработки метеорологических данных:

1. “Данные”. Содержит основные элементы управления для ввода, вывода и редактирования данных. Для выполнения действий необходимо указать год и месяц, и программа отразит список записей, содержащих сведения об отдельном дне месяца. Каждая запись редактируется с помощью специальных полей ввода;
2. “Прогностические уравнения”. Позволяет строить корреляционные уравнения в различных временных интервалах пожароопасного периода и рассчитывать параметры линейной и параболической корреляционной функции и коэффициенты детерминации, показывающие достоверность этих уравнений.
3. “Расчет метеорологических характеристик”. Производит расчет параметров достоверности прогнозов на основе ранее загруженных параметров

корреляционных уравнений или просчитанных формой “Прогностические уравнения”.

4. “Краткосрочный прогноз”. Позволяет прогнозировать пожарную опасность в течение трех дней на основе фактических и прогнозируемой средней дневной температуры и осадков (например, дождь, сильный дождь, без осадков).
5. “Долгосрочный прогноз”. Производит прогноз погоды на каждый день пожароопасного сезона, основываясь на анализе многолетних фактических данных.

Предлагаемые методики краткосрочного расчетного прогноза, уточняющие долгосрочный прогноз ПО, на основе учета баз метеоданных и прогноза погоды могут быть использованы на территориях с любым количеством метеостанций и требуют от пользователя введения прогнозных и ежедневных данных о дневной температуре воздуха и объему выпавших осадков.

Показатели пожарной опасности территории Среднего Приамурья, рассчитанные по описанной выше методике за каждый день пожароопасного сезона с апреля по октябрь в течение 45 лет, представлены в главе 4 «Кадастр параметров пожарной опасности территории Среднего Приамурья (ежедневные расчетные данные за апрель-октябрь 1960–2004 гг.).

Глава 4. Кадастр параметров пожарной опасности территории Среднего Приамурья (ежедневные расчетные данные, апрель-октябрь 1960–2004 гг.)

4.1. Пояснения к таблицам Кадастра

Для расчета комплексных показателей и классов ПО (см. формулы 3.1–3.3) из 22 метеостанций Хабаровского края и ЕАО, выделены 8, расположенных на территории Среднего Приамурья, которые обеспечивают оперативной информацией южное звено ДВ авиабазы (рис. 1, табл. 1). В качестве основных источников метеорологической информации использовались отчеты авиаотделений ДВ авиабазы за пожароопасные сезоны с 1960 г., а также опубликованные метеоданные по Хабаровскому краю и ЕАО (Метеорологические..., 1960–1996, 1975; Справочник по климату..., 1966а-б, 1970 и др.). Прогнозные данные о температуре и осадках выбирались из web-сайтов (<http://www.meteoinfo.ru>; <http://www.rp5.ru> ; <http://cliware.meteo.ru>).

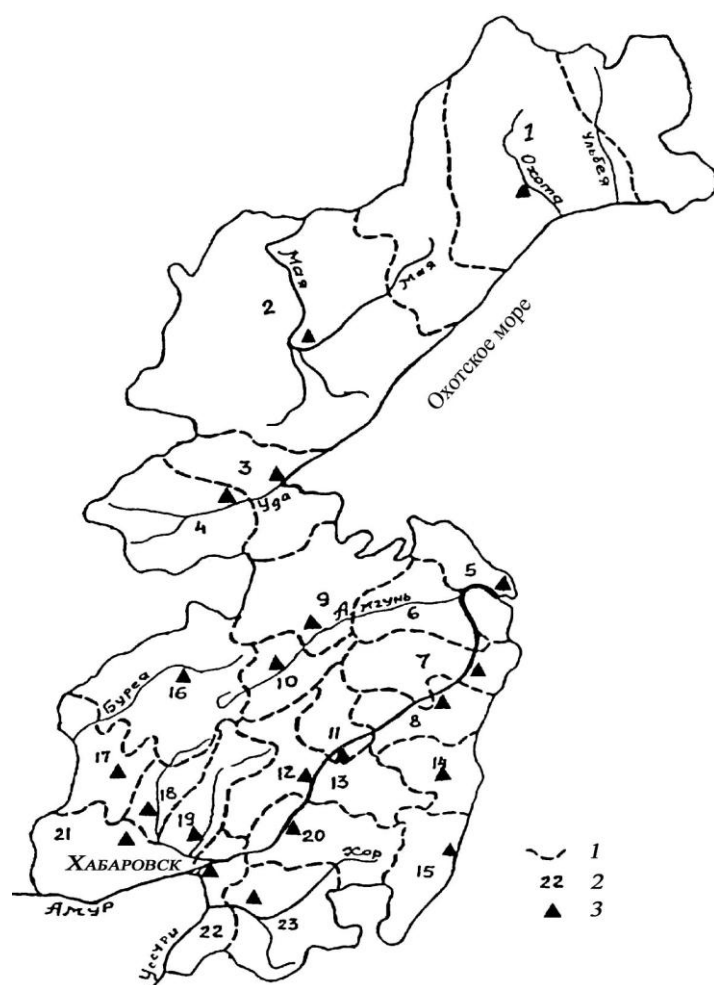


Рис. 1. Территории Хабаровского края
и ЕАО, охраняемые авиаотделениями
ДВ авиабазы,
и схема расположения метеостанций
вблизи мест
базирования

- 1 – границы территории,
охраняемой одним авиаотделением;
- 2 – порядковый номер
авиаотделения;
- 3 – метеостанция

Ниже приведена краткая физико-географическая характеристика окрестностей метеостанций Среднего Приамурья, составленная по данным из отчетов авиаотделений и Климатологическому справочнику (1964). Номера авиаотделений приведены в соответствии с таблицей 4.1 Приложения. Описания окрестностей отражают особенности местных условий охраняемой территории. Они могут оказать существенное влияние на показания метеорологических приборов, по данным которых оценивается текущая пожароопасная обстановка, воссоздается пожарный режим за прошлые годы и рассчитываются прогнозы показателей пожароопасности.

Таблица 4.1. Список авиаотделений ДВ авиабазы
и соответствующих метеостанций в местах их базирования

№ п/п	Авиаотделение (авиазвено) – метеостанция	№ п/п	Авиаотделение (авиазвено) – метеостанция
1.	Охотское (северное) – Арка	13	Комсомольское (центральное) – Комсомольск
2.	Нельканское (северное) – Нелькан	14	Кенадское (центральное) – Тумнин
3.	Чумиканское (северное) – Чумикан	15	Советское (центральное) – Совгавань
4.	Удское (северное) – Удское	16*.	Ургальское (южное) – Средний Ургал
5.	Николаевское (северное) – Николаевск	17*.	Тырменское (южное) – Сугур
6.	Херпучинское (северное) – Херпучи	18*	Куканское (южное) – Кукан
7.	Богородское (северное) – Богородское	19*	Побединское (южное) – Иванковцы
8.	Мариинское (северное) – Мариинское	20*	Троицкое (южное) – Троицкое
9.	Осипенковское (центральное) – им. П. Осипенко	21*	Биробиджанское (южное) – Биробиджан
10.	Дукинское (центральное) – Дуки	22*	Хабаровское (южное) – Хабаровск
11.	Тамбовское (центральное) – Нижняя Тамбовка	23*	Хорское (южное) – Бичевая
12.	Амурское (центральное) – Комсомольск		
Примечание: * – охраняемые территории Среднего Приамурья, для которых рассчитаны параметры мониторинга пожарной опасности			

Авиаотделение «Ургальское», метеостанция «Средний Ургал»

Метеорологическая станция располагается на западных отрогах Буреинского хребта в 2 км к северу от железнодорожной станции Чегдомын. В двух км к северо-западу протекает р. Ургал, а на расстоянии 3 км к северу – р. Чегдамын. Территория входит в зону хвойных лесов. Метеорологическая площадка расположена на вершине холма. С восточной и северной стороны в 20–30 м от метеоплощадки – заросли кустарника высотой 1,5–2,0 м и молодой лес высотой 3–4 м.

Авиаотделение «Тырменское», метеостанция «Сутур»

Метеостанция также располагается на западных отрогах Буреинского хребта в долине р. Сутырь, в 4 км к северу от слияния ее с рекой Тырма. В радиусе 5–10 км отмечается наличие крупных холмов высотой до 400 м. Холмы покрыты сплошным хвойным лесом с преобладанием лиственницы. В долине р. Сутырь шириной 6 км растет кустарник, встречаются отдельные деревья тополя и черемухи Маака. Метеоплощадка, расположенная на левом берегу реки на северном очень пологом склоне холма, окружена зарослями кустарника высотой 1–2 м, а на расстоянии 20–50 м деревья достигают высоты 10 м.

Авиаотделение «Куканское», метеостанция «Кукан»

Метеопост был организован в пос. Чалбух, расположенном в долине, шириной 5-6 км, при слиянии рек Урми и Кукан, к юго-западу от хребта Кукан с характерным крупнохолмистым рельефом. В 130 м к востоку протекает протока Чалбух. Правый склон долины пологий, местами заболочен, левый – крутой. В радиусе до 60 м пост окружают лес и кустарники. Район расположения поста входит в зону смешанных хвойно-широколиственных лесов.

Авиаотделение «Побединское», метеостанция «Иванковцы»

Метеостанция расположена на Средне-Амурской равнине в долине р. Кура. В 3–4 км к юго-востоку от станции проходят отроги хребта Вандан, а в 10–15 км к северо-западу находятся хребты Охчинский и Поликанский. В радиусе 5–10 км от станции наблюдается редколесье с преобладанием березы белой, дуба монгольского и ясеня маньчжурского. Метеорологическая площадка расположена на ровном возвышенном месте. Вблизи площадки к северо-востоку начинаются кустарниковые заросли высотой до 3 м. На расстоянии 100–150 м с южной и западной стороны растет редкий лес. В 20 м к востоку находится моховое болото площадью 1 км², южнее которого – небольшое озеро.

Авиаотделение «Троицкое», метеостанция «Троицкое»

Метеостанция расположена на Средне-Амурской равнине на правом берегу р. Амура. Равнинная местность окружена с востока и юго-востока цепью гор и отдельными небольшими увалами. Левый берег Амура низкий, изрезан заливами и протоками. Растительность вблизи станции состоит из кустарника и тонкомерного редколесья в отличие от склонов горных хребтов, покрытых высокополнотным древостоем дальневосточной тайги.

Авиаотделение «Биробиджанское», метеостанция «Биробиджан»

Метеостанция расположена в слабохолмистой местности Средне-Амурской равнины. Вершины ближайших отдельных увалов, превышающих уровень метеоплощадки на 60–80 м, находятся на расстоянии 1–2 км к востоку. Вершины увалов покрыты редким древостоем, состоящим в основном из дуба монгольского и березы даурской (черной). В 3 км к югу протекает р. Малая Бира, а в 2 км к востоку – р. Ушумун. Метеорологическая площадка расположена на очень пологом северо-западном склоне увала. В 30–50 м с западной и восточной стороны проходят лесные полевые защитные полосы. Высота деревьев достигает 8–10 м.

Авиаотделение «Хабаровское», метеостанция «Хабаровск»

Агрометеорологическая станция «Хабаровск» находится на восточной окраине города. Рельеф окружающей местности – волнистая равнина. Сопки и отдельные невысокие горы находятся в юго-западном и восточном направлении на расстоянии 50 км, а отдельные небольшие возвышенности расположены в 4–5 км к западу и тянутся вдоль Амура. По склонам оврагов, берегам заболоченных речек и ручьев располагается кустарниковая растительность. Метеорологическая площадка расположена среди опытных полей Научно-исследовательского института земледелия и животноводства.

Авиаотделение «Хорское», метеостанция «Бичевая»

Метеостанция расположена в долине р. Хор, правого притока р. Уссури. Окружающая местность в радиусе 5–10 км окаймлена невысокими горными грядами и отдельными сопками, абсолютная высота которых 150–250 м. Район расположения станции входит в зону кедрово-широколиственных лесов. Лес покрывает около 70% всей окрестности. Метеорологическая площадка находится в центре с. Бичевая. Место в радиусе 200–300 м ровное, открытое.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особые условия Приамурья с точки зрения пожароопасности отличают его от других регионов умеренных широт Северного полушария. Из них следует выделить наличие большого объема ГМ (обширные хвойно-широколиственные леса), недостаточное осенне-зимне-весеннее увлажнение и особенности в развитии атмосферных процессов.

Эти особенности способствуют усилению влияния на состояние атмосферы дымового аэрозоля от крупных лесных пожаров. Над районами пожаров в задымленной воздушной массе, где накануне отмечалось возникновение тропосферного гребня, формируется устойчивая область повышенного давления – индивидуальный ЦДА, оказывающий влияние на крупномасштабные изменения свойств западного переноса в интервале времени от 1 до 3 месяцев.

Нарушение баланса тепла и влаги в воздушных слоях под пологом леса способствует более интенсивному иссушению наземных и почвенных ГМ. Особенно это относится к крупномерным лесным ГМ (валежник, порубочные остатки), накопленным в древостоях, нарушенных рубками, а также прошлогодние ГМ рыхлого (опад листвы и хвои, ветошь) и плотного (торф, глубоко пролегающая гумусовая подстилка) состава. Обобщение результатов наблюдений за температурным режимом в наиболее деятельном (по отношению к температурным градиентам) вертикальном лесном пологе высотой 10 м показало, что в этом, по сути, приземном воздушном слое при определенных условиях прослеживается некоторое сходство его с режимом атмосферы Земли в нижних 100 км.

Организация эффективного противопожарного мониторинга на определенной территории возможна при автоматизированной системе расчета и прогноза параметров мониторинга, которая дает возможность более оперативно оценивать текущие и ожидаемые ситуации по показателям пожарной опасности по условиям погоды. Для разработки такой системы для территории российской части Среднего Приамурья необходим анализ существующих систем оценок и прогнозирования подобных опасных ситуаций в нашей стране, а также в США, Канаде, Австралии и других странах, где накоплен большой объем знаний в этой области.

Во всех странах для прогноза ПО территории по метеорологическим условиям наиболее часто используются физико-статистические методы. Они основаны на математическом анализе многолетних рядов исходных данных (преимущественно пошаговой множественной регрессии) и физическом обосновании полученных результатов. Предусматривается расчет будущего состояния процесса с помощью оценки наблюдаемых прошлых и текущих его значений. Следует отметить сравнительно новый, разрабатываемый в конце XX века в разных странах, перспективный метод прогноза с использованием спутниковой информации.

В России современным методом долгосрочного прогноза природных явлений, зависящих от метеорологических условий, является синоптико-статистический, основанный на учете параметров атмосферной циркуляции Северного полушария на разных высотах и температурного режима поверхности Атлантического и Тихого океанов. Применяемая схема краткосрочных (до 3–10 дней) и среднесрочных (до 15 дней) прогнозов явлений предусматривает расчет прогнозируемой величины с использованием ежедневной нормы метеорологических элементов на период заблаговременности прогноза.

Предлагаемые авторами методики краткосрочного прогноза, уточняющие долгосрочный прогноз ПО, на основе базы метеоданных и прогноза погоды могут быть использованы на территориях с любым количеством метеостанций.

В последние десятилетия проявляется неустойчивость некоторых прогностических уравнений, разработанных статистическими методами. В определенной мере это может быть обусловлено изменениями физического состояния среды – глобальным потеплением и антропогенным загрязнением. Поскольку обработка вышеуказанными методами текущей и предшествующей информации, искаженной в какой-то степени изменением климата и антропогенным воздействием, не предусматривает последующего развития процесса, не свойственного многолетним рядам, необходим дальнейший поиск решения задач по оценке устойчивости прогностических уравнений.

Литература

1. Агроклиматические ресурсы Хабаровского края. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 119 с.
2. Адвейчик З. П. Климатические характеристики Сталинского района Еврейской автономной области // Амурский сборник II. Хабаровск: Приам. филиал геогр. о-ва СССР, 1960. 321с.
3. Андреев Ю. А. Влияние антропогенных факторов на возникновение лесных пожаров: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск: ВНИИПОМлесхоз, 1991. – 25 с.
4. Антропов В. Ф. О возможности прогнозирования возникновения лесных пожаров // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. М.: ВНИИ лесоводства и механизации лес. хоз-ва. 1988. С. 174-178.
5. Архангельский В. Л. Влияние Сихотэ-Алиня на синоптические процессы и распределение осадков. Л.: Гидрометеиздат, 1959. 164 с.
6. Арцыбашев Е. С. Лесные пожары и борьба с ними. М.: Лесная промышленность, 1974. 152 с.
7. Арцыбашев Е. С. О стратегии борьбы с лесными пожарами // Совещание–семинар по решению лесопожарных проблем: тез. докл. СПб., 18-20 дек. 2001 г. СПб.: СПбНИИЛХ, 2002. С. 11-15.
8. Афонин С. В., Белов В. В. Эффективность применения спутниковых технологий для оперативного мониторинга лесных пожаров в Томской области // Исследование Земли из космоса. 2002. № 1. С. 42-50.
9. Байкова И. М. Особенности многолетнего изменения коэффициента прозрачности и составляющих солнечной радиации в Сибири и на Дальнем Востоке в 1967-1986 г. // Гидрология и метеорология, 1998. № 1. С. 29-35.
10. Балашов М. Г., Телицын Г. П. Опыт проведения весенних профилактических отжигов в МЛГ // Динамика и состояние лесных ресурсов Дальнего Востока: материалы регион. конф., дек. 2002 г. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2002. С. 128-130.
11. Белов В. В., Афонин С. В. Космический мониторинг лесных пожаров //Седьмое Сибирское совещание по климатозкологическому мониторингу. Мат-лы Росс. конф. Томск, 8-10 октября 2007 г. Томск: Аграф Пресс, 2007. с.334-336
12. Белоцерковская О.А., Ларин И.Ф., Романов В.В. Исследование поверхностного и внутризалежного испарения на верховых болотах // Тр. ГГИ. 1969. Вып. 177. С. 27-32.
13. Берг Л. С. Основы климатологии. – М.: Учпедгиз, 1938. – 266 с.
14. Валендик Э. Н. Борьба с крупными пожарами. – Новосибирск: Наука, 1990. – 191 с.
15. Валендик Э. Н. Стратегия охраны лесов Сибири от пожаров // Лесное хоз-во. 1996. № 2. С. 12-15.
16. Валендик Э. Н., Иванова Г. А. Пожарные режимы в лесах Сибири и Дальнего Востока // Лесоведение. 2001. № 4. С. 69-73.
17. Вангенгейм Г.Я. Метеорологическая обстановка лесных пожаров на севере в 1936-1937 г. // Борьба с лесными пожарами авианаземным методом. М.: ЦИП, 1939. С. 77-120.
18. Васильев П. П., Васильева Е. Л. Система статистической интерпретации выходной продукции гидродинамических моделей для среднесрочного прогноза погоды // 70 лет Гидрометцентру России. М., 1999. С. 118-133.

19. Витвицкий Г. Н. Климат // Дальний Восток. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 320 с.
20. Витвицкий Г. Н. Климат // Южная часть Дальнего Востока. М.: Изд-во АН СССР, 1969. 422 с.
21. Воейков А. И. Климат области муссонов Восточной Азии // Изв. Русского геогр. общ-ва. СПб., 1879. Вып. 5. Т. 15. 134 с.
22. Вонский С. М., Жданко В. Н. Методические указания по оценке степени засушливости пожароопасных сезонов и расчету вероятности их наступления — Л.: ЛенНИИЛХ, 1967. 22 с.
23. Глаголев В. А., Коган Р. М. Использование данных дистанционного зондирования для оценки фактической горимости территории Среднего Приамурья//Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование. Сборник трудов. СПб.: Изд-во Политех. универ-та.2007. Т.11, с.317-318
24. Глаголев В. А., Коган Р. М. Разработка ГИС для создания прогнозных карт пожарной опасности территории Среднего Приамурья//Современные информационные технологии для научных исследований. Мат-лы конф.Магадан.20-24 апреля 2008 г., Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2008.с. 104-105
25. Грек В. С. Пожароопасная напряженность и состояние окружающей среды на юге Хабаровского края // Охрана лесов от пожаров в современных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф. Хабаровск, 27-29 марта 2002 г. / ДальНИИЛХ, 2002. С. 191-194.
26. Гриценко М. В., Гаврилова В. М. Возникновение лесных пожаров в связи с условиями погоды // Лесное хоз-во. 1952. № 4. С. 64-65.
27. Гришин А. М. Физика лесных пожаров — Томск: Изд-во Томского ун-та, 1994. 218 с.
28. Диченков Н.А. Лесные пожары и пути совершенствования планирования охраны лесов: Охрана и защита леса. — М.: ВИНТИ, 1987. — Вып. 1. — 32 с. (Обзор. информ.).
29. Диченков Н.А. О периодичности лесных пожаров // Лесохозяйств. информ. М., 1992. № 4. С. 32-33.
30. Доррер Г. А., Ушаков С. В., Якимов С. В. Экспертная система для оценки пожарной опасности в лесу: методология и принципы разработки // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. / ВНИИПОМлесхоз. Красноярск, 1991. С. 159-172.
31. Доррер Г. А., Якимов С. П. Определение пожарной опасности в лесу методами дистанционного зондирования//Лесной журнал.2000.№3. с.71-75
32. Иванов В. К. Условия возникновения и характер суховеев Западной Сибири // Суховеи, их происхождение и борьба с ними. М.: АН СССР, 1957. С. 35-50.
33. Иванов Л. А. Свет и влага в жизни наших древесных пород. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. — 60 с.
34. Ивашенников Ю. К. Физическая география Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1999. 322 с.
35. Измоденов А. Г. Оптимальная продолжительность освещения прямыми солнечными лучами для лимонника, винограда, актинидии // Лесоведение. 1970. № 4. С. 50-51.
36. Измоденов А. Г., Соколова Г. В., Тетерятникова Е. П. Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока как пожаросдерживающий ресурс // Переход к стратегии устойчивого управления лесами дальневосточного экорегиона в XXI веке: материалы междунар. семинара. 19-21 сент 2000 г. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2000. С. 85-99.

37. Исследование интенсивности грозовой деятельности с применением дискриминантного анализа / В. А. Камышанова, Г. П. Павлова [и др.] // Тр. ГГО. 1982. Вып. 455. С. 26-35.
38. Климатологический справочник СССР. Вып. 2: Хаб. край и Амур. обл. – Хабаровск: Хабаровская ГМО УГМС ДВ, 1964. – 285 с.
39. Коган Р. М., Соколова Г. В. Проблемы пожаров растительности на территории Среднего Приамурья (на примере ЕАО) // Проблемы устойчивого развития регионов в 21 веке: материалы VII междунар. симп., Биробиджан. 11-15 окт. 2004 г. / ИКАРП ДВО РАН. Биробиджан, 2005. С. 25-26.
40. Коган Р. М., Глаголев В. А., Соколова Г. В. Оценка и прогноз пожарной опасности территории Среднего Приамурья // Материалы I междунар. конф. по лесным пожарам Северо-Восточной Азии и III междунар. совещ. регион. сети природных пожаров Северо-Восточной Азии: [докл.]. Хабаровск, 28-30 сент. 2006г./ Тихоокеанский лесной форум, 2006. С. 90-97.
41. Коган Р. М., Соколова Г. В., Глаголев В. А. Разработка методики прогнозирования пожарной опасности растительности по погодным условиям // Материалы VIII науч. совещ. по приклад. географии, Иркутск, окт. 2004 г. / ИГ СО РАН. Иркутск, 2005. С. 27-28.
42. Коган Р. М., Соколова Г. В., Глаголев В. А. Методика автоматизированного прогноза пожарной опасности Приамурья и оценка ее эффективности // Метеорология и гидрология. 2006а. № 12. С. 45-53.
43. Коган Р. М., Соколова Г. В., Глаголев В. А. Разработка метода оценки пожарной опасности территории // Дальневосточная весна – 2006: материалы междунар. науч. конф., Комсомольск-на-Амуре, 27 апр. 2006 г. / КНАГТУ. Комсомольск-на-Амуре, 2006б. С. 217-220.
44. Коган Р.М., Глаголев В.А. Особенности создания банков данных для оценки пожарной опасности территории // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2006 в. Т. 13. Вып. 1. С. 486.
45. Коган Р.М., Глаголев В.А. Разработка информационно–аналитической системы для анализа пожарной опасности территории // Измерения, моделирование и информационные системы для изучения окружающей среды / под ред. Е.П. Гордова. Томск: Томский ЦНТИ, 2006 г. С. 25-27.
46. Кондратьева Л. М. Многофакторность воздействия лесных пожаров на компоненты биосферы // Охрана лесов от пожаров в современных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф. Хабаровск, 27-29 марта 2002 г. / ДальНИИЛХ, 2002. С. 236-241.
47. Кондрашов Л. Г. Повышение роли Северо-Восточной Азии в мире // Северо-восточная Азия: вклад в глобальный лесопожарный цикл. Фрайбург: Центр глобального мониторинга природных пожаров; Хабаровск: Тихоокеанский лесной форум, 2006. С. 68-104.
48. Коробейников В. П., Марченко Н. А., Цициашвили Г. Ш. О принципах составления баз данных для прогноза и расчета крупных лесных пожаров: препринт. – Владивосток: ДВО РАН, 1992. – 15 с.
49. Коровин Г. Н., Зукерт Н. В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России. М.: Теис, 2003. С. 69-98.

50. Коровин Г. Н., Покрывайло В. Д. Основные направления развития системы оценки и прогноза пожарной опасности // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. Л.: ЛенНИИЛХ, 1986. С. 18-31.
51. Костырина Т. В. Прогнозирование пожарной опасности в лесах юга Хабаровского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / ВНИИПОМлесхоз. – Красноярск, 1978. – 23 с.
52. Костырина Т. В. Связь крупных лесных пожаров с синоптическими процессами в атмосфере (на примере Хабаровского края) // География и природные ресурсы. 1981. № 13. С. 47-49.
53. Костырина Т.В. Исследование периодичности сезонов высокой пожарной опасности в связи с числами Вольфа // Лесоведение. 1980. № 5. С. 97-102.
54. Костырина Т.В. Увлажнение и высыхание горючих материалов в различных типах леса // Лесоведение. 1976. № 3. С. 39-41.
55. Курбатский Н. П., Шешуков М. А. О лесных пожарах в Хабаровском крае // Лесное хоз-во. 1978. № 4. С. 73-74.
56. Леншин В. Т., Трусевский И. В. О физико-статистическом прогнозе уровенных характеристик Амура у Хабаровска на летний период // Тр. ДВНИГМИ. 1985. Вып. 120. С. 3-9.
57. Лесная хрестоматия / сост. В. Г. Атрохин, Е. Д. Солодухин. – М.: Лесная промышленность, 1988. – 400 с.
58. Лупян Е. А., Мазуров А.А., Флитман Е. В. и др. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы. Аналит. обзор // ИОА; ГПНТБ СО РАН. Новосибирск. С. 36-41.
59. Матвеев С. М., Чеботарев В. В. Дендроклиматическое исследование сосняков Усманского бора и моделирование пожароопасных сезонов // Изв. вузов. Лесн. журн. 2002. № 2. С. 36-41.
60. Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 25: Хаб. край и Амур. обл. Т. I: Ливневые дожди и суточные количества осадков за 1936-1959 гг. – Л.: Гидрометеорологическое издат., 1962. – 616 с.
61. Метеорологические данные за отдельные годы. Вып. 25: Хаб. край и Амур. обл. Ч. I: Атмосферные осадки. – Хабаровск: УГМС ДВ, 1975. – 573 с.
62. Метеорологические ежемесячники: Вып. 2: Хаб. край и Амур. обл. Ч. 1: Ежедневные данные. – Обнинск: ВНИГМИ-МЦД, апрель-октябрь 1960-1996.
63. Метеорологический словарь / сост. А. Л. Кац, В. А. Гусев, Т. А. Шабунина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Гидрометеороиздат, 1974. – 568 с.
64. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесу по условиям погоды / сост. А. Л. Кац, В. А. Гусев, Т. А. Шабунина. – М.: ГМЦ СССР, 1975. – 17 с.
65. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесу по условиям погоды / сост. А. Л. Кац, В. А. Гусев, Т. А. Шабунина. – М.: ГМЦ СССР, 1975. – 17 с.
66. Мичурина И. А. Климатические условия города Хабаровска // Амурский сборник II. Хабаровск: Приам. филиал геогр. общ-ва СССР, 1960. 321 с.
67. Мишков Ф. Ф., Стародумов А. М. О влиянии пожаров на кустарниковый кедровник с ясенем // Повышение продуктивности лесов Дальнего Востока. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1976. С. 106-109.

68. Нарышкина А. Г. Влияние солнечной активности на климат и периодичность лесных пожаров республики Коми // Тр. МГУЛ. 1997. Вып. 289. С. 97-101.
69. Наставление по службе прогнозов. Разд. 3: Прогнозы режима вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – Ч.1. – 198 с.
70. Нестеров В.Г. Горимость леса и методы ее определения. – Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 76 с.
71. Нестеров В.Г. Пожарная охрана леса. Лесное пожароведение. – М., 1945. – 176 с.
72. Нестеров В.Г., Гриценко М.В., Шабунина Т.А. Использование температуры, точки росы при расчетах показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968. № 9. С. 102-104.
73. Новороцкий П. В. Исследование энерго- и массообмена экосистем Нижнего Приамурья // Исследование водных и экологических проблем Нижнего Приамурья / под ред. Б. А. Воронова и А. Н. Махинова. – Владивосток; Хабаровск: Дальнаука, 1999а. – 200 с.
74. Новороцкий П. В. Распространение муссона над южной частью российского Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 1999б. № 11. С. 40-46.
75. Определение пожарной опасности на лесной территории: Методические рекомендации / сост. Г. П. Телицын. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1989. – 24 с.
76. Определение природной пожарной опасности в лесу: метод. указания / сост. С.Н. Вонский, В.А. Жданко [и др.]. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – 52 с.
77. Охрана лесов от пожаров в Хабаровском крае. – Хабаровск: Управление лесами Хабаровского края, 1998. – 7 с.
78. Петров Е. С., Новороцкий П. В., Леншин В. Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток–Хабаровск: Дальнаука, 2000. 174 с.
79. Погосян Х. П. Общая циркуляция атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 89 с.
80. Покрывайло В. Д., Самусенко И. Ф. О пространственной репрезентативности оценок пожарной опасности в лесу по условиям погоды // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. / ВНИИПОМлесхоз. Красноярск, 1991. С. 98-107.
81. Пономарев Е. И., Сухинин А. И. Методика картирования и среднесрочного прогнозирования пожарной опасности лесов по условиям погоды // География и природные ресурсы. 2002. № 4. С. 112-117.
82. Принципы разработки метеорологических показателей пожарной опасности в лесу: метод. рекомендации / сост. С.М. Вонский, В.А. Жданко. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1978. – 48 с.
83. Природные ресурсы Еврейской автономной области // сост. В. И. Журнист, Р. М. Коган, Т. Е. Кодякова и др. Хабаровск: Хабаровская краев. типогр., 2004. – 111 с.
84. Разработать руководство по прогнозированию лесопожарной обстановки, включая календарь вероятных суточных чисел лесных пожаров: отчет о НИР (заключит.) / ДальНИИЛХ; рук. Г. В. Соколова; исполн. Т. Г. Гончар [и др.]. – Хабаровск, 1996. – 87 с. – № ГР 01.960.010.040. – Инв. № 02.960.006861.
85. Разработка основных принципов долгосрочного прогнозирования напряженных пожароопасных периодов и повышения пожароустойчивости лесов Дальнего Востока: отчет о НИР (заключит.) / ДальНИИЛХ; рук. М. А. Шешуков; исполн. Т. В. Костырина. – Хабаровск, 1985. – 97 с. – № ГР. 81018576.0286. – Инв. № 0017911.

86. Рекомендации по охране лесов от пожаров в районах Дальнего Востока / сост. Г.П. Телицын [и др.]. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1978. – 34 с.
87. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды / Под ред. О.К. Ильинского. Л.: Гидрометеиздат, 1965. Ч. III. Вып. 4. 491 с.
88. Руководство по определению пожарной опасности в лесу по условиям погоды / сост. Г.П. Телицын. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1991. – 16 с.
89. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды. – Хабаровск: ОПП краев. ком. гос. статистики, 1998. – 32 с.
90. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. – Хабаровск: ДальНИИ Дальневост. УГМС, 2000. – 42 с.
91. Сверлова Л. И., Костырина Т. В. Засуха и лесные пожары на Дальнем Востоке – Хабаровск: Кн. изд-во, 1985. – 120 с.
92. Северо-Восточная Азия: вклад в глобальный лесопожарный цикл /под ред. Й.Г. Голдаммер, Л.Г. Кондрашова. – Фрайбург: Центр глобального мониторинга природных пожаров.- Хабаровск: Тихоокеанский лесной форум, 2006. 455 с.
93. Симский А. М. Пожарная опасность погоды для леса. – М.: Минлесхоз СССР, 1952. – 14 с.
94. Скребушевский Б. С., Аксенов А. Ю. Космическая экология: раннее обнаружение лесных пожаров (с высокоорбитальных космических аппаратов) // Инженерная экология. 2001, № 3. С. 11-19
95. Соколов И. Ф. К вопросу о метеорологическом критерии суховея муссонного климата // Метеорология и гидрология. 1954. № 1. С. 81-83.
96. Соколова Г. В. Метеорологические факторы в прогностических схемах пожарной опасности в лесах юга Хабаровского края // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. / ВНИИПОМлесхоз. Красноярск, 1991. С. 86-89.
97. Соколова Г. В. Реализация солнечной энергии под пологом леса и уровень пожарной опасности // Северо-восточная Азия: вклад в глобальный лесопожарный цикл. – Фрайбург: Центр глобального мониторинга природных пожаров; Хабаровск: Тихоокеанский лесной форум, 2006. С. 136-163.
98. Соколова Г. В. Тетерятникова Е. П. Проблемы долгосрочного прогнозирования пожарной опасности в лесах Хабаровского края и Еврейской автономной области по метеорологическим условиям. Хабаровск: ДВО РАН, 2008. 151 с.
99. Софронов М. А. Система пирологических характеристик и оценок как основа управления пожарами в бореальных лесах: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Красноярск: ВНИИПОМлесхоз, 1998. – 60 с.
100. Софронов М. А., Волокитина А. В. Пирологическое районирование в таежной зоне. – Новосибирск: Наука, 1990. – 210 с.
101. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / сост. В. Н. Корякин. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1990. – 526 с.
102. Справочник по климату СССР. Вып. 25. Амур. обл., ЕАО и Хаб. край. – Ч.2. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 312 с.
103. Справочник по климату СССР. Метеорологические данные за отдельные годы: Вып. 25. Амур. обл., ЕАО и Хаб. край. – Ч. 3: Температура воздуха. – Хабаровск: УГМС ДВ, 1970. – 492 с.

104. Столярчук Л. В. Атмосферная неустойчивость и опасность возникновения лесных пожаров // Лесные пожары и борьба с ними. Л.: ЛенНИИЛХ, 1986. С. 12-18.
105. Судакова Г. П., Савинова Н. В. Прогнозирование пожароопасности лесов в Иркутской области // География и природные ресурсы. 1990. № 3. С. 150-152.
106. Сухинин А. И., Пономарев Е. И. Картирование и краткосрочное прогнозирование пожарной опасности в лесах Восточной Сибири по спутниковым данным // Сибир. экол. журн. 2003. № 6. С. 669-675.
107. Тезисы докладов участников совещания-семинара по решению лесопожарных проблем / под ред. Е. С. Арцыбашева. СПб., 18-20 дек. 2001 г. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2002. – 79 с.
108. Телицын Г. П. Влияние посещаемости лесов на частоту лесных пожаров // Тр. ДальНИИЛХ. 1983. Вып. 25. С. 111-118.
109. Телицын Г. П. Лесные пожары, их предупреждение и тушение в Хабаровском крае. – Хабаровск: Кн. изд-во, 1988. – 96 с.
110. Телицын Г. П. Определение ожидаемых сезонных и суточных чисел лесных пожаров в районах Дальнего Востока // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. / ВНИИПОМлесхоз. Красноярск, 1991а. С. 24-34.
111. Телицын Г. П. Совершенствование концепции охраны лесов от пожаров на Дальнем Востоке // Тр. ДальНИИЛХ. 1991б. Вып. 33. С. 27-31.
112. Теплофизика лесных пожаров: сб. науч. тр. / под ред. В. Е. Накорякова. Новосибирск: Ин-т теплофизики, 1984. 130 с.
113. Тер-Микаэлян М. Т., Фурьев В. В. Моделирование влияния климата на пространственную динамику бореальных лесов // Северные леса: состояние, динамика, антропогенное воздействие: материалы междунар. симп. Архангельск, 1990. Ч. 4. С. 80-89.
114. Тетерятникова Е. П. Проблемы долгосрочных гидрологических прогнозов в бассейне р. Амур на основе учета аэросиноптических материалов. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 104 с.
115. Тетерятникова Е. П., Ефремова Н. Ф. Особенности атмосферных процессов и гидрометеорологических условий в 60-80 годах // Материалы науч. конф. по проблемам водных ресурсов Дальневост. экон. р-на и Забайкалья. Владивосток, 1988 г. М., 1991. С. 206-217.
116. Тростников М. В. Влажные и засушливые летние сезоны в Приамурье и солнечная активность // Климат и воды. Вопросы географии Дальнего Востока. Хабаровск: ДВ УГМС, 1967. № 8. – С. 3-22.
117. Управление пожарами в биологически особо ценных лесах Амуро-Сихотэ-Алинского экорегиона: научно-техническое обоснование проекта (Рукопись) / Под ред. А. С. Шейнгауза. – Хабаровск: ЖАСО-Амур; Управление лесами Хабаровского края, 2005. – 130 с.
118. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам / сост. Н. Ф. Бефани, Г. П. Калинин. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 440 с.
119. Франк В. В. Лесные пожары и состояние атмосферы // Возникновение лесных пожаров. М.: Наука, 1964. С. 83-102.
120. Фурьев В. В., Цыкалов А. Г. Прогнозирование нарушенности лесов и вероятных потерь лесных ресурсов под воздействием пожаров в стратегии устойчивого управления лесами // Переход к стратегии устойчивого управления лесами Дальневосточного экорегиона в 21 веке: материалы междунар. семинара. 19-21 сент. 2000 г. Хабаровск: ИЭИ ДВО РАН, 2000. С. 112-115.

121. Характеристики атмосферного аэрозоля в аномальном осеннем сезоне 2005 г. в Подмоскowie / сост. Н. О. Плауде, Е. А. Стулов, Н. А. Монахова [и др.] // Метеорология и гидрология. 2003. № 3. С. 25-32.
122. Хромов С. П. Муссоны в общей циркуляции атмосферы // А. И. Воейков и современные проблемы климатологии. Л.: Гидрометеиздат, 1956. С. 84-108.
123. Чеботарев В. В. Динамика горимости лесов Воронежской области и ее зависимости от погодных условий // Лес и молодежь ВГЛТА: материалы юбилейн. науч. конф. молодых ученых. Воронеж: ВГЛТА, 2000. Т. 1. С. 141-144.
124. Шешуков М. А., Коломыцев В. М. Лесные пожары в Хабаровском крае: как противостоять стихийному бедствию // Лесное хоз-во. М., 1999. №3. С. 5-7.
125. Шешуков М.А. Биоэкологический и зональногеографические основы охраны лесов от пожаров на Дальнем Востоке: автореф. дис. ... д. с.-х. наук. – Красноярск: Институт леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР, 1988. – 46 с.
126. Шешуков М.А. Виды, интенсивность пожаров и определяющие их факторы // Лесное хоз-во. М., 1977. № 5. С. 68-72.
127. Шешуков М.А., Бруслова Е.В. История лесных пожаров, пожарные режимы на Дальнем Востоке // Северо-Восточная Азия: вклад в глобальный лесопожарный цикл. – Фрайбург: Центр глобального мониторинга природных пожаров; Хабаровск: Тихоокеанский лесной форум, 2006. С. 105-135.
128. Шешуков М.А., Савченко А.П. Лесные пожары и борьба с ними на севере Дальнего Востока. – Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1992. – 95 с.
129. Щетинский Е.А. Охрана лесов от пожаров. – М., 1998. – 166 с.
130. Янишевский Ю.Д. Актинометрические приборы и методы наблюдений. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1957. – С. 415.
131. Application of Markov technique to the operation, short-term forecasting of rainfall / Q. D. Hess, L. M. Leslie, A. E. Guymer, K. Freadrich // Austral. Meteorol. Mag. 1982. Vol. 37, No. 2. P. 83-91.
132. Balling R. C., Meyer G. A., Wells S. G. Relation of surface climate and burned area in Yellowstone National Park // Agr. and Forest Meteorolog. 1992b. Vol. 60, No. 3-4. P. 285-293.
133. Beer T. Bushfire-control decision support systems // Environ. Int. 1991. Vol. 17, No. 2-3. P. 101-110.
134. Biennial Conference of the Simulation Society of Australia: Marth. and Comput. Model., 28-29 sept. 1989. Canberra. 1990. Vol. 13, No 12. – 393 p.
135. Brotak E. A., Reifsnyder W. E. Prediction mayor and fire occurrence // Fire management notes. 1977. Vol. 38, No. 2. P. 5-8.
136. Chai R., Diao S., Zhou C. Study on forest fire document data-base // Dogbli linnye daxue xuebao = J. North-East Forest. Univ. 1995. Vol. 23, No. 6. P. 117-121.
137. Clark J. S. Effect of climate change on fire regimes in northwestern Minnesota // Nature. 1988. Vol. 334, No. 6179. P. 233-235.
138. Clark J. S. Effects of long-term water balances on fire regime, North-Western Minnesota // J. Ecol. 1989. Vol. 77, No. 4. P. 989-1004
139. Deeming I. E., Lancaster G. W., Forsberg M. A. The National Fire – Danger Rating System. – N. Y.; London; Toronto; USDA: Forest Service, 1972. – 165 p.
140. Ding W. The study of forecast method of forest frequency // J. Nangind Forest Univ. 1992. Vol. 16, No. 1. P. 66-70. (Кит., рез. англ.).
141. Division of forest fuel type areas of Heilongji and Province by using GIS / Y-l. Shan, H-q.Hu, B-d. Liu, X-f. Li // J. Forest. Res. 2000. Vol. 1, No. 13. P. 61-66.

142. DPR Korea: State of the Environment 2003. United Nations Environment Programmer. Regional Resource Centre for Asia and Pacific. 2003. Thailand. 121 p.
143. Drouet J-C., Sol B. Incendies ade forest mise an point dlun indice numetigue de risques // Rev. gen. secure. 1990. No. 92. P. 60-66.
144. Finney M. A. Fire growth using minimum travel time methods // Can. J. Forest Res. 2002. Vol. 32, No. 8. P. 1420-1424.
145. Flannigan M. D., Wagner C. E. V. Climate change and wildlife in Canada // Can. J. Forest Res. 1991. Vol. 21, No. 1. P. 66-72.
146. Forest Fire management and direction system on microcomputers / Q. Jiading, R. Ye, H. Zheng, F. Zhu, E. Ju // Dongbei linye daxue xuebao = J. North-East Forest : Univ. 1992. Vol. 20, No. 3. P.117.
147. Foreza D. Regime degli incendi boschivi per mesi e loro pericolosit in Italia nel 1982-1991 // Cellul. e carta. 1992. Vol. 43, No. 5. P. 69-79.
148. Goldammer J. G. Global Forest Resources Assessment 2005 – Thematic report on forest fire in the Central Asian Region and adjacent countries. FAO Fire Management Working Paper 16. 2006. 45 p.
149. Huang J., Minnis P. [et al.]. Possible influences of Asian dust aerosols on cloud properties and radiative forcing observed from MODIS and CERES // Geophys. Res. Lett. 2006. Vol. 33. No 6. P. L06824/1-L06824/4.
150. Johnson E. A., Larsen C. P. Climatically induced change in fire frequency in the Southern Canadian Rockies // Ecology. 1991. Vol. 72, No. 1. P. 194-201.
151. Kadonaga L. Smoky futures, blurred visions: fire, boreal forests, and global warming forecasts // AWRA 28-th Annu. Conf. and Symp. Manag. Water Resour. During Glib. Change, Nev., No. 1-5. 1992. Bethesda (Md), 1993. P. 517-525.
152. Kobler A. Prostorski model požame ogroženosti gozdov // Zb. gozd. in les. 2001. Vol. 66. P. 65-93. (Словен., рез. англ.).
153. Lopes S. S., Gonzalez A. F., Cuevas J. M. Aplication de last imagines digitalis precedents de loss satellites meteorological circumples en la detection del risco de indentions fore tales // Ecology. 1991. No. 5. P. 3-12.
154. Lourenca L. Topos de tempo correspondetes aos grandees incendios forestais ocorridos em 1986 no centro de Portugal // Finisherra. 1990. Vol. 23, No. 46. P. 251-270. (Португ.,рез. англ.).
155. Love G., Downey A. The prediction of central Australia // Austral. Meteorol. Mag. 1986. Vol. 34, No. 3. P. 93-101.
156. Meihe Y., Yangyi G., Mingsheng E. Development and application of the potential compartment forest-fire danger grade map // Sic. Silv. Sin. 1993. Vol. 28, No. 6. P.532-537.
157. Nobre C. A., Mollon L. C. B. The climatology of droughts and dviught prediction // Impact Clim. Var. Agr. – Dordrecut. 1998. Vol. 2. P. 305-323.
158. Parckham D. R. Physics and bushfire protection // Vic. Resour. 1977. Vol. 19, No. 3. P.5-7.
159. Ren M., Qian V. // Qixang = Meteorol. Mon. 1996. Vol. 22, No. 6. P. 46-48.
160. Roux D., Sol B. La prevision meteo, una alliee contra les incendies // Recherch. 1991. Vol. 22, No. 234. P. 898-900.
161. Rove J. C., Scatter G. W. Fire in the horeal forest // Guatern. Res. 1973. Vol. 3, No. 3. P. 444-464.
162. Sedjo R. A. Climate, forests and fire: a North American perspective // Environ. Int. 1991. Vol. 17, No. 2-3. P.163-168.

163. Tamura H., Inagaki M., Amanita K. A method to obtain automatically distal height data at mountain district // Rept. Fire Res. 1990. No. 69. P. 19-25.
164. Using forest fire hazard modelling in multiple use forest management planning / W. A. Thompson, I. Vertinsky, H. Schreier, B. A. Blackwell // Forest Ecol. and Manag. 2000. Vol. 134, No. 1-3. P. 163-176.
165. Warren J. R. Very portable remote automatic weather station // Fire Management Notes. 1987. Vol. 47, No. 4. P. 5-7.
166. Wein Ross W. Frequency and characteristics of Artic Tundra fires // Artic. 1976. Vol. 29, No. 4. P. 213-222.
167. Xianmin. Economic optimum decision of forest fire risk forecasting and benefit // Gixang. Meteorol. Mon. 1988. Vol. 14, No. 5. P. 23-26.
168. Yan Hua-sheng, Yang Su-yu, Yan Xiao-dong. Influence of changing of winter atmosphere circulation on the summer rainfall distribution in China // Departament of Atmospheric Science, Yunnan University, China. Yunnan daxue xuebao. Ziran kexue ban = J. Yunnan Univ. Natur. Sci. 2004. Vol. 26, No 6. P. 497-503.
169. Zhejiang linxueyuan xuebao / T-s.Li [et al.] // J. Zhejiang Forest. Coll. 2002. Vol. 19, No. 3. P. 273-276.
170. <http://www.meteoinfo.ru>
171. <http://www.rp5.ru/>
172. <http://cliware.meteo.ru>

Научное издание

**ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ
ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ:
ОЦЕНКА, ПРОГНОЗ, ПАРАМЕТРЫ МОНИТОРИНГА**

**Соколова Галина Вадимовна
Коган Рита Моисеевна
Глаголев Владимир Александрович**

Монография

Редактор
Оригинал-макет Матвейчикова Галина Вадимовна
Дизайн обложки, оформление рисунков

Лицензия
Подписано к печати Формат А4
Печать офсетная. Усл. Печ. Л.
Тираж 200 экз. Заказ №

Издательство «Дальнаука»
690041 Владивосток, ул. Радио 7

Отпечатано в офсетно-ротационном цехе ИВЭП ДВО РАН
680000 Хабаровск, ул. Ким-Ю-Чена, 65