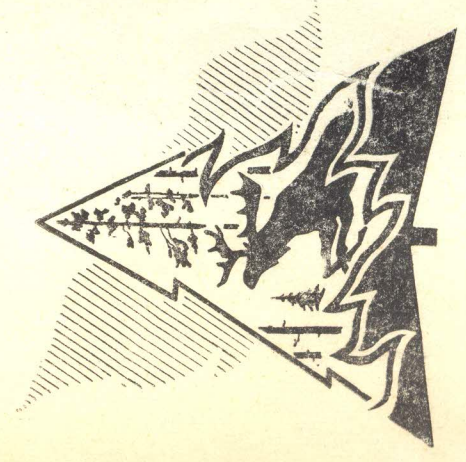


65043
Г 68

НАУЧНЫЙ СОВЕТ АН ССР ПО ПРОБЛЕМАМ ЛЕСА
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ ГОСЛЕСХОЗА ССР
НАУЧНЫЙ СОВЕТ КРАСНОЯРСКОГО КРАЕВОГО КОМИТЕТА КПСС
ИНСТИТУТА ЛЕСА И ДРЕВЕСИНЫ ИМ. В. Н. СУКАЧЕВА СО АН ССР

ГОРЕНИЕ И ПОЖАРЫ В ЛЕСУ

тезисы докладов
на Первом всесоюзном совещании



Красноярск, 1978 г.

0-10

Научный совет АН СССР по проблемам леса
Научно-технический совет Гослесхоза СССР
Научный совет Красноярского крайкома КПСС
Институт леса и древесины СО АН СССР

ГОРЕНИЕ И ПОЖАРЫ В ЛЕСУ

Тезисы докладов и сообщений

Первого всесоюзного научно-технического совещания
22-24 ноября 1978 года

Красноярск, 1978 г.

Предисловие

Интенсивное хозяйственное освоение новых лесных районов Сибири и Дальнего Востока, рост плотности населения, возрастание рекреационного значения лесов, развитие дорожной сети и увлечение спортивных средств в распоряжении населения способствуют обострению проблемы лесных пожаров. Последний фактор действует как в нашей стране, так и за рубежом. В годы, обычные по ходу погоды, местные органы лесного хозяйства достаточно успешно справляются с задачей предупреждения пожаров и быстрой их ликвидации. В годы же с сильной засухой и ветрами лесные пожары становятся стихийным бедствием и носят значительный ущерб народному хозяйству страны. В 1972 году в центральных областях РСФСР леса были повреждены пожарами до полного отмирания на площади, составляющей от 5 до 15 % лесопокрытой части лесного фонда. Пострадали преимущественно молодые хвойные леса. В течение десятилетия большие потери от пожаров возникли в Бурятской АССР, в Хабаровском и Приморском краях, в Читинской области и в северных районах Урала. Наша отечественная и мировая практика еще не располагает достаточно мощными техническими средствами для борьбы с лесными пожарами, когда они охватывают значительную площадь. Проблема лесных пожаров в настоящее время вышла за рамки интересов лесного хозяйства. Ее можно считать важной природоохранительной проблемой глобального масштаба.

Научный совет АН СССР по проблемам леса с момента его организации уделяет большое внимание проблеме лесных пожаров. В составе совета была выделена секция лесной пирологии, в которую вошли наиболее активные научные работники в области охраны лесов от пожаров. Придавая особое значение исследованиям природы лесных пожаров, физики и химии горения в лесу, совет ежегодно проводил в Институте леса и древесины СО АН СССР научные координационные совещания по этим вопросам. По инициативе совета и разработке проблемы были привлечены некоторые институты АН СССР, и в частности институты Сибирского отделения. Совет принял активное участие в подготовке материалов для Верховного Совета СССР по вопросам лесного законодательства и охраны лесов.

В 1977 году Верховный Совет СССР в "Основных законах законодательства СССР и Советских республик", а также в особом постановлении "Об охране и рациональном использовании лесных ресурсов" предусматривает развитие научных исследований по проблеме лесных пожаров. По распоряжению Совета Министров СССР АН СССР, ГИИТ и Гослесхоз СССР расширили разработку соответствующей тематики. В АН СССР разработкой некоторых

Подготовленные материалы представляют собой тезисы докладов и сообщений, которые будут прочитаны на Первом всеобщем научно-техническом совещании по вопросам физики и химии горения в лесу, математическому моделированию пожаров, по общим вопросам лесопожарной профилактики и тушения лесных пожаров, а также исследованиям последствий пожаров. Вместе с тем в тезисах имеются предложения и рекомендации публикуемые заранее, которые могут быть использованы в исследованиях природы лесных пожаров и в широкой практике охраны лесов.

Ответственный редактор д.с.-х. наук, профессор
И.П. Курбатовский

Редактор раздела "Горение и математическое моделирование лесных пожаров" канд. ф.-м. наук
А.И. Сухинин

16000

вопросов проблемы начали заниматься Институт химической физики, Институт радио-электроники, Институт оптики атмосферы. Вопросам охраны лесов от пожаров уделяет внимание ВНИИПО МВА СССР. Научный совет ГИИТ по тепле- и массообмену в технологических процессах сформировал комиссию по математическому моделированию лесных пожаров и тем самым привлек к разработке проблемы специалистов ряда отраслевых НИИ и вузов. Научный совет АН СССР по проблеме "теоретические основы горения", возглавляемый академиком Я.Б.Зельдовичем, взял на себя координацию исследований по проблеме. Советом составлен список учреждений, участвующих в разработке проблемы, который разослан заинтересованным организациям.

В сложившейся ситуации Научный совет АН СССР по проблеме леса призвал целесообразным провести совместно с Институтом леса и дровесины всесоюзное совещание участников разработки проблемы с целью обмена мнениями достигнутого, координации и определения наиболее перспективных направлений дальнейших исследований. Гослесхоз СССР и Красноярский краевой комитет КПСС поддержали инициативу совета и приняли участие в организации совещания.

Проблема лесных пожаров типично комплексная. Объект горения биологический со специфической биологической структурой, оказывающей влияние на него определяющее влияние. Сам процесс горения объединяет теплоту и массообмен, причем, как теперь установлено, он определяется теплотомассовым балансом и диффузией кислорода в сферу горения, взаимодетством с атмосферой. Естественно, что проблема может быть успешно решена лишь при сотрудничестве лесоводов - биологов с химиками, - специалистами в области пиролиза органических веществ, с физиками горель-гми, что оно привлечет внимание широкого круга ученых и лесных специалистов, со специалистами в области физики атмосферы и метеорологии и лесоводов к этой важной народнохозяйственной и природоохранительной проблеме.

В решении проблемы, больше чем в других областях науки и техники имеет значение предвидение хода процессов, прогнозирование их разливности экстраполяции во времени на вероятностном моделировании с помощью ЭВМ мы уделяем особое внимание. Математики вычислители также могут и должны принять активное участие в разработке проблемы. Перспективы использования искусственных спутников Земли и уже начатые исследования в этом направлении требуют привлечения специалистов в области радиоэлектроники.

Проблема лесных пожаров имеет важный социально-экономический аспект, а в прикладной части исключительно широкий круг научных связей с самыми различными отраслями знания: по всем видам связи и транспорта, землеробной и почвообработавшей техники, гидравлики опти-

и телевидения. При ликвидации крупных лесных пожаров используется самая разнообразная техника, а для жизнеобеспечения лесных пожарных - все службы бгта и даже медицинские работники. Настоятько сложна проблема лесных пожаров.

Представители почти всех перечисленных специальностей представлены на предстоящем совещании. Весьма желательна была бы обсудить все доклады и сообщения в полном составе. К сожалению обилие заявленных интересных выступлений вынудило Оргкомитет пойти по пути сезонного обсуждения вопросов. Соответственно поступившим тезисам об-суждение наиболее общих вопросов намечено провести на пленарных заседаниях, а остальные в трех секциях: горения и математического моделирования; предупреждения и тушения пожаров; последствий пожаров. Эти три крупные темы практически почти полностью охватывают содержа-ние лесной пирологии.

Нет особой необходимости мотивировать выбор места для совещания. Леса Красноярского края составляют 20 % лесного фонда СССР. В Красноярске находятся академический и два крупных отраслевых научно-ис-следовательских института лесного профиля. Здесь представлены все звенья специального лесного образования, начиная от лесной школы и института до высшего образования, повышения квалификации специалистов лесного хозяй-ства, а также и лесной промышленности. Можно полагать, что совещание участников определит наиболее эффективные пути ее решения, дать ма-териал для разработки очередного оминаднатого пятилетнего плана развития народного хозяйства в части исследований по лесной пиро-логии, что оно привлечет внимание широкого круга ученых и лесных специали-стов к этой важной народнохозяйственной и природоохранительной проблеме.

Академик А.Б.Луков

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Белашиха

Решением партии и правительства о мерах по повышению пожарной безопасности в населенных пунктах и на объектах народного хозяйства намечен целый комплекс государственных мер борьбы с огнем с учетом требований сегодняшнего дня и перспектив развития нашей экономики. Важная роль в выполнении этого постановления отводится науке.

Для того, чтобы правильно решать прикладные задачи по противопожарной защите объектов народного хозяйства с учетом современных достижений науки и техники, необходимо прежде всего глубоко исследовать процессы, связанные с возникновением и развитием пожаров как на отдельных технологических установках, участках, так и в целом на объектах. Без правильного представления о процессах горения различных веществ и материалов невозможно разработать методы, способы и средства тушения. Причем следует иметь в виду, что современные методы и способы тушения пожаров и обеспечения пожарной безопасности объектов и сооружений требуют детального изучения процессов горения в различных стадиях, условиях и на различных объектах.

Все исследования и разработки, направленные на создание комплекса инженерных решений, обеспечивающих пожарную защиту зданий и сооружений различного назначения, характеризуются следующим образом: 1) категоричное значение производств, зданий и сооружений по степени их пожарной опасности; 2) выбор определенной системы обнаружения загораний и оповещения о пожаре; 3) выбор средств и способов тушения возникшего загорания и пожара; 4) определение роли передвижных пожарных подразделений, в их численности и дислокации; 5) выбор первичных средств пожаротушения, средств защиты людей.

В последние годы развитие исследований обеспечения пожарной безопасности объектов народного хозяйства идет в направлении оптимальных систем предотвращения пожаров и пожарной защиты. При этом возникают новые, повышенные требования к точности исходных данных для проектирования этих систем.

Все большее место в настоящее время занимает разработка расчетных методов нахождения показателей пожарной опасности.

Работы по обеспечению пожарной безопасности реализуются в государственных стандартах на методы измерения температур вспышки, воспламе-

ния, самовоспламенения, температурных и концентрационных пределов воспламенения.

Во ВНИИПО завершена подготовка обобщенного стандарта методов определения показателей пожаро-взрывоопасности нефтепродуктов и химических органических продуктов.

Исследования в области расчетных методов привели к созданию надежных способов предсказания группы горючести, потенциала горючести, концентрационных и температурных пределов воспламенения, температур вспышки, воспламенения и самовоспламенения, минимального взрывоопасного содержания кислорода, флегматизирующих концентраций, максимального давления взрыва, огнетушащих концентраций средств объемного тушения, скорости выгорания.

Очередной этап развития исследований в области пожарной профилактики завершен подготовкой одного из основополагающих ГОСТов системы стандартов безопасности труда - "Пожарная безопасность. Общие требования". Использование основных положений указанного стандарта позволит при минимальных затратах материальных ресурсов надежно защитить от огня важнейшие объекты народного хозяйства.

К числу фундаментальных исследований, позволяющих понять физику процесса горения веществ в условиях пожара, разобратся в механизме воздействия различных средств тушения на пламя, безусловно относятся исследования явлениями воспламенения, температуры воспламенения, концентрации пределов, нормальной скорости распространения пламени и др. При пожаре мы всегда имеем дело с процессами диффузионного горения, причем с наиболее сложной его формой - турбулентной диффузией, когда образование смеси паров топлива с воздухом, способной к воспламенению, осуществляется с помощью турбулентного перемешивания.

Для диффузионного горения основным параметром, определяющим процесс, является не константа химической реакции и не скорость этой реакции во фронте пламени, а значительно более медленное явление - диффузия кислорода воздуха в зону горения и подготовка воспламеняющейся смеси во фронте пламени.

Систематическое изучение этих процессов было начато ВНИИПО совместно с энергетическим институтом. Достаточно подробно был исследован процесс горения жидкостей (главным образом, нефти и нефтепродуктов) со свободной поверхности.

Было установлено, что в зависимости от диаметра сосуда или площади поверхности сгорающей жидкости меняется структура и относительная высота диффузионного пламени и одновременно с этим меняется скорость выгорания жидкости, распределение температуры в ее толще, температурный и

лучше средств тушения пожаров: вода, пена, инертные газы, огнетушители составы на основе фреонов (хладонов), огнетушащие порошки.

Статистика последних лет показывает, что в течение года в СССР 88% пожаров потушено водой, около 12% пеной и около 0,01% газowymi средствами и порошками.

Таким образом, вода является основным средством тушения большинства пожаров не только потому, что она почти везде имеется, легко доступна и дешева, но и потому, что она обладает очень высокой огнетушащей эффективностью, которая не всегда рационально используется.

ВНИИО с момента своей организации занимается исследованием огнетушащих свойств воды и разработкой методов и аппаратуры для ее эффективного использования при тушении различных пожаров. Было показано, что, выбирая оптимальную дисперсность и способ подачи распыленных в струй, можно потушить пламя любого твердого, жидкого или газообразного вещества, искрящая щелочные металлы и вещества, вступающие в химическую реакцию с водой с выделением тепла.

Установлено, что незначительные добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ) к воде повышают ее огнетушащую эффективность примерно в 2 раза.

Завершается разработка рекомендаций по применению так называемой «скользящей воды» в специализированных установках пожаротушения. Ведется поиск других путей повышения огнетушащей эффективности воды.

В настоящее время идет непрерывное совершенствование пенных средств тушения пожаров. Разработаны наиболее удачные конструкции пеногенератора типа ГЭП, для получения пены средней кратности. Доказано, что наибольшей огнетушащей эффективностью обладает пена кратностью 80-150; определены критические и нормативные интенсивности подачи пены для тушения пожаров различных нефтепродуктов; разработаны подробные практические рекомендации по тушению пожаров нефтепродуктов пенами.

Продолжается исследование механизма тушения пожаров жидкостями пенами позволили разработать экспресс-метод для определения интенсивности подачи пены при тушении пламени новых горючих жидкостей.

Исследования, проведенные в 1973-1976 гг. показали, что пена кратностью 100-300, пенами которой заполнены хладоны или двуокись углерода (СО₂), примерно в 10 раз эффективнее обычной пены.

К настоящему времени решены основные принципиальные вопросы получения и применения хладоновых и углекислотных пен. В ближайшее время необходимо фертировать опытно-конструкторские работы и довести материалу до промышленных образцов. Одновременно необходимо разработать рекомендации по применению водно-газовых пен для тушения различных по-

лучательная способность пламени.

Было показано, что при горении жидкостей со свободной поверхности в зависимости от площади последней существуют 3 характерных режима горения: ламинарный, переходный и турбулентный.

Дальнейшее исследование пожаров горючих жидкостей следует развивать по пути накопления экспериментальных данных по особенностям горения большого количества новых жидкостей.

Предварительные и пока разрозненные экспериментальные данные о горении жидкостей на больших площадях (более 1000 м²) показывают, что процесс горения имеет некоторые особенности, не укладывающиеся в сложившиеся представления. Например, оказывается, что средняя высота светящейся части пламени уже слабо зависит от площади горения и не соответствует ранее установленному соотношению.

Кроме того, при определенных атмосферных условиях возможно образование огненных вихрей. Эти и другие вопросы указывают на необходимость более тщательных исследований процесса горения жидкостей и других материалов на больших площадях.

Особое внимание должно быть обращено на проведение экспериментальных работ, в частности на применение измерительной аппаратуры. Дело в том, что на крупных пожарах возникают трудности в применении традиционной аппаратуры, так как измерение интересующих величин ведется в недоступных точках и средах.

На наш взгляд, при проведении подобных экспериментальных работ соответствующее место должны занять лазерные методы измерения. В этом направлении ВНИИО совместно с Институтом оптики атмосферы СО АН СССР сделаны первые шаги.

Первые эксперименты, проведенные в 1977 г., дали положительные результаты.

В последнее десятилетие проводилась значительная работа по исследованию процессов горения, главным образом древесины и нефтепродуктов в зданиях промышленного назначения. Экспериментальные работы проводились на моделях зданий с контрольными опытами в натуре.

В результате был получен ряд эмпирических зависимостей, имеющих практическое значение и позволяющих: 1) оценить развитие температуры в здании при пожаре в помещении; 2) определить скорость ингибирования древесины и равноценных ей материалов, а также горючих жидкостей в зависимости от особенностей здания и условий горения; 3) предсказать характер задымления помещения.

Активное тушение пламени является одним из главных методов борьбы с пожарами. В настоящее время наиболее распространение получили сле-

жаров.

Накопленный экспериментальный и теоретический материал позволяет приступить к разработке новых рецептур и промышленному освоению эффективных пенообразователей. Это относится к пенообразователям ПО СМУ "легкая вода".

На повестке дня стоят вопросы, связанные с синтезированием пленкообразующих ПАВ и ПАВ с заранее заданными пенообразующими свойствами.

Изучение кинетики горения и распространения пламени, механизма воздействия ингибиторов на него позволили установить основные черты механизма ингибирования пламени галогидроуглеводородами.

Проведенные исследования позволили предложить новые более эффективные составы: 1) комбинированные азотно-хлорные и углекислотно-хлорные; 2) комбинированные составы: хлорид I14B2 + хлорид I3B1, обеспечивающий создание высокоэффективных аэрозольных огнетушителей;

3) хлорид I14B2 + диэтилферроцен, обладающий эффектом синергизма.

Опыт показывает, что принятая огнетушащая концентрация (ОК), равная 1,9% об. на самом деле изменяется в пределах от 1,5 до 4-5% об. Это обстоятельство предопределяет необходимость создания стандарта по измерению ОК.

В последние годы широкое применение находят огнетушащие порошковые составы (ОПС), обладающие высокой огнетушащей эффективностью и способностью тушить самые различные материалы.

В настоящее время промышленностью выпускаются ОПС: ПСБ, ПС, СИ-2, П-1А.

Проводятся исследования по созданию на поверхности частиц порошка защитной пленки с помощью ПАВ, силиконовых масел, путем микроинсулирования для улучшения сохранности ОПС.

Для дальнейшего развития порошкового пожаротушения необходимо продолжить изучение огнетушащего действия порошковых составов и, в частности, роли моментных факторов и ингибирования порошками.

За последние годы активизировались исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию научных основ и технических средств автоматической пожарной защиты зданий и сооружений.

Требование ХУ съезда КПСС о необходимости совершенствования управления народным хозяйством страны в полной мере относится и к противопожарной службе страны.

В настоящее время ВНИПО и ВПЦБ МВД СССР получены некоторые результаты по оценке пожарной опасности регионов страны, обоснованы численности некоторых категорий работников пожарной охраны, однако решение этого проблемы обеспечения пожарной безопасности требует продолжения

исследований по следующим направлениям: 1) создание методов количественной оценки пожарной опасности объектов и регионов страны и обоснование оптимального уровня пожарной безопасности; 2) разработка методов оценки существующих возможностей пожарной службы страны и прогнозирования требуемых для обеспечения оптимального уровня пожарной защиты; 3) разработка по совершенствованию организационной структуры пожарной службы страны; 4) создание методических моделей оценки оперативной обстановки в стране и разработка стратегии влияния на нее; 5) исследование трудовых процессов в пожарной охране, разработка методов их оптимизации; 6) разработка методов количественной оценки размеров последствий от пожара.

Вопросами создания автоматизированной системы управления в пожарной охране в настоящее время ВНИПО занимается совместно с НИИ средств управления. Учитывается зарубежный опыт в этой области, где работы проводятся в значительном объеме. Проведены исследования по разработке общих принципов построения АСУ в пожарной охране и определены основные ее функциональные подсистемы.

Работы в области автоматизации управления в пожарной охране показывают, что значительная эффективность от внедрения автоматизированных систем может быть достигнута за счет автоматизации процессов управления пожаротушением и объединением систем пожарной защиты с автоматическими системами контроля и управления пожароопасными технологическими процессами непосредственно на объектах.

НАУЧНАЯ РАЗРАБОТКА ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Красноярск

В отчетном докладе ЦК КПСС XXV съезду партии товарищ Л.И. Брежнев указывал: «На нынешнем этапе развития страны потребность в дальнейшей творческой разработке теории не уменьшается, а наоборот, становится еще большей. Новые возможности для плодотворных исследований как общетеоретического, фундаментального, так и прикладного характера открываются на стыке различных наук, в частности естественных и общественных. Их следует использовать в полной мере». Эти положения имеют непосредственное отношение к проблеме лесных пожаров к развитию лесной пирологии. Проблема лесных пожаров имеет чисто научный аспект, так как только на основе уже имеющихся знаний, без специального изучения природы пожаров и теоретического осмысления, она не поддается решению. Во всех лесных странах мира почти ежегодно возникает очень крупные лесные пожары с человеческими жертвами, против которых люди пока еще оказываются бессильными.

Лесной пожар представляет собой мало изученный неуправляемый процесс горения комплекса органических веществ в свободном пространстве. Для управления этим процессом необходимо познание его с позиций тепло- и массообмена, необходимо определение критических или граничных условий его существования, зависимости его протекания от свойств горючих материалов, от структуры биогеноценозов и территории лесного фонда, как объектов горения. По мере увеличения масштабов процесса возникают его качественные изменения, обусловленные эндогенными факторами и взаимодействием со средой, в частности с атмосферой, при различных синоптических ситуациях. Эти явления также подлежат исследованию. Наконец, пожары - мощный экологический фактор, оказывающий влияние на формирование и состояние лесов, а через них на всю биосферу Земли.

Статистика лесных пожаров является непрерывное продвижение горения по горючему материалу. В масштабах оно происходит по частям горючего, например по хвойнкам и по слою из простейших частей. В масштабах оно происходит по участкам леса и по обширным лесным территориям в тысячи квадратных километров. Неоднородность объектов горения и непостоянство метеорологической обстановки обуславливают изменения процесса во времени и в пространстве. В некоторых условиях эти изменения дополняются его саморазвитием. Лесной пожар-

ярко выраженное нестационарное явление с широким варьированием и флуктуациями поведения, характеристиками для случайных вероятностных процессов.

Изученность сторон и уравней явления различна. Углубленные экспериментальные исследования механизма продвижения пламени по горючему материалу подтвердили предпологавшиеся его тепловой и диффузионный режимы, переменное преобладание радиационного и конвекционного теплообменов. Сравнительно в большей степени экспериментально изучена скорость продвижения пламени при горении элементарных частичек горючих и слоев из них, то есть горение в микромастабах. Созданные на этой экспериментальной основе математические модели механизма продвижения пламени основаны на законе сохранения энергии применительно к стационарным условиям среды и однородности горючего по пирологическим свойствам. Модели детально учитывают теплообмен излучением и лишь в общем виде дают конвективного и кондуктивного теплообмена (Фонс, 1946; Ван Вагнер, 1968; Теллиня, 1965; Коне, 1970; Сухинин, 1972). Кроме стационарных условий модели предполагают строгую, однозначную детерминированный процесс и описывают его как функциональную зависимость скорости продвижения фронта пламени по горючему материалу от ряда его характеристик. В лабораторных условиях эти модели, отличающиеся между собой принятием допущений, дают приемлемые результаты. Их можно считать достижением в развитии лесной пирологии. Однако в природной обстановке, как отмечено, преобладает резко выраженная нестационарность условий и непостоянство свойств объектов горения. Поэтому указанные модели не адекватны реальному продвижению пламени в природных условиях.

В настоящее время предлагается и публикуются математические модели, относящиеся к горению при лесных пожарах, описывающие теплообмен на основе известных законов физики. Однако эти модели не подкреплены экспериментальными данными и могут считаться лишь рабочими гипотезами. Опытная проверка их затруднена вследствие отсутствия необходимых исходных данных, главным образом характеристик горючих материалов. Мы полагаем, что математическое моделирование горения при лесных пожарах полезно и необходимо, но оно должно осуществляться на вероятностной основе с предварительным получением экспериментальных данных соответствующими методами.

Знание специфического проявления законов физики и химии горения в лесу должно быть тем фундаментом, на который могло бы опираться решение многих теоретических вопросов лесной пирологии и практики охраны лесов. Высылая эту точку зрения, мы вместе с тем прилагаем зако-

поверхности горения однородных горючих материалов от закономерностей горения комплексов из них со специфическими структурами. В них проявляются новые качества, которые изменяют ведущие факторы и характер протекания процесса. Иллюстрацией этого положения могут служить различия пламенного горения опада в лесу с одной стороны и гниение сформированной из него подстилки или торфянистого горизонта почвы, гнилой древесины с другой стороны. При реальных пожарах в лесу на кромке их возникают вихревые движения пламени и продуктов горения различного масштаба, что также является новым качеством процесса. В этой связи попутно распространить закономерности горения экспериментальных слоев из однородных горючих материалов на лесной напочвенный покров и на лес в целом мы считаем неправомерными.

Вопрос об определении предельных условий горения в лесу поставлен уже несколько лет тому назад. К сожалению, разрабатывается он очень медленно. Для некоторых горючих материалов со специфической природной структурой определены минимальный критический запас (всозвон количество на единице площади) и максимальное влагосодержание, при которых еще возможно горение. Недостаток экспериментальных исследований по физике и химии горения в лесу в настоящее время является тормазом в разработке других разделов лесной пироэкологии: моделирования развития контуров пожаров, взаимодействия их с атмосферой, определения граничных условий горения и выяснения эффективных огнетушащих веществ.

Три десятилетия тому назад И.С.Мелехов предметом лесной пироэкологии предложил считать не только лесные пожары, но и горение в лесу вообще, независимо от его хозяйственной оценки, включая применение огня в лесохозяйственных целях. Позднее эту точку зрения высказывал Девис в своем капитальном труде «Горение в лесу: его контроль и использование» (1959). Мы в Институте леса и древесины также придерживаемся этой точки зрения. Для удобства обсуждения вопросов лесной пироэкологии обобщенно горением мы называем те его случаи, когда процесс рассматривается с позиций преимущественно физики и химии без учета влияния на него особенностей структуры леса. Пожарам же называем все случаи неуправляемого горения, распространяющегося по насаждению или по территории лесного фонда.

В лесной фонд входят площади, занятые различными ботанико-географическими типами растительности, которые так же, как лес подвержены пожарам. Правоммерно считать, что лесной пожар есть частный случай пожара растительности или растительных пожаров. Лесная пироэкология таким образом, разрабатывается в науку о горении наземных растительных объектов -- в фитопироэкологию.

В последние годы выявлена роль различных лесных горючих материалов и в частности растений в возникновении и распространении пожаров. Выделены гидроскопические растительные остатки и живые растения проводящими горения, влагосодержание которых может понижаться до 6-8%; травянистые растения с относительно низким и устойчивым влагосодержанием на уровне 130-150% - поддерживающие горение; травянистые растения с влагосодержанием от 200 до 450% - задерживающие распространение горения. Эти данные помогли познать механизм пожарного созревания участков лесного фонда, то есть переход их в состояние, при котором по ним возможно распространение горения.

На многих территориях изучены процессы последовательного пожарного созревания участков лесного фонда, увеличения частоты пожаров и возрастание их интенсивности по мере усиления засухи. Выявлена связь влагосодержания основных разновидностей горючих материалов с ходом погоды. Эти знания в ряде обширных районов страны дали возможность несколько улучшить методику местного прогнозирования пожарной опасности по условиям погоды, давать оценку пожароопасности участкам лесного фонда и более обоснованно проектировать противопожарные мероприятия.

Прогнозирование пожарной опасности на территории лесного фонда является важным компонентом охраны лесов. Разработка методики прогнозирования в последние десятилетия наиболее интенсивно протекала в США и Канаде. В США разработана национальная система расчета пожарной опасности, с достаточными основаниями претендующая на глобальное значение. Она предусматривает однодневный прогноз пожарной опасности на основе учета всех фактов, определяющих возможность возникновения и распространения пожаров на охраняемой территории: специфику мертвых растительных остатков и их влагосодержание; особенности растительности и ее фенологическое состояние; крутизну и экспозицию склонов; метеорологические факторы увлажнения и высыхания горючих материалов; появление всех видов источников огня на охраняемой территории. Пожарную опасность при этом характеризуют относительной оценкой возможности возникновения пожаров и их интенсивности, трудностей тушения одного пожара и всех пожаров, которые могут возникнуть в прогнозируемый день на охраняемой территории. Расчеты производят с помощью таблиц или ЭВМ. В основу методики положено разделение всех видов растительности суши на 9, а в последнем варианте на 14 типов горючих материалов.

Методика определения пожарной опасности по температуре и недостатку насыщения влагой воздуха, примененная у нас Метеоцентром СССР, применительна, устарела и ее необходимо заменить с использованием положительных элементов национальной системы США.

Обе упомянутые методики дают оценку и прогноз пожарной опасности для территории в десятки и сотни тысяч га. В этом их существенный недостаток. Детальная характеристика территории по степени пожарной опасности затруднена мезоразличиями в ходе погоды и разнообразием участков лесного фонда, которые различно в широтическом отношении реагируют в ход погоды. Эти трудности могут быть преодолены на основе использования детальной лесоустройственной информации о составе лесного фонда, состав местным использованием данных ряда метеостанций в сочетании с метеоматематической интерполяцией. Появляются возможности использовать для этой цели также и методы дистанционного авиакосмического зондирования земной поверхности и радарные установки для выявления картины распределения осадков на охраняемой территории. Можно выразить уверенность, что задача кратковременных прогнозов пожарной опасности будет решена в ближайшем будущем на уровне точности общих прогнозов погоды.

Помимо суточных и трехдневных прогнозов охрана лесов нуждается в месячных и сезонных прогнозах для маневрирования своими ресурсами. Первыми попытки прогнозирования пожарной напряженности весны по ряду факторов дали удельно-теоретические результаты и их необходимо развивать. Несомненно, прогнозы напряженности пожароопасных сезонов количественно не выражены и оправданность их определить затруднительно. Методика получения этих прогнозов не опубликована и оценить ее невозможно. Очевидно, что исследования в этой области необходимо развивать следом за метеорологами.

Наблюдение за лесами и обнаружение лесных пожаров у нас крайне несовершенны. Авианатрулирование лесов - экстенсивный и дорогой способ обнаружения пожаров. Применение телевидения пока еще не дало убедительного решения задачи вследствие дороговизны установок и сложности их в эксплуатации. Фундаментальное решение этой задачи, несомненно, возможно в ближайшее время на основе использования инфракрасной техники, радиозондирования и авиакосмической техники в их сочетании. Слабым звеном прогнозирования является оперативная передача информации, разработанной в этой области исследованиями, которая требует и сразу разрабатывать все звенья будущей системы обнаружения пожаров.

Для планирования ликвидации обнаруженного пожара очень важно предвидеть распространение его по территории, формирование контура и повышение. Планы способов быстрого прогнозирования контура пожаров на основе математического моделирования и использования ЭВМ очень важны. Математическую часть этой задачи можно считать уже решенной. Теперь требуется данные о скорости продвижения фронта в различных участках

леса при различном их состоянии и при разной погоде. В этой части пока что используются экспертные оценки, а нужны экспериментальные данные, получить которые для всего разнообразия лесов и условий протекания пожаров в короткий срок трудно, хотя крайне необходимо.

Специалисты США решали эту задачу путем группировки всего разнообразия растительности в стране в упомянутые типы горючих материалов. Это решение основано на допущении, что лесные горючие материалы по своему химическому составу и структуре сходны и что имеются различия не могут оказывать существенного влияния на закономерности возникновения и распространения горения в лесу, на поведение пожаров. Это допущение очень грубое и недооценивает значение пространственной структуры горючего материала и различий в химическом составе, например доли смолистых и эфирных масел.

У нас в СССР описанный американский подход к разработке лесопрогностической классификации участков охраняемой территории находит сторонников и работы в этом направлении проводятся. Мы полагаем, что в настоящее время целесообразно пользоваться системой экспертных оценок лесопрогностического значения принятых у нас характеристик участков лесного фонда, их влияния на возникновение, распространение и поведение пожаров и одновременно экспериментально исследовать их значение. Этот путь наиболее надежен объединения участков в типы горючих материалов без экспериментальных данных о скоростях распространения в них пожаров.

Для завершения разработки методики прогнозирования контуров пожаров необходимы данные о фактическом их изменении в различных условиях, чтобы убедиться в достоверности прогнозов. К сожалению фактические данные динамики контуров пожаров еще очень скудны и не публикуются.

При прогнозировании поведения пожаров их необходимо рассматривать как трехмерное явление, то есть учитывать взаимодействие с атмосферой, возможность возникновения пыльности. Потребность в моделировании и прогнозах возникает во время ликвидации крупных пожаров в процессе их локализации. Создание таких обобщенных моделей пожаров с учетом частотой локализации - неотложная задача.

Возможность успешного решения проблемы лесных пожаров часто усматривают в отыскании особо эффективных огнегасящих химических веществ, причем об эффективности судят по их расходу на тушение в сравнении с расходом воды. При расходе вещества менее 100 г/м² возникает больше уверенности в равномерном распределении его по площади. Поэтому стремление к дальнейшему снижению расходов огнегасящих веществ за счет более высокой их эффективности лишена тактических оснований.

Применение известных в настоящее время огнегасящих химических ве-

48989

этой области необходима разработка вопросов применения методов оптимизации.

Все виды лесных пожаров начинают и развиваются из горения в изначальном покрове опада, мхов, лишайников и подстилки. Регулированием состава и структуры начального покрова, подростка, подлеска и древостоев лесохозяйственными мероприятиями возможно создать слаботормимые и негоримые насаждения.

Современные способы проведения лесохозяйственных мероприятий не учитывают нужды охраны лесов. Во многих случаях они создают предпосылки гибели насаждений в огне пожаров. Необходимо разработка лесопожарных требований к лесохозяйственным мероприятиям. Соответствующую тематику полезно было бы предусмотреть в планах на очередное пятилетие.

Затраты на охрану лесов в настоящее время лишены объективных оснований и порайонно варьируются в очень широких пределах. Это положение находится в связи с несовершенством учета ущерба от лесных пожаров и методики определения эффективности противопожарных мероприятий. Сложность этой задачи отпугивает исследователей. Однако приближенные решения ее возможны. Отскакивание их приблизило бы нас к более полному и совершенному решению.

Для лесного хозяйства разрабатывается АСУ. Подсистема АСУ охраны лесов одна из первоочередных. Мы полагаем, что на данном этапе развития лесной пирологии результаты научных исследований по своему содержанию и по форме должны отвечать потребностям разработки АСУ охраны. Разработчикам АСУ охраны необходимо предоставить приоритет в формировании лесопирологической тематики.

Рассматривая состояние научной разработки проблемы лесных пожаров следует отметить недостаток экспериментальных исследований непосредственно в лесу или на полигонах, слабую координацию тех экспериментальных исследований, которые все же осуществляются. В Сибири на охрану лесов от пожаров расходуется более 50% госбюджетных ассигнований. Среди расходов на лесную науку доля, приходящаяся на лесопирологическую тематику, обычно не превышает 5%. Поэтому состояние научной разработки проблемы лесных пожаров не соответствует ее актуальности. При разработке тематического плана на очередное пятилетие в сложившиеся традиции должны быть вынесены соответствующие коррективы.

шесть связано с трудоемкими подготовительными работами с доставкой их к месту пожара. Само применение химикатов трудоемко, а с воздуха доставка химикатов. Перечисленные трудности не компенсируются повышенной эффективностью химикатов. Внимание исследователей в этой области представляется целесообразным направить на совершенствование техники применения огневых веществ, на поиски веществ для тушения углей, тления гнилой древесины, лесной подстилки, торфянистого горизонта почвы, так как расходы огневых веществ на эти виды горения еще очень велики.

Наиболее перспективным с экономической точки зрения на ближайшее время остается применение грунта. На этом направлении должны сосредоточить усилия механизаторы. Лесопожарная землеройная и почвообрабатывающая техника должна быть мощной, высокопроизводительной, маневренной в лесу и быстрой. Таких машин, к сожалению, еще не создано.

В агитационной охране лесов наиболее перспективным в ближайшие годы остается применение отжига с прокладкой опорных полос с помощью обоченных монозарядов. Поиски лучших, более дешевых вариантов применения взрывчатых веществ полезно продолжать. При этом следует ориентироваться на вещества с низкой температурой взрыва и без пламени, в наибольшей степени безопасными при перевозках всеми видами транспорта, включая беспарашютное сбрасывание.

При больших объемах работ к пожарам целесообразно доставлять бульдозеры, хотя их нельзя считать удобным противопожарным агрегатом. Возле ствола на пожарах с летательных аппаратов недостаточно эффективно вследствие задымления крошки пожара и опасности полетов на небольшой высоте фундаментальное решение задачи ликвидации лесных пожаров будет достигнуто, когда осуществимым станет массированное воздействие на район пожара из одного пункта или с воздуха, как это достигается при вынужденными осадками из ресурсных облаков. В области дождевания пожаров целесообразно искать пути использования не ресурсных облаков, так как ресурсных часто не бывает тогда, когда они очень нужны. Для дальнейшего повышения эффективности дождевания представляется полезным исследовать взаимодельные конвекционной колонки пожара и надвигающегося на нее гасящего ресурсного облака, а также механизмы преодоления падающими каплями восходящих потоков продуктов горения над пожаром.

Тормозность лесов может быть значительно снижена путем совершенствования профилактики, противопожарного устройства лесов, расчленения леса на блоки различного рода барьерами, путем создания негоримых и слабогоримых насаждений и лесных массивов. В этом направлении исследований проводится очень мало и эффективность противопожарных мероприятий остается неизученной, хотя на них расходуется значительные средства. В

ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ОХРАНЫ ЛЕСОВ ОТ ПОДАРОВ

Ленинград

Процесс социализации природных ресурсов неизбежно сопровождается ростом ценности и роли лесов, повышением требований к уровню их охраны, увеличением ассигнований на борьбу с лесными пожарами.

Охрана леса представляет собой сложную многоуровневую систему, включающую специализированные авиационные и наземные подразделения, производственный персонал лесохозяйственных предприятий и резервные формирования, привлекаемые на периоды чрезвычайной горимости лесов из других отраслей народного хозяйства. Распределенность подразделений лесопожарной службы по территории лесного фонда, многообразие и нестационарность условий их работы, обусловленность осших результатов функционирования системы эффективностью ее работы при пиковых нагрузках, наличие жестких ограничений на допустимое время отклика системы при изменении условий работы обуславливают чрезвычайно высокие требования к структуре, параметрам и режимам функционирования авиационной и наземной охраны лесов.

Ежегодно от 50-95% пройденной огнем площади приходится на 3-4 области (1-2 территориальных авиабазы), наиболее горимых в соответствующем сезоне, а в пределах области - на 3-4 района. Основная площадь зон чрезвычайной горимости составляет ежегодно менее 10% охраняемой территории, а продолжительность периода чрезвычайной горимости в каждой зоне - не более 30% длительности пожароопасного сезона. Соответствующая характеру работ по борьбе с лесными пожарами система охраны должна обеспечивать оценку и прогноз горимости лесов, регулирование своей структуры, параметров и режимов работы в соответствии с фактическими и ожидаемыми условиями ее функционирования.

Вероятностный характер условий, а соответственно и результатов работы лесопожарных служб, существенно усложняет оценку эффективности противопожарных мероприятий и анализ альтернативных вариантов системы охраны леса. Получение сопоставительных оценок

сопряжено с достаточным большим количеством экспериментов, проведение которых в рамках реальной системы охраны требует значительных затрат и связано с риском выхода экспериментальных пожаров из-под контроля или возникновения средств борьбы с огнем. В данной ситуации представляется целесообразным построение экономико-математических моделей и выбор оптимальной структуры, параметров и режимов работы лесопожарных служб на основании результатов численных экспериментов.

Синтез моделей системы охраны и численное экспериментирование связаны с решением ряда проблем концептуального и формально-математического характера, таких как выбор критерия эффективности охраны, обоснование методов идентификации и прогноза условий функционирования лесопожарных служб, выбор структуры и стратегий, т.е. правил поведения системы при различных условиях ее функционирования.

Экономическая эффективность хозяйственных систем, в том числе и охраны леса, характеризуется соотношением результатов ее функционирования и затрат, обуславливающих получение этих результатов. Результатом функционирования системы охраны является предотвращенный ущерб от лесных пожаров, численно равный разности между потенциальным ущербом при отсутствии организованной борьбы с огнем и фактическим ущербом, соответствующим данному уровню охраны. Недостаточная изученность последствий пожаров в различных лесорастительных условиях, сложность представления в стоимостном выражении экологических составляющих ущерба исключают возможность практической реализации классического подхода к оптимизации охраны, основанного на минимуме осших убытков, слагаемых из ущерба, от пожаров и затрат на борьбу с огнем.

Решение проблем формально-математического характера должно представлять обоснование критерия оптимальности (системы критериев), "детерминизация" задачи, то есть сведение вероятностной по своей сути схемы к детерминированной, а также ее "скалярзация", то есть сведение к однокритериальной схеме.

Ограниченное количество реакций любой реальной системы охраны леса обуславливает необходимость деления всего многообразия условий ее функционирования на конечное число классов и назначения для каждого класса условий определенного режима работы лесопожарных служб. Условия функционирования системы охраны определяются требуемым объемом работ по предупреждению, обнаружению и тушению лесных пожаров, то есть степенью готовности территории к

загорании, количеством возникающих и действующих пожаров, их мерами и интенсивностью. Для оценки каждого из перечисленных компонентов, характеризующих условия работы лесопожарных служб необходима четкая классификация типов и состояний лесных горючих материалов, наличие математических моделей процессов поступления и испарения влаги, возникновения и распространения лесных пожаров. Вероятностный характер основных переменных, входящих в эти модели (текущие значения метеопоказателей, пространственное распределение горючих материалов и т.д.), обуславливают целесообразность применения статистических моделей указанных процессов.

Задача идентификации условий функционирования лесопожарных служб включает в себя оценку влажности основных типов лесных горючих материалов, расчет ожидаемого количества источников огня и вероятности возникновения пожаров, оценку интенсивности горения и протяженности кромки огня, отнесение получаемого набора оценок к одному из выделенных классов условий.

Задача оптимизации системы охраны леса в условиях неопределенности, связанной с вероятностным характером процессов возникновения и распространения лесных пожаров заключается не только в выборе оптимальных параметров, но и оптимальных стратегий (правил функционирования). Последние могут быть представлены в виде инструкций, регламентирующих режим работы лесопожарных служб в зависимости от условий пожарной опасности в лесу и фактической горимости.

Реализация каждого режима работы системы связана с затратами определенного количества трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Каждому режиму работы системы в определенных условиях соответствуют определенные характеристики своевременности обслуживания пожаров, а соответственно и результаты работ по борьбе с огнем. По заданному набору режимов работ и известному количеству реализаций каждого режима представляется возможным найти общую сумму затрат на реализацию каждого варианта инструкции (стратегии) и оценить результаты функционирования лесопожарных служб. Выбор оптимальной стратегии заключается в нахождении для каждого района такого набора режимов работ (инструкций), при которых в рамках заданных ограничений на ресурсы системы обеспечивается экстремальное значение востранного критерия эффективности. Сопоставление оптимальных стратегий и показателей эффективности, соответствующих различным ограничениям на ресурсы системы, позволяет количес-

твенно обосновать уровень затрат на охрану лесов.

Нестационарность условий функционирования системы охраны, сложность и многообразие протекающих в ней процессов исключают возможность решения сформулированной выше задачи аналитическим путем. Использование имитационных моделей связано с организацией, хранением и обработкой больших информационных массивов. Практическая реализация задачи возможна и осуществляется в рамках автоматизированной системы управления охраняемыми лесами от пожаров.

УДК 634.0.432.23 : 634.0.432.31

Е.С. Арцибашев

АВИАЦИОННЫЕ И КОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОХРАНЕ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ

Леминград

Высокие темпы промышленного освоения природных ресурсов Севера, Сибири и Дальнего Востока сопровождаются резким увеличением числа источников огня в лесу и как следствие - увеличением числа лесных пожаров. Наиболее высокая горючесть лесов отмечается в удаленных, малонаселенных районах, где борьба с пожарами возможна только на основе широкого применения авиации.

Основными факторами, сдерживающими рост эффективности авиалесоохраны и определяющими выбор основных направлений НИР и ОКР, в настоящее время и на ближайшую перспективу были и остаются:

1. Низкая эффективность современных технических средств и способов тушения лесных пожаров в зоне авиалесоохраны, основанная на применении ручного труда и непосредственного контакта с кромкой пожара.

2. Отсутствие эффективных методов и тактических приемов борьбы с крупными лесными пожарами, на которые падает основная доля повреждений лесов и ущерба.

3. Отсутствие совершенных методов и технических средств обнаружения "скрытых" очагов горения в лесу, особенно на кромке пожаров, считающихся потушенными, что часто приводит к их возобновлению.

4. Несовременство способов получения информации и низкая достоверность оперативной информации о макро- и мезомасштабных процессах, преимущественно метеорологических, определяющих пожарную обстановку в лесу на территории крупных регионов и на всей лесной территории страны.

Очевидно, что радикальное решение этих задач возможно лишь на основе широкого применения авиационных и космических методов, интенсивное развитие которых наблюдалось в последние годы.

Под авиационными методами применительно к лесопожарной проблеме понимается комплекс организационных и технических мероприятий, обеспечивающих своевременное обнаружение и тушение лесных пожаров с воздуха.

Под космическими методами подразумевается широкое использование оперативной спутниковой информации, включая тепловую, многоканальную съемку и другие виды дистанционного зондирования Земли из космоса для разработки стратегии и тактики борьбы с лесными пожарами.

С целью механизации процесса тушения лесных пожаров в тайге разработано водосливное оборудование к вертолетам Ка-26 и Ми-8 и технология его применения.

Важным достижением лесопроизводительской науки явилось открытие огнезадерживающих свойств у природного минерала биоморфита. Загравительные порошки, созданные слабым раствором этого минерала, эффективны в течение нескольких суток.

Для тушения крупных лесных пожаров разработаны и внедрены в практику авиалесоохраны метод искусственного выжигания осадков из местных кучевых облаков. Он позволяет осуществлять массированные воздействия на крупные пожары дымевыми осадками, массировано соммировать с их площадями и интенсивностью горения. Специально подготовленные авиамашинисты ежегодно тушат с применением указанного метода десятки крупных лесных пожаров, которые раньше не поддавались тушению обычными средствами и способами.

По данным Центральной авиабазы, только в 1977 г. условный экономический эффект от внедрения названного метода составил свыше 2,6 млн. рублей.

Изучение ресурсной (то есть пригодной для воздействия) облачности за длительный период позволило осуществлять районирование зон тайги и выделять районы, перспективные для широкого применения этого метода.

Трудности технического решения задачи обнаружения скрытых (не дымящих) очагов горения в лесу заключались главным образом в слабой изученности характеристик и параметров полей широкого спектра электромагнитных излучений лесного пожара как объекта обнаружения и различных элементов лесного ландшафта, составляющих общий фон, на который этот пожар проектируется. Исследования, проведенные в этом направлении, и последние достижения в области физики и инфракрасной (ИК) техники позволили разработать портативный ИК авиадетектор, способный фиксировать с борта наружного самолета или вертолета следящие очаги по их тепловому излучению. Указанный прибор и технология его применения проходят опытно-производственную проверку в подразделениях авиационной охраны лесов.

Для разработки тактики и стратегии борьбы с лесными пожарами на всей охраняемой территории необходимо обеспечить оперативные службы охраны леса информацией о лесопожарной и метеорологической обстановке в лесу с периодичностью, близкой к реальному масштабу времени.

Наиболее полно этим требованиям отвечает информация, которую еже-

дневно получают по телеканалу с искусственных спутников Земли "Метеор" в виде черно-белых мелкокадровых снимков в видимом и ближнем ИК диапазонах спектра.

Цифровочный анализ изображений на этих снимках позволяет следить за динамикой развития крупных лесных пожаров и результатами тушения, обнаруживать грозные очаги, являющиеся основной причиной массовых вспышек лесных пожаров, оценивать характер и направление движения ресурсной облачности, пригодной для тушения пожаров и существенно вызываемые осадками и решать другие задачи тактического и стратегического характера.

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ОГРАНЕ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ

Красноярск

Применительно к проблеме охраны лесов от пожаров использование дистанционных методов и средств зондирования земной поверхности открывает возможность оперативного контроля за состоянием пожарной опасности лесов, обнаружения контуров лесных пожаров и их картирования, а также определение энергетических и геометрических параметров пожаров.

Пожарная опасность леса определяется критическим влагосодержанием отмершей растительности мхов и лишайников, так называемых проводников горения. Однако измерить её даже на небольших площадях практически невозможно, и в настоящее время пожарную опасность оценивают по методу В. Г. Нестерова, основанному на связи хода погоды с влагосодержанием проводников горения. Вместе с тем из-за большого разнообразия лесорастительных условий, широкого варьирования метеорологических факторов по территории и редкой сети метеостанций пожарная опасность лесов оценивается весьма приближенно, что в первую очередь сказывается на службе авиационной охраны лесов, которая несет существенные убытки от полетов над территориями, где пожары в данных условиях возникнуть не могут.

В результате исследований радиотеплового излучения почвенного растительного покрова установлена зависимость интенсивности излучения покрова от его влагосодержания. Определена оптимальная длина волны излучения ($\lambda = 3,4 \text{ мкм}$) для слоя толщиной 5-10 см, при которой вклад излучения почвы не превышает 2%. Установлено, что интенсивность радиотеплового излучения слабо изменяется (в пределах ошибки измерения) от вида растительного покрова, что упрощает использование метода для практики. Можно полагать, что предлагаемый метод существенно повисит точность определения пожарной опасности лесов, а использование в качестве аппаратуры скоростных самолетов даст возможность оперативно оценивать текущую пожарную опасность крупных лесных регионов.

Известно, что показателем природной пожарной опасности болотных и заболоченных лесов может служить уровень грунтовых вод (Wickham, 1966; Фуряев, 1970). Установлено, что по радиотепловому излучению можно определить уровень грунтовых вод, регистрируя излучение на

длине волны 10-20 см. Измерение его интенсивности в сантиметровом диапазоне волн с аstatельных аппаратов позволяет не только оперативно определять текущую пожарную опасность территории заболоченных лесов, но и выявлять наличие и оценивать состояние естественных преград для остановки пожара.

Трудность тушения лесных пожаров и особенно крупных связана с отсутствием объективной информации о параметрах лесного пожара, его контуре, скорости распространения, интенсивности горения. Из-за сложности полетов в зоне пожара и ограниченной видимости визуальные наблюдения летчика-наблюдателя носят отрывочный характер, а достоверность их полностью зависит от его квалификации и добросовестности. В результате исследования предлагается метод картирования контура пожара по инфракрасному излучению в диапазоне электромагнитных волн 8-14 мкм. Метод позволяет получить информацию о конфигурации контура пожара, наличии очагов горения внутри пожара и за пределами пожара через слой дыма любой плотности. Картирование возможно с высоты 3-4 тыс. м. со скоростных самолетов, что существенно сокращает время получения информации.

Одним из важнейших энергетических параметров лесного пожара, от точной оценки которого зависит выбор средств и фактики его тушения, является интенсивность горения. В настоящее время нет способа оперативной оценки интенсивности горения пригодного для практической реализации. Разрабатывается метод оценки интенсивности горения по радиотепловому излучению пожара в диапазоне волн 0,3-2,25 см. При этом установлено, что в указанном диапазоне волн регистрация излучения возможна через слой дыма, полет дровостоя и облачности. Выявлено также приращение яркостной температуры слабого низового пожара (по впаде Н.Д. Лурьатского, 1962) на длине волны 0,3 см около 30 °К, а пожар средней силы 120 °К. На длине волны 2,25 - соответственно 10°К и 80°К. После калибровки аппаратуры по истинной интенсивности горения яркости пожара появится возможность оценивать этот параметр в абсолютных величинах.

Разрабатываемая система оперативного получения объективной информации о пожарной опасности лесной территории и параметрах лесного пожара может являться основой АСУ охраны лесов от пожаров. Перечисленные методы позволяют также использовать на авиационные вышестоящих и скоростных самолетов, что даст возможность при межлихис для скел резервах взять под контроль неохранные в настоящее время лесные территории. По данным американских специалистов, эксплуатация подобных систем позволит снизить затраты на авиационную службу в пять раз.

А.Н.Чуричев

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ ПО
ОХРАНЕ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ

Ленинград

В практике достаточно успешно сложилась технология производства работ по охране леса от пожаров. Она содержит следующие этапы: проведение профилактически противопожарных мероприятий; обнаружение лесных пожаров; доставка к месту пожара рабочих и средств пожаротушения; тушение лесных пожаров.

Успешное выполнение названных операций возможно только на основе применения новейших средств и на базе комплексной механизации.

Создание новой техники для охраны леса от пожаров и обеспечение предприятий лесного хозяйства осуществляется в нашей стране в соответствии с разработанной системой комплексной механизации лесохозяйственного производства на 1976-1980 гг. Эти машины и механизмы в сочетании с техникой, применяемой в других смежных отраслях народного хозяйства, позволяют механизировать основные технологические процессы по охране леса от пожаров.

К настоящему времени разработаны и серийно выпускаются машины для лесорасчистки, устройства дорог и прокладки противопожарных минерализованных полос: бензомоторные пилы "Дружба-4", МП-5 "Урал-2"; трелевочные тракторы ТТ-55, ТТ-4, ТБ-1, МП-2; бульдозеры на базе тракторов Т-130Г и ДТ-75; специальные лесохозяйственные плуги и фрезерные орудия: ПЕД-70, ПЕД-500А, ПШ-135; ПШ-1,2, ПФ-1 и др.

Для обнаружения лесных пожаров в практике используются высотные ооружения: пожарные наддувательные вышки; пожарные наддувательные вышки.

Последняя модель пожарной наддувательной вышки (МН) представляет собой цельнометаллическую конструкцию, на ней можно монтировать телевизионную камеру типа ПТУ-41. В 1977 г. по результатам государственных испытаний вышка рекомендована производству.

При наблюдении лесной территории путем патрулирования, в пожароопасный период используют передвижные средства: легковые автомашины высокой проходимости типа УАЗ-469 и специальные лесопожарные автомашины типа МП, оборудованные радиосвязью.

Для патрулирования по водной акватории разработан катер ДВ-224, сконструированный производству.

Важную роль в современной ликвидации лесных пожаров играют транспортные средства для доставки техники и рабочих к местам пожаров.

В районах с развитой сетью дорог для этого используется автомобильный транспорт, а также специализированные лесопожарные машины АШ-147 и ЦС.

В районах со слабо развитой сетью дорог используются лесопомпные агрегаты на колесах и гусеничном ходу. На вооружении лесопомпной охраны находится пожарный вездеход ВПД-149. Ведется разработка пожарного вездехода на базе ГТТ. Практика эксплуатации лесопомпных агрегатов показала, что вновь создаваемые лесопомпные машины не только базировать на колесах тракторах повышенной проходимости. В этом плане ведутся разработки лесопомпного агрегата на базе трактора Т-150К.

В районах с развитыми водными системами используются мелководные лесопомпные катера типа КС-100А, а в перспективе, для районов Сибири и Дальнего Востока, планируется использование судна на воздушной подушке.

Большое внимание уделяется созданию и созданию новых средств для непосредственного тушения лесных пожаров.

В зависимости от способа воздействия на кромку лесного пожара применяется противопожарное оборудование подразделяется на четыре группы:

1. Ращепая аппаратура для применения воды и растворов огнетушащих солей (РОП, РЮ-М, ОРД-3). В 1978 г. проходит госиспытания усовершенствованный образец опрыскивателя ОРД-3М для создания опорных полос из высококачественной пены.

2. Мотопомпы и насосные установки для тушения лесных пожаров направленными струями воды путем подачи ее к местам пожаров по рукавным линиям. Для осуществления этого способа применяются различные легкие мотопомпы: МД-100, ПМП-1, плавающая МД-0,2; переносные мотопомпы - МП-800 и М-600, а также насосные установки на различных пожарных агрегатах.

В последние годы разрабатываются переносная высоконапорная лесопомпная мотопомпа и облегченные высоконапорные рукава диаметром 26 мм из синтетических материалов.

3. Грунтометы различной мощности для тушения кромки лесного пожара грунтом активными или пассивными способами.

Последняя модель грунтомета создана к колесному трактору Т-150. Путем направленной струи грунта до 35 м она может создавать широкую

линейные полосы и активно воздействовать на кромку лесного пожара песчаным и супесчаным почва.

Ведутся разработки грунтометов и тракторов ДТ-4 и ИТС-80. 4. Закапательные аппараты для пуска встречного огня (отжига) опорной полосы.

Для проведения отжига специально созданы и выпускаются закапательные аппараты: ЗММ-1М, За, ЗМЖТ и т.д.

Вышеперечисленные технические средства для борьбы с лесными пожарами или применяются для рекомендаций и служебному выводу. Однако выпуск их организован межсоюзными партиями, что явилось препятствием для нужд предприятий лесного хозяйства.

Необходимо шире развернуть работу по составлению пожарно-технической характеристик охраняемой лесной территории лесными людьми и на основе их разработать систему мер для ликвидации пожарно-химических станций и механизированных отрядов.

С. В. Белов

УДК 624.0.43

**О ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 1512) ПО ВОПРОСАМ ОХРАНЫ
ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ**

Ленинград

До 1975 г. охрана лесов от пожаров входила разделом в курс лесоводства (вторую часть). На этот раздел отводилось 6-8 часов лекций и 4 часа практических занятий. Уровень подготовки инженеров был ниже уровня техников, так как в лесных техникумах с 60-х годов на охрану лесов от пожаров отводилось 60 учебных часов. С 1975 г. в вузах введен новый учебный план, в котором предусмотрено специальная дисциплина "Лесная пирология" в объеме 40 учебных часов. Она изучается на V курсе, и студенты сдают по ней экзамен.

Улучшение подготовки инженеров лесного хозяйства по охране лесов от пожаров достигнуто коллективными усилиями: координационные совещания при ИЛМ СО АН СССР в 1971-73 гг.; Министерства Лесного хозяйства РСФСР, кафедр лесоводства вузов и научно-методического совета ВЗ и ССХ СССР.

Выданные специальной дисциплины "Лесная пирология" с экзаменом призвано к некоторому ухудшению изучения лесоводства. Раньше на III курсе лесоводства было два экзамена: по лесоведению на III курсе и по пирологии на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе.

Видеальные специальности дисциплины "Лесная пирология" с экзаменом призвано к некоторому ухудшению изучения лесоводства. Раньше на III курсе лесоводства было два экзамена: по лесоведению на III курсе и по пирологии на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе. По новому плану на дис. СССР по курсу лесоводства на IV курсе.

По курсу лесной пирологии кафедрой лесоводства ЛТА составлена рабочая программа и издано учебное пособие (1976 г.) объемом 7 часов плюс 6 часов (1 день) пожарного учения в период учебной практики.

уч. изд. Л. подготовлены и изданы в 1976 г. "Методические указания по курсовому и дипломному проектированию", в которых отражены задачи охраны лесов от пожаров.

Курс "Лесная пирология" является дисциплиной профильного цикла. В результате изучения курса студенты должны: 1) знать классификацию лесных пожаров, зачетные их в лесном хозяйстве; знать зависимость между природными условиями лесных массивов и вероятностью пожаров; оценивать интенсивность горения лесных массивов в связи с погодными условиями; знать сущность физико-химических процессов горения и принципы прекращения горения; знать способы обнаружения пожаров, тактические приемы и средства борьбы с ними; 2) уметь осуществлять на практике профилактические мероприятия, организовывать эффективную охрану лесов от пожаров в конк-ретной лесозоне, включая способы оперативного обнаружения и тушения пожаров.

Распределение теоретического курса по темам приводится ниже. I. Введение: Определенные понятия "Лесной пирологии" и "Лесная пирология"; значение лесных пожаров для народного хозяйства СССР; горимость лесов в дореволюционное время и теперь (2 часа). 2. Виды лесных пожаров (низовые, верховые, торфяные) и основные характеристики их. Схемы классификации лесных пожаров более детальные (2 часа).

3. Природные факторы определяющие восприимчивость различных насаждений к огню и потенциальную интенсивность горения (2 часа). 4. Влияние климатических факторов на пожарную зрелость лесных горючих материалов. Показатели засуммарности погоды и классификация пожарной опасности, по В.Г. Нестерову и Гидрометеопцентру (ГМЦ) СССР (2 часа).

5. Основы теории горения лесных материалов (8 часов): 1) физико-химическая сущность; 2) тепловы и газовый баланс горения; 3) особенности горения при верховых и торфяных пожарах; физические принципы прекращения горения. 6. Организация охраны лесов от пожаров в СССР (4 часа): 1) системы охраны лесов; наземная, авиационная, комбинированная их место и значение; 2) противопожарное устройство территории и профилактика; 3) обнаружение и разведка лесных пожаров. 7. Борьба с лесными пожарами (8 часов): 1) тушение низовых пожаров водой и растворами химических пре-

препаратов.

паратов; применение аппаратов и машин, их тактико-технические характеристики;

- 2) консультирование группы и оценка для отработки низовых пожаров; применение машин и аппаратов; тактические приемы;
- 3) борьба с верховыми пожарами; применение встречающих ожогов; искусственно возмущающих осадков из лучевых облаков и насосных теллик;
- 4) тушение торфяных пожаров; применение технических средств и тактические приемы;
- 5) техника безопасности при тушении лесных пожаров.

6. Учет лесных пожаров: составление акта о пожаре; ведение специальной книги учета пожаров; отчетность по формам ЦСУ; представление оперативной информации в вышестоящие органы лесного хозяйства (2 часа).

9. Оценка ущерба от лесных пожаров и ответственность лиц и учреждений за тушение пожаров (4 часа).

10. Применение управленческого огня в лесу: для очистки мест рубок, тушения встречного огня, профилактических целей. Опыт зарубежных стран - США, Австралии, Швеции, Финляндии (2 часа).

11. Задача охраны лесов от пожаров - задача номер один для лесного хозяйства СССР. Охрана лесов от пожаров за рубежом. Задачи, стоящие перед лесной наукой. Охрана лесов от пожаров - важнейший вклад лесоводов в охрану природы Родины (2 часа).

При лекционном варианте учебного плана, по которому все 40 часов отводятся на лекции, программа предусматривает выполнение студентами четырех домашних заданий: 1) влияние погодных условий на пожарную зрелость лесных горючих материалов (2 часа); по плану задания сухого и смоченного термометров похромометра в 12 часов с начала времени за 10 дней определить класс пожарной опасности, по В.Г.Нестерову в ГИИ СССР, на какады день наблюдения; 2) провести расчет теплового и газового баланса процесса горения лесных материалов (2 часа); теплотворную способность подстилки определить по элементарному химическому составу и уравнению М.А.Кайлукова; 3) организация охраны лесов от пожаров в СССР (2 часа); описать способы охраны лесов, условия применения, стоимость на единицу лесной и лесопокрытой площади; перечислить комплекс мер по противопожарному устройству территории лесхоза и способам обнаружения пожаров; 4) борьба с лесными пожарами (2 часа); перечислить физические принципы прекращения горения; описать способы и технические средства тушения низовых пожаров; то же вер-

ных и торфяных пожаров.

Экспериментальным учебным планом ЛТА в числе 40 часов предусмотрено 8-10 часов лабораторных работ. Темы их следующие:

- 1. Определение классов пожарной опасности по условиям погоды методом В.Г.Нестерова и ГИИ. Для этого нужен психрометр и таблица к нему.
- 2. Экспериментальное определение теплотворной способности лесных горючих материалов: древесины, хвоя, подстилки. Для этого нужны прибор калориметра. Кафедры лесоводства вузов их обычно не имеют, зато калориметры есть на кафедрах теплотехники (в ЛТА - 3 прибора) и по договоренности между кафедрами лабораторные занятия можно провести.

3. Выполнить расчет теплового и газового баланса горения лесных материалов, используя экспериментальные данные по теплотворной способности горения.

4. Оценить ущерб от лесных пожаров (низового и верхового) на конкретных данных о характере насаждений, произведенных огнем, и интенсивности горения.

В период второй учебной практики по лесоводству (6 дней на IV курсе) студенты по бригадно, по очереди, выпускают баллетень пожарной опасности по условиям погоды. Для этого студентам выдается психрометр и таблица. Баллетень, написанный на листе ватмана, ежедневно вывешивается на видном месте общежития.

Пожарное учение для студентов кафедры лесоводства ЛТА проводила уже 4 года подгрупп. Польза от него большая, так как студенты видят в действии разнообразную пожарную технику и получают навыки практической работы на ней. Организация учения требует довольно значительных усилий на подготовку.

Технические средства пожаротушения приходится привлекать от ряда организаций: ЛТА, Лесинский учебный лесхоз, Лесинский лесхоз-техникум, ЛенинЛХ и Северная авиабаза (самолет, вертолет, ВЗ и взрывники). Место учения - луг и лес по берегу р. Лустовка у Мариновки. Пожары приходится имитировать кострами и кучей горящего торфа. Для этой цели заранее на площадку завозится 6 м³ древесины и хвороста от рубок ухода, а также 0,5-0,8 т сухого торфа (одна автомашинна). Обычные средства пожаротушения: пожарные машины разных марок - 3, мотопомпы М-600, М-800 с рукавами 51 мм, мотопомпы марки МЛАС-100, плавающая ЛенинЛХ с рукавами 26 мм, канадская высокого давления (22 ата) с рукавами из стекловолоконка, мотопомпы и торфяной ствол ТС-1 для тушения торфяных пожаров, различные насосные опрыскиватели (с химикатами, пеной), тракторный пожарный аг-

регат ТП-55; закидательные аппараты ЗА-1М, ЗА-ЭК; вертолет с посадкой на участке, патрульный самолет с громкоговорящей установкой, сбросом вылета о пожаре и листовок; ВВ, для демонстрации взрывного способа создания заградительных канав (запас ВВ на 6-8 втулов).

Дата учения 8-10 июня, участники - 110-120 студентов IV курса ЛХФ, 50-70 студентов ЛХФ, 50 студентов Лесинского техникума, работники лесхоза. Студенты сами прокладывают рукавные линии, соединяют и разъединяют планги, запускают двигатели мотопомп (под руководством штатных мотористов), управляют струями, работают с ранцевыми опрыскивателями. Ученые проводят живое, управляют им тросе преподавателей кафедры лесоводства.

При выполнении дипломного проектирования продолжается участие в вопросах охраны лесов от пожара. В главу III проекта "Анализ хозяйственной деятельности лесхоза" входит раздел по охране лесов. Там же главу пишут 85% дипломников, не зависимо от названия кафедры. Из 50-55 дипломников кафедры лесоводства в учебном году (25 отников + 25-30 звочников), 10-12 человек избирают темами дипломных проектов охрану лесов от пожаров в каком-либо конкретном лесхозе. В этих случаях 400-500 часов времени каждый дипломник затрачивает на проработку вопросов охраны лесов от пожаров. В целях углубленной проработки тем и приобретения навыков исследователеской работы 75% дипломникам дается проработка 1-2 исследовательских вопросов. Например, определить запас горючих материалов для типов леса; площадь IxI и разнести статистически; определить зольность подстилки ситанкек ее образцов; установить условия загорания подстилки от разных источников огня - окурков, угольков и скорость распространения огня.

В методических указаниях по дипломному проектированию в качестве одного из примеров составлены программы и методики работы, сбора полевых материалов, рассмотрена тема охраны лесов от пожаров.

Все вышеказанное характеризует сегодняшний день, но нам надо смотреть и в будущее. Значимость охраны природы возрастает и лесоводы Советского Союза не могут мириться с большим ущербом, который ежегодно причиняют лесные пожары. В делех совершенствования охраны, познания эффективности борьбы с лесными пожарами назрела необходимость подготовки более квалифицированных инженеров лесного хозяйства, специализированных по охране. Все увеличивающиеся количество новых технических средств тушения лесных пожаров - новые наземных машин и аппаратов, химических веществ, взрывчатых веществ

авиационной техники, искусственного вызова осадков из облаков с помощью самолетов и наземных ракетных установок, тосудет от инженера более солидных знаний в области природы лесных пожаров, и техники. В отводимые на лесовод промогив 40 часов такого объема знания не получить, необходимо увеличить объем курса и число учебных технических дисциплин.

Возможно два варианта подготовки таких специалистов:

1. Организация в 2-3 лесных вузах отдельной специальности с особым учебным планом.
2. Организация в 2-3 вузах особой специализации в пределах учебного плана инженера лесного хозяйства (спец.1512), аналогично специальности инженеров по озеленению городов, где на профилирующей дисциплине отводится 400 часов.

На первом порах более реален второй путь: специализация, где на профилирующей дисциплине необходимо отвести дополнительные учебные часы. Откуда взять эти часы? Есть два пути:

1. На ЛХФ срок обучения 4 года 7 месяцев, на всех других факультетах лесных вузов 4 года 10 месяцев. Долгатайствовать перед СМ СССР увеличить срок обучения для лесопожарной специальности до 4 лет 10 месяцев. Это даст 450 часов.
2. Если первый путь окажется не осуществимым, то придется за счет исключения двух дисциплин учебного плана увеличить до 200 часов курсы охраны лесов от пожаров.

Места работ проектируемых специалистов: ЛХФ, работающие в заградительных срывных базах лесной промышленности; авиабазы; отдельные управленческие лесного хозяйства, механизированные противопожарные отряды.

сильными в борьбе с крупными пожарами.

Возникнет большая важности вопрос, на какие пожары должно быть рассчитано противопожарное устройство лесов рассматриваемого высокогорного массива и подобных ему? По-видимому, двух мнений быть не может - на самые пагубные.

После катастрофического пожара 1972 г. для рассматриваемых лесов были составлены Генеральные планы противопожарного устройства, но они не подтверждены обстоятельными натурными обследованиями и не внесли что-либо существенно новое в противопожарное устройство территории. Их основная роль в оснащении хозяйств средствами пожаротушения и его организации.

Исторический опыт показывает, что рассматриваемый лесной массив и подобные ему должны иметь действительно Генеральные планы противопожарного устройства лесов, основанные на радикальных мероприятиях. Составление их должно основываться на глубоком знании и учете специфики климатических, орографических, гидрологических и почвенных условий, особенностей экономики и состояния лесного фонда. Исходя из обобщения всего комплекса конкретных условий, и должно проводиться противопожарное устройство лесов и разрабатываться меры борьбы с лесными пожарами. Этот комплекс конкретных условий должен послужить, в частности, основой и для решения вопроса о противопожарных разрывах и заслонах, в которых до сих пор не внесено ясности.

Приведем пример на основе рассматриваемого лесного массива. За последнее время установлена некоторая отрицательная роль разрывов из-за увеличения ими скорости ветра (Н.П. Курбатский, Э.Н. Важендик и др.) 1972 г. Но это не явилось непреодолимой преградой огню пожаров и от них надо повсеместно отказываться. Опыт пожаров 1972 г. свидетельствует, что разрывы всегда служили исходными рубежами для развертывания фронта борьбы с огнем (пуск встречного огня, откат, опорная линия борьбы с сильным низовым пожаром). При их отсутствии они слепно создавались. Им противопоставлялись лесные поселки. Они-более безопасные, а иногда и единственные пути переброски рабочей силы и техники. Магистральные противопожарные разрывы (или трассы дорог) в сильнейшие пожары 1972 г. не опременно сдерживали натиск огня, которые на них возлагали. Но всякий раз они лопались, успех был обеспечен.

Создание заслонов из лиственных пород - предложение беспорочно реализованное. Но заслоны, также как и разрывы, при такого рода пожарах не будут непреодолимым препятствием огню. В этом убеждает опять-таки уро-

А.К. Денисов

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В МАРИЙСКОЙ АССР И ГОРЬКОВСКОМ ЗАВОЛЬЕ

Йонкар-Ола

По левобережному лесному Заволью, от впадения Оки в Волгу и почти до слияния ее с Камой, на 400 км протянулся лесной массив, состоящий главным образом из сосновых лесов. Он легко опознается даже на любых мелкомасштабных геоботанических и лесных картах. Центральное его место занимает Поволжье. Восточная часть массива входит в Марийскую АССР, а западная - в заволжскую территорию Горьковской области.

Эти заволжские сосняки, из севере переходящие в ельники (а ныне - чаще всего в елово-лиственные леса), систематически были ареной крупнейших лесных пожаров. За последние полтора столетия они отмечены в этом крае в годы: 1815, 1823, 1848-1851, 1891, 1921, 1937, 1972. Причиной их служат главным образом природные особенности: климат, почвенно-геологические условия и характер лесов.

В растительно-климатическом отношении Марийской АССР, входящей в зону смешанных лесов, соответствуют многие черты климата лесостепей. Так, если сравнить ее с другой приволжской областью, например Костромской, то обнаружится, что вероятность засух за последние 100 лет для Марийской АССР составила 10%, а для Костромской области - 5%. Говорю о количестве осадков соответственно составляет: 472 и 558 мм, испарение по уравнению водного баланса для годичного периода 320 и 295 мм (Колобов). По почвенно-геологическим условиям район характеризуется песчаными почвами, развитами на древнеэлювиальных песках, с большой дифференциальной способностью и быстрым просыханием верхних горизонтов.

Из лесов господствует сосняки. Среди них развиты лиственничные, лиственнично-шишковые боры и сосняки зеленомошники с вкраплениями сосняков сфагновых.

Особенно памятные катастрофические лесные пожары 1921 и 1972 годов. Последствия пожаров 1921 г. в виде очагов хруща и массового появления в виде смены пород мелколиственных лесов не были ликвидированы до 1972 года лесное Среднее Заволье стало вновь ареной катастрофического пожара.

Систематичность крупных пожаров приводила местами к полной ликвидации мер предшествующего противопожарного лесовосстановления. Обнаружилось, что принятое противопожарное устройство территории и лесохозяйственные мероприятия «сработавшие» в обычные годы, оказались

пожаров 1972 г. в Марийской АССР и Горьковской области, когда горели березняки, осинники, липняки и даже дубравы. Однако всякий раз листовой лес, хотя и становился жертвой огня на протяжении 400-500 м и далее по направлению движения пожара, он все-таки оказывался буфером и пожар прекращался.

Таким образом, лесные массивы высокой горимости должны быть устроены с использованием преобладающих разрывов и заслонов. Последние должны сопровождать разрывы с обеих сторон. В очень сухих и сухих борах (А₀, А₁) листовые заслоны создать практически невозможно. Здесь следует прибегать к многорядным минерализованным полосам под пологом вдоль разрыва и другим мерам, препятствующим переходу огня (из преобладающих разрыв источников горения) с подстилки в полог, то есть проводить ликвидацию захламленности, убирать двойной подлесок, обрубать нижние (живые и мертвые) сушня сосны и пр.

Для сосняков лесного Среднего Заволжья в связи с особенностями рельефа - чередование бугров и дн с относительно небольшими плоскими поверхностями - характерно чередование липайниковых боров с зеленомошными сосняками с вкраплениями сфагновых сосняков на торфяниках значительной мощности. Последнее создает благоприятные условия устройства водоемов непосредственно на разрывах. Изрезанность лесов трассами ЛЭП, газопроводов, железных и шоссейных дорог дает дополнительную сеть разрывов. В ряде случаев они могут быть использованы под временное сельскохозяйственное пользование (льцерна, клевер), что в то же время освобождает от необходимости периодических расчисток.

В десятой пятилетке будет создана Чебоксарская ГЭС. Водоохранилище заполнит долину Волги, заливы врежутся в лесные массивы по рекам Ветлуге, Керженцу, Рутке, Суре и др. Повысится опасность возникновения лесных пожаров из-за возрастания маломерного ледильского мстофлота. Из-за водных г'егред затруднится деятельность передвижных механизированных противопожарных отрядов. В такой ситуации высокоэффективным средством борьбы может стать применение пожарного гидросамолета. Значительность зоны обслуживания - Горьковская область, Марийская и Чувашская АССР - будет создавать приемлемые условия его применения и в технико-экономическом отношении. Зона деятельности передвижных противопожарных отрядов должна быть сосредоточена за пределами деятельности авиагидроохраны, доступных для них территориях.

Таким образом, инициативные подходы к решению вопроса о противопожарных мероприятиях в высокогорных лесах с учетом конкретного содержания условий, определяющих их горимость, средства локализации огня и борьбы с ними.

НЕУДЫ ПРАКТИКИ ОХРАНЫ ЛЕСОВ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Красноярск

В Красноярском крае сосредоточена одна пятая часть общесоюзного запаса древесины. Общая площадь лесного фонда составляет 148,3 млн.га, но хозяйственно освоенными можно считать 40 млн.га, из них - 16 млн.га - сырьевые базы лесозаготовителей.

Активной охраной освоено пока 50 млн.га государственного лесного фонда, 12 млн.га оленных пастбищ и 2 млн.га колхозных и совхозных лесов. Две трети лесов находятся в северных необжитых местах.

На активно охраняемой территории на одного лесника приходится в среднем 30 тыс.га леса. Из 96 пожарно-химических станций укомплектованы противопожарной техникой только 10 станций, а остальные - на 30-40% от нормы.

Авиационная охрана лесов проводится на 50 млн.га силами 28 оперативных отделений Красноярской авиабазы.

Численность парашютистов и десантников-пожарных достигает 800, но этого в дни с высокой пожарной опасностью недостаточно.

Общие затраты на охрану лесов без стоимости содержания лесной охраны составляют более 1 млн. рублей, на авиационную охрану расходуется до 5 млн. рублей.

На активно охраняемой территории ежегодно возникает от 700 до 1500 лесных пожаров с тенденцией к увеличению. Площадь лесных пожаров имеет общую тенденцию к уменьшению, но в большой степени это зависит от погодных условий пожароопасного сезона.

За последние 5 лет на активно охраняемой территории ежегодно выгорало от 8 до 46 тыс.га, в предыдущие годы - до 80 тыс.га.

Одной из причин высокой горимости лесов является слабая технико-хозяйственная база для борьбы с пожарами и недостаточность противопожарного устройства лесной территории. На вооружении лесников имеется только плуг ПЛД-70, успешно работавший лишь при отсутствии захламленности и при наличии пней не более 600 шт/га.

До сих пор не решается вопрос механизации работ по очистке вырубок. Существующий способ сбора сучьев в кучи и валы не обеспечивает быстрого перегнивания древесных остатков, в постоу на лес-

сосеках длительное время сохраняется высокая пожарная опасность. Необходимо, на наш взгляд, разработать механизированный способ очистки лесосек путем измельчения порубочных остатков и перемещения их с земли для ускорения перегнивания. В дальнейшем, возможно, измельченные порубочные остатки найдут применение в народном хозяйстве.

Между тем внедряется еще способ создания противопожарных барьеров и заслонов при проведении рубок ухода за лесом. Успешные со студенческой скамьи лесоводственные представления о необходимости создавать чистые хвойные насаждения еще преобладают над противопожарным направлением рубок ухода.

Применение химических методов ухода за лесом облегчает работу по формированию хвойных насаждений, но в значительной мере вызывает пожарную опасность. Этот метод препятствует расчленению лесных массивов на отдельные блоки. С лесопожарной точки зрения, необходимо отказаться от проведения химических способов ухода за лесом, а рубки ухода направить на повышение пожарной устойчивости насаждений, но для этого необходимо разработать более совершенные и высокопроизводительные механизмы, чем существующие "Секор", "Аруж" и т.п.

В период высокой пожарной опасности для своевременного обнаружения лесных пожаров необходимо осуществлять непрерывное наблюдение за лесом в течение почти всего светового дня. Эту проблему следует решать не за счет увеличения патрульных самолетов и вертолетов, а за счет освоения новых космических способов наблюдения за лесом: при помощи спутников. Должна быть разработана и система передачи информации о пожарах от спутника до лесничества.

Обнаружение пожаров в момент их возникновения с помощью ИСЗ, своевременность принятия мер для их ликвидации не только спасет от огня тысячи гектаров леса, но и позволит расширить зону активной охраны лесов на всю территорию края и в конечном счете может привести к сокращению затрат на авиационную охрану лесов.

В организационных формах борьбы с лесными пожарами так же имеются серьезные недостатки. Наиболее современным способом является доставка рабочих к местам пожаров при помощи вертолетов Ми-8, но их все еще очень мало. Кроме того, для тушения устойчивых лес-

ных пожаров требуется большое количество специально подготовленных рабочих или мощная землеройная техника типа бульдозеров. При недостатке рабочей силы предпочтение следует отдавать тяжелой технике, но бульдозеры тихоходы, для их перевозки требуются тракторы и тягачи.

Для тушения пожаров необходимы также мощные бустерные всасывающие колесные машины с клиновидным режущим органом типа большого артиллерийского тягача БАТ. За счет повышения производительности сокращается время тушения лесных пожаров, уменьшаются их площади, а следовательно, ущерб.

Следует также отметить, что все существующие способы пожаротушения требуют затраты физического труда. Необходимо ускорить разработку способов, если не ликвидации, то локализации лесных пожаров с воздуха при помощи воды или водных растворов химикатов типа "Бишофит". Для этого требуются самолеты с большой грузоподъемностью, большим диапазоном скоростей полета и оборудованные для полетов на малых высотах. Таких самолетов пока нет. Несмотря на необходимость коренного перевооружения лесопожарной службы, затраты на охрану лесов будут оправданы повышением производительной эффективности. При этом следует учесть, что средние затраты за 1 га лесной территории у нас значительно меньше, чем в США и Канаде.

Нельзя обойти вопрос о качестве подготовки внешними учебными заведениями специалистов лесного хозяйства. Как правило, выпускники лесохозяйственных вузов имеют весьма смутное представление о лесных пожарах, способах их тушения и совершенно не знают лесозащитной техники.

Необходимо перестроить учебный процесс на лесохозяйственном факультете по крайней мере в СТИ с целью увеличения числа часов охраны лесов от пожаров. Выделение специальных групп на лесозащитном факультете по подготовке инженеров охраны и защите леса, на мой взгляд, нецелесообразно. Это, во-первых, может быть принято так, что лесничим не обязательно знать лесную историю, а во-вторых, работа инженеров охраны леса настолько разнообразна, что требует больших знаний и опыта работы во всех областях лесного хозяйства.

ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ ПО НАПОЧВЕННОМУ ПОКРОВУ В ЛЕСУ

Москва

Разработана замкнутая аэротермохимическая модель распространения пламени по напочвенному покрову, позволяющая путем анализа уравнений сохранения энергии и массы в рамках ряда физических обоснованных допущений выявить взаимосвязь между скоростью распространения крошки пламени и условиями горения (скорость и направление ветра, влагосодержанием, запасом горючих материалов, характерным размером частиц и т.п.).

Модель основана на постулате, что скорость распространения фронта пламени по напочвенному покрову определяется скоростью распространения локальных пламен вдоль расположенных на его поверхности частиц, а выделение тепла в зоне локальных пламен (термохимический эффект) является результатом аэродинамического взаимодействия точечного (в случае тонких цилиндрических частиц) или линейного (в случае тонких плоских частиц) источника горючих газов с набегавшим (в том числе под действием сил Архимеда) воздушными потоками.

Проведено сопоставление вытекающих из модели соотношений с литературными данными в основном по горению опавшей сосновой хвои и показано, что они находятся как в качественном, так и в количественном (с точностью до постоянного множителя) соответствии между собой.

Путем анализа, полученных из модели взаимосвязей для типичных условий горения в лесу, выведено простое алгебраическое уравнение, позволяющее прогнозировать с достаточной степенью точности скорость распространения фронта пламени по широко распространенным видам проводников горения. Уравнение справедливо в тех случаях, когда перенос тепла посредством турбулентных вихрей и переноса горящих частиц не играет существенной роли.

ГОРЕНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА ПРИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРАХ

Томск

Анализ работ по лесным и степным пожарам показывает, что при сплошном горении в лесу и степи тепло из зоны горения передается в основном органической массе и расходуется на ее нагрев, сушку, пиролиз. Затем летучие продукты пиролиза и сухая обуглероженная органическая масса сгорает, и процесс повторяется (рис. 1, стрелка символизирует перенос энергии излучением, кондукцией, а также конвекцией газа и конденсированных частиц). При создании любой математической модели лесного и степного пожаров необходимо учитывать вышеуказанные стадии процесса горения.

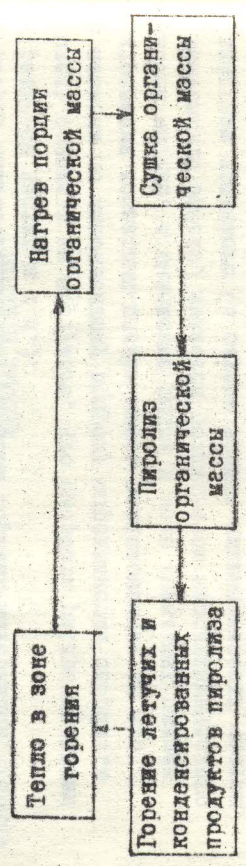


Рис. 1. Структурная схема процесса передачи тепла (горения)

Принимая во внимание, что расстояния между элементами органической массы (кронами деревьев в случае верхних и травинками, листьями и другими элементами напочвенного покрова в случае интенсивных низовых пожаров), которые будем в дальнейшем называть проводниками горения, значительно меньше характерного размера лесного массива, этот слой можно считать сплошной средой. Вместе с тем, учитывая особенности структуры этого растительного слоя и процессы горения (расстояние между проводниками горения, как правило, не изменяется в процессе горения, можно моделировать лес пористой недеформируемой реагирующей средой).

Обзор экспериментальных работ о лесных пожарах показывает, что перенос энергии из фронта горения к негорящему топливу в общем случае осуществляется путем кондукции, конвекции, излучения и диспергирования головешек. Поэтому обмен математическая модель должна учитывать эти эффекты.

Из физических соображений очевидно, что при любом природном пожаре существует поверхность, определяющая пористую реагирующую среду (слой горящего и конденсированных продуктов реакции) от двухфазной реагирующей среды, представляющей собой совокупность газообразных продуктов пиролиза, продуктов реакции пиролических газов с кислородом воздуха, компонентов воздуха и конденсированных частиц - головешек, которые возникают, например, при верхних пожарах.

Анализ экспериментальных работ показывает, что в обмен случае тепловые реагирующей двухфазной среды в приземном слое атмосферы является турбулентным.

Наконец, большое влияние на возникновение и распространение природного пожара имеет структура слоя растительной массы и рельеф местности.

Очевидно, что общая математическая модель природного пожара должна учитывать перечисленные выше факторы. В результате имеем следующую систему уравнений:

$$\frac{\partial \rho \gamma_5}{\partial t} + \text{div}(\gamma_5 \rho \vec{v}) = R_5 + S R_{5s} \quad (1)$$

$$\rho \gamma_5 \left[\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} \right] = -\gamma_5 [\text{grad } p + \vec{v} \left(\frac{\partial v}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial r} \right)] - \rho g \gamma_5 - \vec{v} (R_5 + S R_{5s}) \quad (2)$$

$$S C_p \gamma_5 \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \cdot \text{grad } T \right) = \text{div} \left[(\lambda + \lambda T) \gamma_5 \text{grad } T \right] - \text{div} (T - T_s) - \sum_{d=1}^4 (R_{5d} + S R_{5sd}) h_{d,} \quad (3)$$

$$\vec{v} \cdot \vec{h}_d = -\rho \gamma_5 (R_{d,} + D_T) \text{grad } C_{d,} \quad (4)$$

$$\rho \gamma_5 \left(\frac{\partial C_{d,}}{\partial t} + \vec{v} \cdot \text{grad } C_{d,} \right) = R_{5d} + S R_{5sd} - \text{div} \vec{v} \cdot \vec{h}_d - C_{d,} (R_5 + S R_{5s}) \quad (5)$$

$$\rho_1 \frac{\partial \gamma_4}{\partial t} = R_1, \quad \rho_2 \frac{\partial \gamma_4}{\partial t} = S R_{2s}, \quad \rho_3 \frac{\partial \gamma_4}{\partial t} = R_3 + S R_{3s}, \quad (6)$$

$$\rho_4 \frac{\partial \gamma_4}{\partial t} = S R_{4s}, \quad \sum_{d=1}^4 \gamma_i = 1, \quad \rho = \frac{\rho_5 \beta T}{M} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^4 \rho_i \gamma_i C_{pi} \frac{\partial T_s}{\partial t} = \text{div} (A_s \text{grad } T_s) + A_s (T - T_s) - \sum_{i=1}^4 h_i (\rho_i + S R_{si}) \quad (8)$$

венные критерии подобия. Несущественные критерии подобия модели и натур могут при этом отличаться.

Упрощение общей постановки задачи о распространении лесного пожара можно осуществлять, оценивая значение критериев подобия и приравняя некоторые атмосферные физические соотношения или опытные данные. В частности, если $Fr \gg 1$, то уравнения существенно упрощаются, так как можно игнорировать члены с $\partial/\partial t$ и тем самым время выпадает из числа независимых переменных.

Сенки показывают, что числа Рейнольдса и Фруда для низовых и верховых пожаров сильно различаются. Так, для низовых пожаров $Re = 300-600$, $Fr = 0,5-2$, а для верховых $Re = 2 \cdot 10^4 - 10^5$, $Fr = 0,02-0,06$. При вычислении этих чисел использовались известные данные по пожарам, причем числа Рейнольдса вычислялись по толщине фронта пламени, а числа Фруда — по высоте пламени. Иными словами, при помощи существующих критериев подобия можно идентифицировать тип лесного пожара. Обращает на себя внимание тот факт, что роль силы Кориолиса, как следует из формулы для критерия Кориолиса, возрастает с ростом высоты и большой пожар, продукты которого иногда достигают тропосферы, является принципно трехмерным природным явлением, так как исключительной силой конвективной колонии всегда имеет место в результате действия силы Кориолиса.

Дополнительные следствия можно получить и из анализа критерия Фруда. Если $Fr \ll 1$, то $g_0^2 / z^2 \ll g_0$, где g_0 — характеристическая скорость ветра, а z_0 — характеристический размер (высота) зоны пожара. Величина g_0 представляет собой потенциальную энергию столба газа на единицу массы. Очевидно, эта величина в силу закона сохранения энергии равна кинетической энергии восходящего потока газа на единицу массы $g_0^2 / 2$, возникающего в результате свободной конвекции. Поэтому при $Fr \ll 1$ имеем $g_0^2 / z^2 \ll g_0^2 / 2$ и конвективная колонка будет вертикальна, так как кинетическая энергия ветра мала по сравнению с кинетической энергией восходящего потока газа. Наоборот, при $Fr \gg 1$ конвективная колонка отклоняется так как $g_0^2 / z^2 > g_0^2 / 2$ и имеет место, так называемый режим шимжа.

Представленная в данной работе система уравнений является весьма общей. Она учитывает турбулентный характер течения в приземном слое, стратификацию атмосферы, многообразные физико-химические превращения и структуру леса. Поэтому из полученной системы уравнений как частный случай можно получить системы уравнений для низового, верхового и промежуточного пожара (горенуэ торфяников). Эти системы уравнений

будут отличаться друг от друга численными значениями коэффициентов переноса и параметров, характеризующих структуру реагирующей среды.

В связи с этим весьма важной задачей, на наш взгляд, является создание информационно-методической базы для общей математической модели лесного пожара, включающей в себя на базовой основе модели метеословной, рельефности, структуры реагирующей среды, а также определенное термомеханических постоянных химических реакций и испарения воды. Для решения этой задачи необходимо использовать перестановочные описания и провести обширные экспериментальные исследования.

Для последующей проверки модели целесообразно провести серии названных экспериментов в натуральных условиях.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТА КОНТУРОВ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Красноярск

Создание полной модели лесного пожара, основанной на данных описания физико-химических процессов горения, представляет собой сложную комплексную задачу, которая в настоящее время пока до удовлетворительного решения.

В то же время современный уровень знаний позволяет в ряде случаев рассчитывать скорости движения кромки огня при низовых пожарах и, таким образом, прогнозировать их распространение. При этом возникает задача построения контуров пожаров, то есть границ областей, пройденных огнем.

В докладе рассматриваются некоторые гипотезы, на основе которых могут быть получены уравнения движения контуров. Простейшая гипотеза состоит в том, что каждая точка контура перемещается в пространстве независимо от соседних точек в направлении внешней нормали к линии контура. При этом ее скорость зависит как от угла горючего, скорости ветра, наклона местности, так и от угла образования нормали к линии контура с направлением ветра и с направлением наиболее крутого подъема местности.

Если исходить из феноменологического подхода, предположить, что величина нормальной скорости в каждой точке известна и что теплопроводность материала не учитывается - то простейшая модель вытекает из уравнения теплового баланса. Для описания зависимости нормальной скорости от угла между нормалью к контуру и направлением ветра и (или) склона использовались экспериментально определенные функции - индикатрисы нормальной скорости.

Эта модель для однородного слоя горючего и точечных (или круговых) начальных очагов горения позволяет получать простые аналитические выражения для расчета выпуклых контуров и соответствующих характеристик - длины внешней кромки горения и величины площади, пройденной огнем.

Развитием модели является гипотеза Маркштейна, исходящая из предположения, что скорость распространения горения зависит от кривизны фронта пламени. Применение ее к описанию движения

кромки пожара позволяет создать модель, удовлетворительно описывающую движение как выпуклых, так и вогнутых контуров.

Третья модель основана на гипотезе точечного источника, согласно которой каждая точка кромки пожара является элементарным источником (очагом) распространения огня. Горение из каждой точки кромки распространяется в окрестности этой точки во всех направлениях, где имеется горючее, причем скорость распространения в некотором направлении определяется индикатрисой радиальной скорости, которая зависит от угла, образованного линией направления с направлением ветра и (или) склона. Потоковые внешние границы кромки в последующие моменты времени определяются огибающей во всем элементарными приращениями, построенными из каждой точки кромки пожара. Показана связь этой модели с моделью нормальной скорости.

Приводятся уравнения индикатрисы для ряда лесных и погодных условий, полученные путем обработки экспериментальных данных о пожарах.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Ленинград

Одной из основных задач, связанных с охраной лесов от пожаров, является рациональная организация работ по их тушению. Успешное решение этой задачи невозможно без правильного прогноза развития пожара с учетом конкретных условий его распространения.

Поведение лесного пожара определяется положением кромки огня и ее интенсивностью в каждый момент времени. Большинство существующих теоретических моделей, основанных на уравнениях теплопередачи, решает только часть общей задачи — описание скорости поступательного движения огня в направлении нормали к кромке пожара. Наиболее известной из них является модель Ротгермеля, основанная на законе сохранения энергии.

Эта модель позволяет рассчитывать значения скорости распространения и интенсивности огня, которые должны рассматриваться в качестве оленочных или средних значений для данного горючего материала и заданных условий окружающей среды. Модель реализована в виде машинных программ и набора номограмм применительно к практике в США классификации лесных горючих материалов.

Наличие моделей и номограмм является необходимым, но не достаточным условием для решения общей задачи прогноза поведения лесного пожара. Оценка пространственного положения кромки с помощью этих моделей возможна при достаточно жестких ограничениях, касающихся независимости отдельных участков пожара, гомогенности слоя горючих материалов, постоянства метеорологических условий. Однако ни одно из перечисленных условий практически не выполняется при сколько-нибудь существенной длительности распространения огня. Указанные обстоятельства приводят к необходимости разработки имитационных моделей, позволяющих оценивать (прогнозировать) поведение пожара при нестандартных условиях его развития.

В основу имитационной модели пожара закладывается представление о охраняемой территории в виде множества элементарных участков (топливной решетки). При этом предполагается, что тип и структура горючих материалов однородны в пределах каждого элементарного участка.

Скорость распространения огня в каждом узле решетки находится

как функции типа горючего, его влажности, скорости и направления ветра.

Момент загорания каждого участка определяется минимальным временем прохождения огня из начального участка с учетом всех возможных путей достижения кромки пожара данного участка. Для решения задачи используется модифицированный алгоритм

Более компактной является модель в которой движение кромки описывается дифференциальными уравнениями. При выводе этого уравнения предполагалось, что каждая точка кромки перемещается в направлении, соответствующем максимальному значению скорости распространения огня. При этом учитывались возможные изменения скорости и направления ветра.

В отличие от рассмотренной выше модели, данная модель требует для своей реализации меньшей памяти и меньшего машинного времени. При некоторых предположениях, касающихся условий распространения огня и скорости тушения, удается описать аналитически границу выгоревшей площади после завершения работ по тушению и проанализировать чувствительность относительных значений выгоревших площадей и периметров пожаров к скорости тушения, форме пожара для различных тактик тушения.

Результаты исследований использовались при расчете максимальной допустимой площади пожара к началу тушения и максимального допустимого времени следования к пожару.

Практическое использование описанных моделей возможно при наличии информационной базы для выполнения расчетов. Организация такой базы включает в себя:

- ввод и хранение в памяти ЭВМ лесорастительных характеристик охраняемой территории;
- расчет и систематизацию коэффициентов интерполяционных многочленов, описывающих скорости распространения тактических частей кромки пожара в различных лесорастительных условиях.

В перспективе, по мере изучения процесса теплопередачи при лесном пожаре, представляется целесообразным заменить интерполяционные многочлены интегро-дифференциальными уравнениями, отражающими физическую природу процесса распространения огня.

О. Д. Воробьев

ВЕРоятностное множественное моделирование ЛЕСОПЕРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Красноярск

Рассмотрим применение вероятностных множественных моделей для описания распространения различных типов лесных пожаров, переходов пожара из одного типа в другой, процессов пожарного созревания и возобновления гарей.

В случае перехода пожара из одного типа в другой речь пойдет о моделировании качественного развития пожара, обусловленного изменением процесса горения. Главная причина перехода лесного пожара из одного типа в другой состоит в том /Франк, 1964/, что по мере развития пожара сам начинает влиять на характер своего распространения. К основным механизмам этого влияния обычно относят /Франк, 1964/ образование над пожаром конвекционной колонки, которая способствует усилению процесса газообмена и быстрому росту пожара. При этом распространение пожара начинает определяться не продвижением фронта огня, а переносом горящих частиц, от которых возникает "пятнистые пожары". Вероятность создания пожаром конвекционной колонки быстро возрастает по мере возрастания его размера. К быстрому и бурному развитию пожара ведет "воспламенение площади" за счет слияния телла нескольких очагов, рассеянных по лесной территории. Еще одной важной причиной качественного развития пожара является рельеф, потому что распространение горения на крутых склонах ведет к воспламенению кроон деревьев и переходу пожара из низового в верховой.

Таким образом, если низовой пожар - это "плоский" процесс, то верховой пожар - это процесс, развивающийся в трехмерном пространстве. Однако обычно главный интерес представляют последствия пожара /независимо от того, был ли пожар низовой или верховой/. "След" пожара любого типа на лесной территории можно также, как и раньше /Воробьев, 1975/, представить в виде плоского случайного множества /с.м./, описывающего захваченные пожаром участки леса. Следовательно, пожар любого типа может быть описан той же вероятностной множественной моделью, которую мы использовали для низового пожара, с единственным отличием в задании вероятностных множественных параметров локального распространения. Такой подход полностью соответствует нашей точке зрения, согласно которой влияние лесных факторов на геометрическое распространение лесного пожара учитывается посредством изменения формы локального распространения горения.

Рассмотрим возможное изменение правил, соответствующее перечисленным выше основным причинам и механизмам качественного развития лесного пожара. Сосредоточим внимание на образовании конвекционной колонки, эффекте "воспламенения площади" и влиянии рельефа.

Конвекционный перенос горящих частиц - это механизм влияния состояния лесного пожара в целом на его локальные распространения. Предположим, что для каждого состояния лесного пожара, описываемого с.м. K , известно с.м. L , которое представляет из себя множество участков, попадающих под влияние конвекционной колонки. Пусть каждая точка лесной территории характеризуется локальным с.м. конвекционного переноса C_x , которое описывает конвекционный перенос горящих частиц из этой точки при условии, что данная точка попадает под влияние конвекционной колонки. Тогда влияние, которое оказывает на распространение лесного пожара в целом данная конвекционная колонка, описывается с.м. $C = \bigcup_{x \in L} C_x$. Таким образом, это с.м. определяет очаги, образовавшиеся в результате переноса горящих частиц. В дальнейшем распространение пожара из этих очагов описывается обычными локальными с.м. Разумеется, влияние лесного пожара на локальный конвекционный перенос описывается не только с.м. L , которое определяет лишь тип распространения /низовое или низовое плюс конвекционный перенос/. Поэтому распределение с.м. конвекционного переноса должно, вообще говоря, зависеть от состояния всего пожара в целом /как с.м./, т.е. $C_x = C_x(K)$.

Эффект воспламенения площади - это применение механизма влияния состояния лесного пожара в некоторой окрестности D_x точки x на локальное распространение горения в этой точке. Поэтому воспламенение площади можно учесть, предположив определенную зависимость локального с.м. S_x от с.м. KND_x , где с.м. K - состояние пожара в целом. Однако конкретная зависимость может быть получена только на основе изучения распространения горения за счет слияния телла нескольких очагов, рассеянных по лесной территории.

Влияние рельефа на качественное развитие пожара проявляется в создании условий для перехода низового пожара в верховой. При этом характер собственного распространения верхового пожара, естественно, отличается от распространения низового пожара. Поэтому для его описания необходимо ввести локальные с.м. распространения верхового пожара, с помощью которых можно по прежней схеме /Воробьев, Велендин, 1978/ описывать распространение верхового пожара в целом. Поскольку и низовое и верховое распространение осуществляется одновременно и взаимосвязанно, то следует позаботиться об описании их взаимного влияния. Многообразие взаимосвязанного распространения низового и верхового пожаров можно учесть в следующей простейшей вероятностной множественной модели.

Пусть ЦСР $\{K_t, t \in T\}$ описывает распространение низового пожара, а ЦСР $\{K_t^H, t \in T\}$ - распространение верхового пожара, тогда совместное распространение описывается системой двух рекуррентных теоретико-множественных соотношений

$$K_{t+1} = [K_t^H U_{x \in \Delta_t} S_{x, t} U_{x \in \Delta_t}^H N_x^H, K_t^H],$$

$$K_{t+1}^H = [K_t^H U_{x \in \Delta_t}^H N_x^H U_{x \in \Delta_t} S_{x, t}^H, K_t^H],$$

где с.м. S_x описывает переход низового пожара в верховой в точке x , а с.м. N_x^H - обратный переход.

Рассмотрим пути вероятностного теоретико-множественного исследования таких сложных лесопирологических процессов, как пожарное созревание лесов и возобновление гарей.

Пожарное созревание, обусловленное процессами выгорания и увядания лесных торфяных материалов, определяется в целом сравнительно небольшим числом факторов /Софронов, 1970/, главными из которых являются особенность дровостоя, рельеф и тип почвенного покрова. Цель использования вероятностных множественных моделей в этом случае - описать процесс пожарного созревания /как теоретико-множественные случайные процессы /и их зависимость от случайного влияния каждого из перечисленных факторов, чтобы получить среднее геометрическое расположение участков с различными пирологическими характеристиками /карту пожарной опасности/.

Возобновление гарей обусловлено процессами взаимного рассеивания разнообразных групп лесных биогеоценозов. Исследование этих процессов ведется с целью установления чувствительности лесов разных типов к пожарам, закономерности зарастания гарей, условий, которые способствуют или препятствуют возобновлению леса на гарях. В виду своей распределенности и случайной изменчивости процессы возобновления гарей требуют для своего описания вероятностных множественных моделей. В частности, могут быть использованы процессы случайного взаимодействия /Воробьев, Валендик, 1978/, описывающие взаимное противостояние развития нескольких биологических видов.

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ЛОКАЛИЗАЦИЕЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Красноярск

При рассмотрении вопросов, связанных с созданием математических моделей распространения лесного пожара, большой теоретический и практический интерес представляет моделирование управления процессом распространения огня в лесу.

Одной из простых феноменологических моделей лесного пожара является процесс распространения на плоскости, определяемый заданием начальных условий и правил распространения из каждой точки плоскости в точки некоторой ее окрестности. При этом форма процесса определяется временем достижения любой точки плоскости процессом.

Управление в общем случае можно определить как допустимое изменение правил распространения, приводящее к изменению времени достижения для точек плоскости, т.е. изменению формы процесса. Мы рассмотрим одну из задач управления - задачу локализации процесса, сформулируем в малом задачу локализации пожара. Локализация можно определить как полное окружение процесса, идущее параллельно с его развитием, при котором он не может выйти за границы окружения.

Элементом управления при локализации является локализационная кривая, параметризованная по времени заданием начала и направления движения из данной точки плоскости в создание (из выбранной окрестности) при этом движении по данной кривой возможно только в области, еще не занятых процессом.

Решением задачи локализации является совокупность локализационных кривых, образующих в объединении замкнутую кривую, содержащую внутри себя начальное множество процесса.

Разработана методика, позволяющая на уровне теоретически результатов, алгоритмов и программ решать для заданных процесса распространения, правила локализации в области, в которой происходит локализация, решать следующие вопросы:

1. Существование решений задачи локализации.
2. Нахождение наименьшего числа локализационных кривых, а также нахождения их форм.
3. Определение наименьших окрестностей локализации при заданном числе локализационных кривых.
4. Решение ряда комплексных задач, связанных с параллельным изменением времени наступления процессов выделенных областей для возмож-

ности проведения локализации, с нахождением путей и мест доставки средств локализации.

Решение данных задач в общей форме уже позволяет оценивать число необходимых средств локализации и находить лучшие стратегии окружения. В конкретных случаях при наличии общей прогнозируемости процесса и регулярной информации о положении участков локализации моделирование дает возможность оперативного определения и корректировки управления локализацией.

О. Д. Воробьев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАЦИОННЫХ ИГР В ЛЕСНОЙ ПИРОЛОГИИ Красноярск

Возможность применения операционных игр как одного из методов исследования операций в лесной пирологии еще не изучена в полной мере. Одной из лесопирологических задач, в которой процесс принятия решений имеет особо важное значение, является организация противопожарных мероприятий.

На основании общих соображений, опирающихся на предшествующий опыт по ликвидации лесных пожаров, лесопирологические, экономические и социальные данные, в настоящее время принимаются определенные меры по совершенствованию и организации противопожарных мероприятий. Однако точно предсказать последствия какой-либо конкретной меры бывает трудно и практически невозможно.

Очевидно, что проведение любых противопожарных операций в весьма значительной степени зависит от ряда случайных факторов, и бывает трудно выбрать стратегию, которая была бы оптимальной. В большинстве случаев оказывается возможным поддерживать только одной из большого числа разнообразных мыслимых стратегий. Практическая же проверка различных вариантов не только сложна и требует много времени, но и зачастую невозможна.

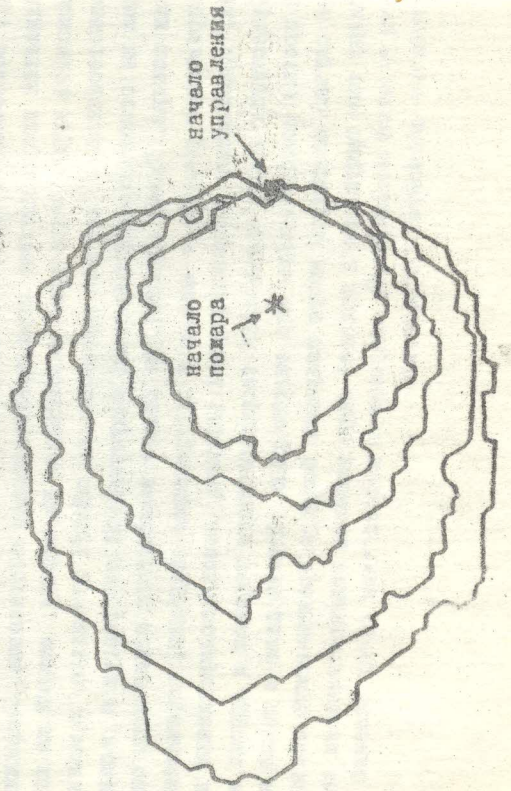
Следовательно, целесообразно попытаться поставить весь процесс принятия решений на более теоретическую и более строгую вероятностную основу. Возможно, в частности следующий метод.

Задается искусственная лесопирологическая обстановка. Участники операционной игры /операторы/ разбиваются на отряды, каждый из которых самостоятельно /или под руководством общего командира/ принимает решение на основе предостыменной искусственной информации о распространении пожара. Таким образом, на каждом конкретном этапе игры операторы принимают решения о начале и прекращении операции, перемещении отряда, применении противопожарной техники, вызове подкрепления и т.д.

Существует много трудностей теоретического порядка и других возражений против искусственных игр такого рода. Однако даже в самом неудачном случае, операторы могут получить большую практическую пользу, поскольку они вынуждены в большей мере мыслить количественными категориями и имеют возможность обдумывать последствия своих решений в относительно спокойной обстановке.

Более перспективная методика - построение математической модели всего процесса ликвидации лесного пожара, включая принятие решения. Это не уменьшает значения принятия решения, а, наоборот, позволяет, включив этот процесс в модель, лучше изучить его. Любые решения, которые могут приниматься в процессе операционной игры, должны быть описаны в модели так, чтобы их можно было принимать повторно столько раз, сколько это необходимо для внесения поправок на статистические колебания.

Весь процесс ликвидации лесного пожара можно ввести в ЭВМ, благодаря чему время принятия решения уменьшается на несколько порядков. Определенное продвижение в исследовании структуры принятия решения при управлении лесным пожаром может быть достигнуто в результате использования вероятностных теоретико-множественных моделей распространения лесного пожара, включенных в себя и модели принятия решения /Зоробьева, Валендик, 1978/. Такого рода тактическая лесопрологическая операционная игра, разрабатываемая в ВЦ СО АН СССР в г. Красноярске совместно с Институтом леса и древесины СО АН СССР, является теоретической основой тренажеров для личного состава авиабаз противопожарной охраны лесов. Разработаны пакеты программ, позволяющие моделировать разнообразные варианты стратегии и тактики ликвидации пожара, опираясь на среднемерный и среднеуклонный прогноз распространения пожара. С помощью этих алгоритмов можно исследовать различные вопросы управления лесным пожаром. В частности, на рисунке приведена расчетная зависимость "блочная" формы ликвидированного пожара от линейной скорости управления



РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДЫМОВОГО ОБЛАКА ЛЕСНОГО ПОЖАРА ПРИ УСТОЙЧИВОЙ СТРАТИФИКАЦИИ АТМОСФЕРЫ

Томск

Лесные пожары сопровождаются выделением в атмосферу значительного количества тепла и продуктов горения, которые поднимаются вверх в виде плавучих струй. Картина струйного движения дыма в нижних слоях атмосферы зависит от ряда факторов: скорости выгорания, характеристик ветра, стратификации атмосферы.

Здесь мы остановимся на анализе задачи расположения дымового облака в стратифицированном устойчивом слое атмосферы. Для этого слоя характерно отсутствие сил плавучести из-за того, что плотность атмосферы сверху ниже плотности дыма.

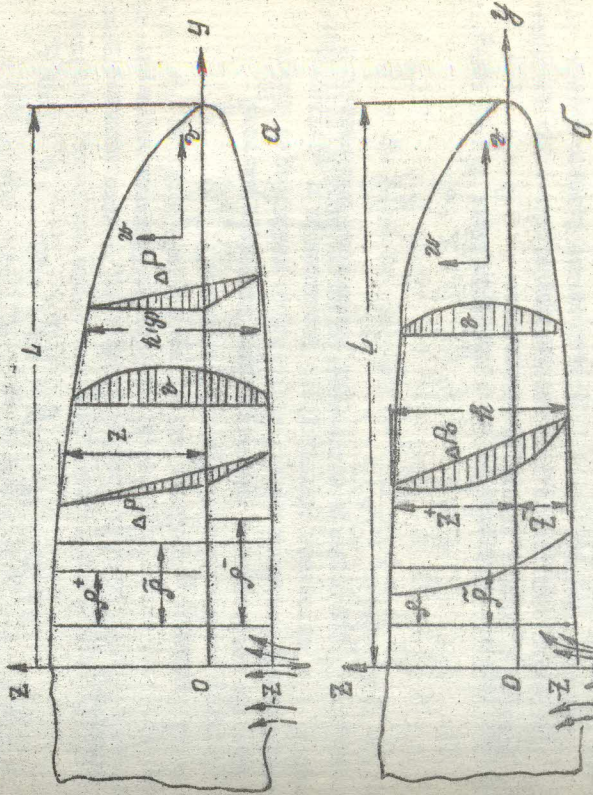


Рис. 1. Расчетные схемы.

Основные расчетные модели приведены на рис. 1. Начало координат располагается в сечении максимальной разности давлений атмосферы P и дыма \bar{P} около места входа струи в образовавшееся со временем дымовое облако. Горизонтальное движение дыма за счет разности давлений $\Delta P = \bar{P} - P$ в силу малости отношения толщины слоя l к

его длине L будем рассматривать в приближении пограничного слоя. Разность давлений ΔP определяется в соответствии с законами гидростатики. Она связана с толщиной слоя h и определяется законом изменения плотности атмосферы $\rho(z)$.

Для схемы "а" со ступенчатой стратификацией из элементарного рассмотрения получим:

$$\Delta P = \begin{cases} \Delta P_0 (1 - \frac{z}{h}) & \text{при } 0 \leq z \leq h \\ \Delta P_0 (1 + \frac{z}{h}) & \text{при } 0 \geq z \geq h \end{cases}$$

$$\Delta P_0 = \frac{(\bar{\rho} - \rho)(\bar{z} - z)}{\bar{z} - z} \cdot h \quad \bar{z} = h \frac{\bar{\rho} - \rho}{\bar{\rho} - \rho}, \quad \bar{z} = -h \frac{\rho - \bar{\rho}}{\bar{\rho} - \rho}$$

где $\Delta P_0(y)$ - максимальная разность давлений, $h = z - z$. В общем случае задания плотности атмосферы $\rho(z)$ разности давлений определяется уравнением:

$$\Delta P = \bar{p} - p = \rho_0 - \int_0^z \rho(z) dz + g \int_0^z \rho(z) dz \quad (2)$$

а границ слоя \bar{z}, \bar{z} и $h = \bar{z} - \bar{z}$ из условия равенства гидростатических давлений $\bar{p}(\bar{z}) - p(\bar{z}) = 0$:

$$\frac{\Delta P_0}{\rho} = \int_0^{\bar{z}} z - \int_0^{\bar{z}} \rho(z) dz, \quad \text{где } \bar{z} = \bar{z} \quad \text{или} \quad \bar{z} = \bar{z} \quad (3)$$

Система уравнений гидродинамики справедливая во всей области кроме окрестности входа струи (здесь движение имеет очень сложный характер, с эффективной турбулентной вязкостью ν в приближении пограничного слоя имеет вид:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + v \frac{\partial z}{\partial x} + w \frac{\partial z}{\partial y} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\Delta P)}{\partial z} + \nu \frac{\partial^2 z}{\partial z^2} \quad (4)$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial(\rho w)}{\partial y} + \frac{z}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z} = 0 \quad (5)$$

где $\Gamma = 0$ - соответствует фронту пожара с большой протяженностью, $\Gamma = 1$ - растекание дыма происходит радикально, что соответствует случаю пожара с образованием дымовой колонки.

Анализ полученной математической модели нужно проводить с тем учетом однозначности.

В соответствии с результатами исследований Лх.Тернера (1971) возмущение окружающего воздуха в горизонтально распространяющейся лаго можно пренебречь и принять, что на его границах \bar{z}, \bar{z} горизонтальная составляющая скорости v и ее производная $\frac{\partial v}{\partial z}$

берется в нуль: $\frac{\partial v}{\partial z} = 0$ при $z = \bar{z}$ и $z = \bar{z}$

форма облака находится с учетом его геометрии $h = h \max, \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{\partial h}{\partial y} = 0$ при $y = 0, h = 0$ при $y = h$ и сохранения объема дыма, поступающего с расходом $Q(z)$

$$2 \int_0^z \rho(z) h(z) dz = \int_0^z Q(t) dt \quad (6)$$

Решение поставленной задачи в силу ее сложности будем искать с помощью приближенного интегрального метода, широко используемого в теории пограничного слоя. Интегрируя детерминирующую систему уравнений (4) (5) с учетом условий (6) по толщине слоя от \bar{z} до \bar{z} , получим:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{\bar{z}}^{\bar{z}} \rho z dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{\bar{z}}^{\bar{z}} \rho z dz + \frac{1}{y} \int_{\bar{z}}^{\bar{z}} \rho z dz = - \frac{1}{y} \int_{\bar{z}}^{\bar{z}} \frac{\partial \Delta P}{\partial z} dz \quad (9)$$

Входящее сюда распределение скорости нужно задавать. Практика использования интегральных методов показывает, что в данном случае профиль скорости можно определить, интегрируя (4) без учета его левой части. Например, линейному закону изменения плотности $\rho = \rho_0(1 - \alpha z)$ соответствует ларбокинский профиль скорости:

$$v = \frac{g \alpha h}{8 \nu} \frac{dz}{dy} (z^2 - \frac{h^2}{4}), \quad \Delta P = \frac{g \alpha \rho_0}{2} (z^2 - \frac{h^2}{4}) \quad (10)$$

а уравнение (9) переходит в нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(\rho^2 \frac{\partial z}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho^2 \frac{\partial z}{\partial y} \right) = 12 \rho^2 \frac{\partial z}{\partial y} \quad (11)$$

Взяв первое интеграл по y с учетом условия $h = 0$ при $y = L$ для случая $\Gamma = 0$ не вызывает затруднений.

Для второго интегрирования нужно или пренебречь нестационарностью $\frac{\partial h}{\partial t} = 0$, или учесть ее в среднем по всей длине шлейфа L . Такое приближенное решение имеет вид:

$$h = h_{\max} \sqrt{1 - \frac{z}{L}}, \quad L = h_{\max} \sqrt{\frac{g \alpha}{360 \nu (4 \nu - \langle h \frac{\partial h}{\partial t} \rangle)}}, \quad (12)$$

где $\langle h \frac{dh}{dt} \rangle = \frac{1}{L} \int_0^L h \frac{dh}{dt} dy = \frac{3}{10} \frac{dh_{max}}{dt}$ - осредненная член, учитывающий влияние нестационарности процесса, h_{max} - максимальная толщина дымового облака ($y=0$).

Для определения максимальной толщины h_{max} воспользуемся законом сохранения (8) ($Q = const$):

$$Qt = 2 h_{max} \int_0^L \sqrt{1 - \frac{y}{L}} dy = \frac{3}{2} h_{max} \sqrt{300 \frac{10^3}{10^3} \frac{3}{10} \frac{10^3}{10}} \quad (14)$$

Решение уравнения (13), удовлетворяющее начальному условию $(h_{max} = 0 \text{ при } t = 0)$, можно строить в виде ряда по степеням параметра $\xi = \sqrt{\frac{10^3 Q A}{40 V L}} \cdot \frac{40 V L}{9 Q}$:

$$\frac{3 h_{max}^2}{40 V t} = 1 - \frac{1}{3} \xi^2 + \frac{4}{15} \xi^4 - \dots \quad (14)$$

$$L = \frac{2 Q t}{3 h_{max}} = Q \sqrt{\frac{t}{30 V}} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{3} \xi^2 + \frac{4}{15} \xi^4 - \dots \right\} \quad (15)$$

Заметим, что с течением времени (рост ξ) отношение длины L к толщине облака h возрастает:

$$\frac{L}{h} = \frac{2 Q V \left(1 - \frac{\xi^2}{3} + \frac{4}{15} \xi^4 - \dots \right)}{\xi} \quad (16)$$

Используя данную математическую модель можно рассмотреть и другие типы задач по образованию дымового шлейфа в районе лесных пожаров.

УДН 634.0.451.1

Б.М. Воробьев, Н.П. Копылов,
О.В. Пономарев

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛЬНО ПЕРЕГРЕТЫХ КОНВЕКТИВНЫХ СТРУЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АТМОСФЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

Балашиха

Дымовая колонка над пожарами представляет собой один из примеров хорошо известного явления термической конвекции. Первопричина такого явления - локальный перегрев некоторого объема воздуха вблизи сильно нагретой подстилающей поверхности и, как следствие этого, восходящие движения его под влиянием сил плавучести.

Исследования термической конвекции в обычно встречающихся естественных условиях (при наличии слабого теплового импульса) посвящено большое количество теоретических и экспериментальных работ. Менее изучены характеристики конвекции в случае интенсивного, непрерывно действующего теплового источника, в частности пожара.

Вопросам теоретического описания развития конвективной колонки над пожаром посвящена работа, в которой для некоторых случаев получено аналитическое решение.

В настоящей работе представлена численная модель конвективной колонки, выполнена серия расчетов на ЭВМ для широкого диапазона начальных и внешних условий. Данная модель проверялась на эксперименте в г. Томске, где для снятия характеристик конвективной колонки использовались методы лазерного зондирования, разработанные в ИОА СО АН СССР.

При расчете дымового факела, развивающегося в естественных условиях, необходимо учитывать такие эффекты, как взаимодействие макродинамических и тепломассообменных процессов внутри факела; фазовые переходы с выделением либо поглощением тепла; наличие определенной, обычно изменяющейся с высотой стратификации атмосферы; взаимодействие факела с окружающей средой и др. Ясно, что получение строгого аналитического решения для широкого диапазона условий в этом случае не представляется возможным.

Будем моделировать дымовой факел в виде конвективной струи, состоящей из смеси газов с аэрозольными частицами. Причем вся совокупность таких частиц разобьем на 2 части: 1) активные - ядра конденсации; 2) пассивные. Считаем, что все частицы полностью увлекаться воздушным потоком. В качестве исходных воспользуемся уравнениями для изменения

количества движения, тепла и влагосодержания, секундной массы потока, а также конденсационного роста активных частей аэрозоля. Дополнив эти уравнения универсальными физическими и метеорологическими соотношениями и выполнив необходимые преобразования, получим исходную систему нелинейных дифференциальных уравнений для расчета осредненных по сечению факела основных его характеристик:

$$\frac{dW}{dz} = \frac{Q}{W} \left(\frac{T_v}{T} - 1 \right) - (S_k + S_g) - \frac{W}{M} \frac{dM}{dz} - \frac{Ca U \cdot W T'}{RT \sqrt{u^2 + W^2}}$$

$$\frac{dU}{dz} = \frac{u-u^*}{M} \frac{dM}{dz} - \frac{Ca \cdot u \cdot (u-u^*)}{RT \sqrt{u^2 + W^2}} \cdot \frac{T'}{T}$$

$$\frac{dT'}{dz} = \frac{Q}{C_p} \frac{T'}{T} + \frac{T-T'}{M} \frac{dM}{dz} - \frac{4 \chi S_k \chi_k L}{3 C_p} \left(\chi_k \frac{u D_k}{dz} + 3 \eta_k \frac{dz_k}{dz} \right)$$

$$\frac{dz_k}{dz} = A \frac{E}{z_k W} \left(\epsilon - \frac{\delta}{z_k} + \frac{C_s}{z_k} \right); \frac{d\eta_k}{dz} = - \frac{\eta_k}{M} \frac{dM}{dz}; \frac{d\eta_g}{dz} = - \frac{\eta_g}{M} \frac{dM}{dz}$$

$$\frac{dL'}{dz} = f \left(\frac{L}{R \eta T^2} \left(- \frac{dT'}{dz} \right) - \frac{Q}{R C_p T} \right) - \frac{1}{M} \frac{dM}{dz} \left(\frac{L'}{T} - \frac{LE}{E} + \frac{1.61 S_k P}{E} \right)$$

$$- 2.14 \frac{\chi S_k \chi_k P}{E} \left(z_k \frac{du_k}{dz} - 3 \eta_k \frac{dz_k}{dz} \right); \frac{dP}{dz} = - \frac{gP}{R C_p T}$$

$$\frac{dR}{dz} = \frac{R}{2} \left(\frac{1}{M} \frac{dM}{dz} + \frac{Q}{R C_p T} + \frac{1}{T} \frac{dT'}{dz} - \frac{u}{u^2 + W^2} \frac{du}{dz} - \frac{W}{u^2 + W^2} \frac{dW}{dz} \right)$$

$$\frac{1}{M} \frac{dM}{dz} = \frac{2c T'}{RT} \frac{\sqrt{u^2 + W^2}}{W}$$

$$\frac{dX}{dz} = \frac{u}{W}$$

где Z, X - соответственно вертикальная и горизонтальная координаты; W, U - вертикальная и горизонтальная составляющие скорости конвективного потока; Q - ускорение силы тяжести; $\chi, \chi_k, \chi_k L$ - виртуальная температура внутри и вне потока соответственно; M, K - секундная масса и радиус потока; Ca - коэффициент аэродинамического сопротивления потока;

U - скорость ветра в окружающей среде; C_p - удельная теплоемкость воздуха; S_k, χ_k, η_k - соответственно плотность, радиус, удельная концентрация водяных капель; L - удельная теплота конденсации; f - вязкая сила ускорения водного пара; χ, χ_k - относительная влажность воздуха внутри и вне потока; A, B, C - численные коэффициенты; δ, η, η_k - газовые постоянные для водяного пара и сухого воздуха; S_k, S_g - соответственно удельная водность и масса «пассивных» дымовых частиц; C - константа возмущения.

Полученная система решалась численно методом Рунге-Кутты на ЭВМ. Дифференциальные уравнения интегрировались по высоте от некоторого уровня, где в качестве исходных задавались параметры конвективной колонны.

Распределение с высотой в окружающей среде температуры T , относительной влажности f и скорости ветра U считается известным по данным натурных измерений, либо заданным.

На рис. 1 дан пример расчета конвективной колонны с начальной скоростью $U_0 = 3$ м, перегревом $\Delta T_0 = 100^\circ$, размещающейся в штормовой атмосфере с вертикальными г-днемом $\chi = 70^\circ/\text{км}$. Как видно, перегрев внутри конвективной колонны вначале с высотой резко падает, а затем, начиная примерно с 50 м, сравнительно мало меняется с высотой и составляет в верхней части десятки доли градуса. Вертикальный профиль скорости носит экспериментальный характер. Максимальное ее значение достигается в данном случае на высоте 5 м и составляет 3,1 м/сек.

Секундная масса струи является плавающей, вероятно возрастающей функцией высоты. В нижнем слое возрастание M сравнительно небольшое, что обусловлено скатыванием струи за счет сильного вертикального ускорения. Относительная влажность быстро возрастает в нижнем слое, достигая здесь значения влажности в окружающей среде, а затем возрастание замедляется.

Аналогичные закономерности в поведении рассматриваемых выше характеристик конвективной колонны отмечены в общей справочной и для других начальных и внешних условий, однако конкретные значения этих характеристик будут, естественно, различаться.

Проведенные расчеты показывают, что на развитие конвективной колонны сильное влияние оказывает размер очага горения. Например, для штормовой атмосферы с $\chi = 70^\circ/\text{км}$ скорость восходящего потока может возрастать от 3,1 м/сек. для $U_0 = 3$ м до 35 м/сек для $U_0 = 100$ м. Менее вероятно в данных атмосферных условиях влияние начального перегрева. Расчеты также показывают, что на развитие конвективной колонны довольно сильное влияние оказывает температурная стратификация и скорость ветра. В устойчиво-стратифицированной атмосфере, особенно при возмущении и не-

ВЛИЯНИЕ СТРАТИФИКАЦИИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛО- И
МАССООБМЕНА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ

Томск

В рамках математической модели лесных пожаров, предложенной одним из авторов, задача о распространении газообразных продуктов горения в приземном слое атмосферы сводится к решению уравнения многокомпонентного турбулентного пограничного слоя

$$\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} = 0,$$

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left((\mu + \mu_T) \frac{\partial u}{\partial y} \right) - \frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\frac{\partial p}{\partial y} = -\rho g,$$

$$\rho u \frac{\partial c_k}{\partial x} + \rho v \frac{\partial c_k}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left((\rho D_k + D_T) \rho \frac{\partial c_k}{\partial y} \right), \quad k=1, N-1,$$

$$\rho c_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial y} \left((\lambda + \lambda_T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \rho \sum_{k=1}^N c_p k c_k \frac{\partial c_k}{\partial y} \frac{\partial T}{\partial y}$$

$$p = \rho M \sum_{k=1}^N c_k = 1, \quad c_p = \sum_{k=1}^N c_p c_k$$

с граничными условиями

$$u|_{y=0} = 0, \quad T|_{y=0} = T_w(x), \quad c_k|_{y=0} = c_{k0}, \quad (\rho v)|_{y=0} = (\rho v)_0$$

$$u|_{y \rightarrow \infty} = U_\infty, \quad T|_{y \rightarrow \infty} = T_\infty, \quad c_k|_{y \rightarrow \infty} = c_{k\infty}, \quad p|_{y \rightarrow \infty} = p_0$$

версии конвективный поток не разбивается до больших высот. Представляет интерес оценка влияния конденсационного процесса на высоту подъема вихриной струи. Расчеты показывают, что стимулирование конденсационных процессов может в ряде случаев приводить к существенному изменению характеристик струи, в частности значительному увеличению высоты подъема за счет выделения теплоты конденсации.

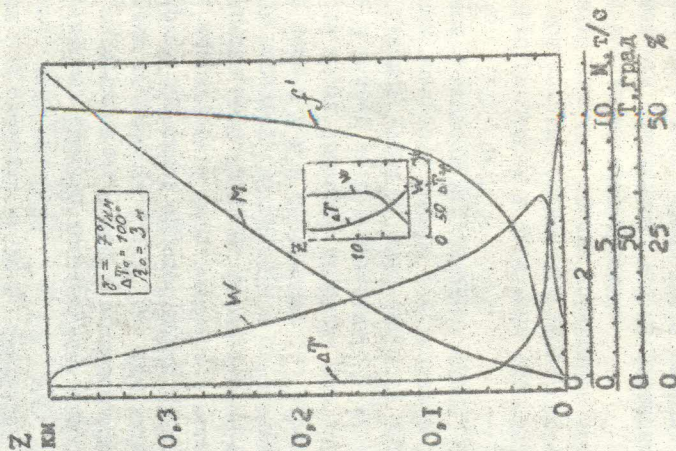


Рис.1

Вертикальные профили скорости восходящего потока (w), перегрева (ΔT), секундной массы (M) и относительной выности f' в конвективной колонке.

Здесь x, y, z - декартовы координаты, g - ускорение силы тяжести, u, v, w - горизонтальная и вертикальная составляющие скорости, ρ, p, T, ϵ - плотность, давление, температура, массовые концентрации соответственно, C_p, C_p - теплоемкости компонента и смеси, μ, λ, γ - коэффициенты вязкости, диффузии и теплопроводности, индекс u относится к турбулентным характеристикам, N - число компонент, α - номер компонента.

Для замыкания системы уравнений используется лишь полуэмпирические теории турбулентности.

Указанная система уравнений приведена в безразмерному виду с использованием переменных Дороницина в форме Лиза. Для решения поставленной краевой задачи построена с помощью итерационно-интерполяционного метода разностная схема. В результате численного решения уравнений получены распределения скорости, температуры и концентрации в пограничном слое. Установлено, что в результате свободной конвекции возникает отрыв пограничного слоя. Координата точки отрыва растет с уменьшением ширины нагретого участка подстилающей поверхности. Получена приближенная аналитическая формула для напряжения трения и координаты точки отрыва.

В результате численного анализа влияния ширины нагретого участка на напряженные трения и тепловой поток вдоль подстилающей поверхности, установлено, что на границе нагретого и холодного участков подстилающей поверхности происходит разрыв теплового потока, обусловленный разрывностью граничных условий. Зона влияния разрывных граничных условий мала по сравнению с характерным размером задачи и на основании этого заключения можно сделать вывод о возможности использования вписанной выше системы уравнений турбулентного пограничного слоя для математического анализа тепло- и массообмена при лесных пожарах.

Отрыв приземного турбулентного слоя может интерпретироваться как возникновение конвекционной колонки. Определенное значение для отрыва пограничного слоя имеет значения чисел Рейнольдса и Фруда. Условия возникновения конвекционной колонки согласуются в качественном отношении с известными результатами Байрама и Д.А.Гостинцева.

КОНВЕКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ ГАЗА НАД ЛИНЕЙНЫМ
ПОЖАРОМ КОНЕЧНОГО РАЗМЕРА В ПРОИЗВОЛЬНО СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ АТМОСФЕРЕ

Москва

Крупные пожары характеризуются большой площадью одновременно охваченных огнем материалов и ярко выраженной конвективной колонкой продуктов горения. Интенсивность горения в таких пожарах зависит, а в ряде случаев определяется скоростью поступления окислителя в зону горения, которая связана с характером движения газа в конвективной колонке (скоростью подъема продуктов и высотой колонки).

В предлагаемой работе на основании уравнений турбулентного конвективного движения газа в произвольно стратифицированной атмосфере рассмотрено влияние размера очага, скорости оттока продуктов из него и распределения температуры по высоте окружающей атмосферы на параметр конвективной колонки над линейным стационарным пожаром.

В результате решения исходных уравнений на ЭВМ получены распределения скоростей, температуры газа в восходящей струе и характерная высота подъема продуктов. Оказалось, что высота разветвляющейся колонки для пожаров относительно несольшей мощности существенно зависит от характера стратификации атмосферы и определяется положением и интенсивностью уровней температурных инверсий на высотах от 500 м до 4 км. Интенсивные пожары практически не чувствуют распределения температуры в окружающей среде, а конвективная колонка от них разветвляется до ~ 11 км и обеспечивает выброс продуктов в стратосферу. Из расчетов следует, что максимальная критическая тепловая мощность такого пожара (вычисленная для наиболее неблагоприятных с точки зрения его развития атмосферных условий по параметрам окружающей воздуха U_c, C_p) равна $Q = 8,36 \cdot 10^5 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{сек}}$. При этом характерный размер очага горения при начальной скорости оттока продуктов ~ 10 м/сек и температура горения ~ 1200°K составляет 0,5 м.

Н.С.Артемова, М.Э.Брауде,
В.М.Панарин

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПОДЪЕМА ШЕДЫХ ЧАСТИЦ ВОСХОДЯЩИМ
КОНВЕКТИВНЫМ ПОТОКОМ**

Бианиха Косковской обл.

Вопросу распространения пожаров за счет переноса искр и головней уделяется в настоящее время большое внимание как со стороны советских, так и зарубежных исследователей.

Одним из наиболее сложных и еще недостаточно изученных вопросов, является определение высоты подъема высокотемпературных частиц от очага пожара. Механизм подъема таких частиц достаточно хорошо известен, однако определение высоты их подъема до сих пор вызывает большие затруднения.

В данной работе предлагается решение вопроса определения высоты подъема частиц восходящим конвективным потоком.

Рассматривая процесс горения больших масс и площадей горючего (пожар), исследователи пришли к выводу, что для его описания можно использовать с хорошей точностью и достоверностью зависимость, полученные для описания точечных источников тепла.

В наших исследованиях мы взяли зависимость, позволившую определить скорости в любой точке осесимметричного потока от точечного источника тепла, полученную И.А.Щеппелевым (1961):

$$V = \left[\frac{3(1+n)}{4\pi c_p \rho_0 T_0} \cdot \frac{Q_k}{Z} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{R}{cZ} \right)^2 \right]; \quad (1)$$

где: ρ - показатель степени, равный 2, из формулы $\frac{V}{V_m} = \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_m} \right)^n$;
 c - экспериментальная константа турбулентности, равная 0,082;

c_p - теплоемкость воздуха при постоянном давлении, КДж/кг;
 T_0, ρ_0 - абсолютная температура и плотность среды на удалении от тепловой струи;

Q_k - конвективное тепло от источника КДж/с;

R - расстояние от оси тепловой струи до данной точки, м;

Z - высота над источником тепла, м;

V - скорость на оси восходящего конвективного потока, м/с;

формулу (1) можно привести к более простому виду:

$$V = 1,23 \left(\frac{Q_k}{Z} \right)^{\frac{1}{2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{R}{cZ} \right)^2 \right]; \quad (2)$$

Рассматривая движение частиц в восходящем конвективном потоке, необходимо ввести ряд допущения:

а) частицы имеют простую геометрическую форму и не взаимодействуют между собой;

б) восходящая тепловая струя имеет малую концентрацию частиц, которые не изменяют характер восходящего потока.

Подъем частиц восходящим конвективным потоком происходит до тех пор, пока скорость несущего конвективного потока будет равна скорости витания данной частицы.

Области поступательного движения вверх частиц ограничены изогнами для соответствующих скоростей витания частиц.

Уравнение изогны можно найти решением уравнения для скорости в любой точке конвективной струи (2) относительно величины ее радиуса R .

$$R = cZ \sqrt{2 \ln \frac{1,23 \left(\frac{Q_k}{Z} \right)^{\frac{1}{2}}}{V}}; \quad (3)$$

где: V - скорость, для которой определяются изогны, м/с.

Частицы, находящиеся в зоне, ограниченной изогнами со скоростью витания меньше скорости несущего потока будут подниматься вверх, а частицы, находящиеся вне зоны, будут опускаться вниз к источнику их выделения (в нашем случае к месту очага пожара).

Высоту расположения максимального сечения изогны, которое можно назвать критическим, определим, если продифференцируем уравнение изогны (3)

$$Z_{кр} = \frac{(1,23)^{\frac{3}{2}} Q_k}{e^2 V^3} = 1,13 Q_k V^3; \quad (4)$$

Из уравнения (3) определим высоту максимального подъема частиц данной скорости витания, приняв $R=0$.

$$Z_{max} = \frac{(1,23)^{\frac{3}{2}} Q_k}{V_{вит}^3} = 1,86 Q_k V_{вит}^3; \quad (5)$$

где: $V_{вит}$ - скорость витания определенной частицы, м/с.

Следовательно, накопление частиц с данной скоростью витания будет наблюдаться в интервале высот:

$$Z = Z_{кр} - Z_{max} = 0,73 Q_k V_{вит}^3; \quad (6)$$

Наибольшее количество частиц будет подниматься до сечения

второй зоны:

$$Z_{cp} = Z_{кр} + \frac{d_2^2}{2} = 1,495 Q_n V_{шт}^{-2} \quad (7)$$

Наиболее опасным является "взрывной" тип "пятнистых" пожаров, когда пожар охватывает значительную площадь с горючей загрузкой в несколько десятков килограммов на один квадратный метр.

Это возможно, когда горениям будут оказаны большие кучи валежника или древесины, хранящиеся в лесу продолжительное время.

Для такого случая пожара будет характерным большое выделение тепла от очага горения, значительная площадь тепловыделения и как следствие - резкое увеличение подъемной силы источника тепловыделения по сравнению с низкоинтенсивными пожарами.

Возможную высоту подъема горящих частиц такого пожара рассмотрим на примере горения пиломатериалов, так как параметры, характеризующие скорость выгорания пиломатериалов уже достаточно хорошо изучены.

Количество тепла, выделяющееся от очага горения определяется по известной зависимости:

$$Q_{обш} = Q_n \cdot \beta \cdot V_n \cdot S_n \quad (8)$$

где: Q_n - низшая теплотворная способность древесины, равная 14665 кДж/кг (Дамидов с соавт., 1975);

β - коэффициент полноты сгорания древесины в штабелях пиломатериалов, равный 0,9-0,99 (та же);

S_n - площадь горящих штабелей (площадь пожара без учета промывочных разрезов), м²;

V_n - приведенная массовая скорость выгорания открытых штабелей пиломатериалов с относительной влажностью = 8-20%, кг/м².

$$V_n' = \frac{V_n \cdot S_{от}}{S_n} = V_n \cdot K_n \quad (9)$$

где: V_n - массовая скорость выгорания пиломатериала, кг/м²с;

$S_{от}$ - поверхность горения, м²;

K_n - коэффициент поверхности, равный отношению $S_{от} / S_n$;

Массовая скорость выгорания штабелей пиломатериалов и бревен с относительной влажностью до 20% по данным Н.А.Можайев (1975) составляет 0,007-0,0083 кг/м²с.

Коэффициент поверхности K_n при современной механизированной укладке штабелей пиломатериалов изменяется в пределах: $K_n=1,5-3,5$.

Параметры конвекционной струи (распределение скоростей и температур, высота ее подъема) определяются в основном законами теплообмена от очага за счет конвекции, которую можно определить из соотношения:

$$P_k = \frac{Q_{nc}}{Q_{обш}} \quad (10)$$

где: Q_{nc} - теплосодержание отходящих от очага горящих газов, которое определяется по выражению:

$$Q_{nc} = V_n' \cdot S_n \cdot V_f \cdot C_{рп} \cdot T_{пн} \quad (11)$$

где: V_f - количество продуктов сгорания, выделяющиеся при сгорании 1 кг древесины влажностью 20%, равное 4,42 м³/кг; $C_{рп}$ - средняя теплоемкость продуктов сгорания при постоянном давлении, равная 1,32 кДж/м³с (Банкирцев с соавт., 1971); $T_{пн}$ - температура пламени горящей древесины, равная 1373°К.

Подставляя (8) и (11) в (10), получим:

$$P_k = \frac{C_{рп} \cdot T_{пн} \cdot V_n}{Q_n \cdot \beta} = \frac{132 \cdot 1373 \cdot 4,42}{14665 \cdot 0,9} \approx 0,6 \quad (12)$$

Полученное отношение (12) хорошо согласуется с данными по лесным пожарам Г.Л.Анурьевой с соавт. (1973).

Высоту подъема частиц в конвекционной колонне с учетом (7), (8), (9), (12) можно определить по следующему выражению:

$$Z_{cp} = 1,495 K_n \cdot P_k \cdot V_n \cdot \beta \cdot Q_n \cdot S_n \cdot V_{шт}^{-2} \quad (13)$$

По данным П.М.Матвеева (1974) наиболее высокие могут подниматься пылевые цилиндрические частицы с отношением $l_c/d_c = 4$. Опыт, проведенные с такими частицами осин (в начальной стадии их тления) показали, что для вышеуказанных частиц диаметром от 12 до 20 мм скорость вытания изменяется в пределах от 5,9 до 8,8 м/с соответственно (при $\beta_{у.ч.} = 168$ кг/м³).

Зависимость скорости вытания пылевых частиц от их диаметра может быть описана соотношением:

$$V_{шт} = 0,85 \cdot d_c^{0,78} \quad (14)$$

где: d_c - диаметр частицы, в мм.

Пример:
Определить высоту подъема пылевой частицы диаметром 20 мм с отношением $l_c/d_c = 4$ при горении штабелей пиломатериала, если площадь горения 1000 м², $K_n=3$; $V_n = 0,008$ кг/м²с;

П. П. Давышев, Б. В. Кауль, Н. П. Копылов,
О. А. Краснов, Г. В. Ушаков

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ЛАЗЕРНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ ОЧАГОВ ПОЖАРА

Бакашиха

Для определения возможностей использования лидаров для обнаружения и измерения характеристик пожаров весной 1977 года был поставлен эксперимент.

Пожар имитировался сжиганием штабеля древесины 6 x 6 x 2, 5 м и с плотностью укладки $K_p = 0,3$. Время горения с момента поджига до полного разрушения штабеля составило около 40 мин.

В эксперименте применялся двухволновой поляризованный лазерный дальномер (лидар) "Лоза-3", разработанный ИОА и СКБ НИИ "Оптика" СО АН СССР и предназначенный для исследования оптических характеристик аэрозольных неоднородностей. Использование двух частот и измерение поляризационных характеристик расширяет возможности лидара и позволяет проводить селекцию аэрозолей по типам.

В состав лидара входят приемно-передаточное устройство, система энергообеспечения оптических квантовых генераторов, электромеханический привод с системой управления, система регистрации, обработка и визуализации, а также ряд вспомогательных устройств и приборов.

Структурная схема лазерного дальномера "Лоза-3" представлена на рис. 1.

Конструктивно лидар выполнен в однокабинном передвижном варианте. Кабина представляет собой аппаратную кабину радиолакационной станции с соответствующими доработками.

Электромеханический привод обеспечивает обработку углов по азимуту и углу места в режиме ручного (азимут $0^\circ \pm 180^\circ$, угол места $-30^\circ \pm 86^\circ$) и автоматического сопровождения по жесткой программе ($\pm 15^\circ$ и $0^\circ \pm 85^\circ$ соответственно) со скоростью три полных колебания в минуту.

Выход информации осуществляется либо на перфоратор ПИ-150И, либо на виде ЗМИ 15ВСК-5.

В случае необходимости имеется возможность подключения к ЗМИ внешней памяти, что позволяет проводить оперативную обработку

$$\begin{aligned}
 \beta &= 0,9; \quad P_k = 0,6; \quad V_{\text{лит}} = 0,8 \text{ м/с}; \\
 &= \frac{1,495 \cdot K_a \cdot P_{\text{кв}} \cdot D_a \cdot V_{\text{л}} \cdot S_a}{V_{\text{лит}}} = \\
 &= \frac{1,495 \cdot 3 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 14665 \cdot 0,008 \cdot 1000}{8,8^3} = 417 \text{ м}
 \end{aligned}$$

Таким образом, рассмотренное выше аналитическое решение на базе теоретических закономерностей, безусловно носит приближенный характер. Удовлетворительная сходимость расчетных зависимостей высоты подъема частиц с экспериментальными данными больших пожаров древесины (лесобирки) позволяет рекомендовать его для практических расчетов.

По выражению (13) можно с удовлетворительной точностью определить высоту подъема высокотемпературных частиц (головней) для пожаров: лесобирки, поселков, лесов и т.д.

Таким образом, вопрос использования алгоритма (1) решается в случае наличия априорной информации об интегральной оптической толщине до $Z_{m.l}$.

В данном случае подобную информацию можно получить из отношения S - функции за мейдлом дымки к таковой перед мейдлом (траса зондирования при этом проходит через дымовую колонку).

На рис. 3 приведено одно из девяти азимутальных сечений, полученное на высоте 28 м от поверхности земли, восстановленное из лидарного отклика с помощью описанного алгоритма (1). Величина интегральной оптической толщины, определенная на одной трассе по дифференциальным значениям коэффициента ослабления внутри дымовой колонки, практически совпадает с таковой, определенной из откликов S - функций. Это свидетельствует о правдиво измеренной величине параметра регуляризации ($\epsilon = 1.1$).

Теоретическое рассмотрение вопроса о связи массовой концентрации с коэффициентом рассеяния показывает, что при выполнении некоторых условий между этими величинами существует аналитическая зависимость:

$$M = Z \times d, \quad (3)$$

где M - массовая концентрация ($кг/м^3$); d - коэффициент рассеяния ($км^{-1}$); Z - коэффициент связи ($кг \cdot км/м^3$).

В данном случае параметр Z определялся по результатам предварительных исследований на модельных средах и для дымовых туманов получился равным $0,40 \text{ кг} \cdot км/м^3$.

Лидарные измерения позволили оценить (в процентном отношении) массу вещества, поступающего в атмосферу в виде аэрозоли и газовых компонент, а также получить для различных моментов времени значения коэффициента механического недового. При горении штабеля дровесины общим весом 9 т, масса аэрозоли составляет по нашим оценкам $\sim 160 \text{ кг}$, то есть около 1,8% начальной массы. Доля вещества, которая остается на месте очага после сгорания, согласно данным работы, составляет 10-11% начальной массы.

Таким образом, на пары воды, углекислый газ и другие газы приходится около 88% общей массы первоначального вещества.

Используя результаты расчета кинетики выгорания штабеля дровесины по зависимости, аппроксимирующей расчетные точки (6)

лидарных сигналов. Информация с ЭМ вводится либо на магнитную ленту, либо на печатальное устройство "Консул 254".

Во время эксперимента лазерный лучокр находится на расстоянии 480 м от очага горения. Для построения пространственной картины распределения аэрозоля по сечениям дымовой колонки лидаром было получено девять азимутальных сечений колонки. Схема сканирования "лучом" лидара по дымовой колонке приведена на рис. 2. Угловое расстояние между трассами зондирования в азимутальной плоскости составляло 16,7 мрад., между азимутальными сечениями 10,4 мрад. Обращение данных лазерного зондирования на оптический экран связано с методическими трудностями, возникающими при ретении уравнения локаций из-за наличия в нем двух неизвестных функций: лидарного отношения и коэффициента объемного ослабления. Неточное задание одной из них приводит к расхождению решения. Известны попытки регуляризовать решение, используя разный вид априорной информации. В данной работе для обработки использовался следующий алгоритм:

$$d(z) = \frac{S(z)}{2 \times (\epsilon \times \int_{z_{m.l}}^z S(z) dz - \int_0^z S(z) dz)} \quad (1)$$

где $d(z)$ - коэффициент ослабления; $S(z)$ - лидарный отклик, скорректированный на Z^2 и геометрическую функцию; Z - расстояние ($Z = \frac{c \times t}{2}$); c - скорость света; t - время о момента лидарный сигнал сравнивается по амплитуде с аппаратными кумулятивными сигналами регуляризации.

Численные значения максимального значения интеграла на параметр "E" означает собственное дополнение этого функционала до его аналитического значения. Параметром при этом является оптическая толщина $Z(z_{m.l}) = \int_{z_{m.l}}^z d(z) dz$. Эмпирическая зависимость, полученная по результатам модельных расчетов, записывается:

$$\delta[Z(z_{m.l})] = 1 + \exp\{-1,71 \times Z(z_{m.l})\} \quad (2)$$

$$M(\tau) = (1 - U_+ (\tau - 1)) M_0 \tau^\alpha + U_+ (\tau - 1) \frac{M_0 M_m (K - 1) (M_m - 1) \tau}{-a M_m} - \frac{M_0 M_m (K - 1) (M_m - 1) \tau}{-a M_m} + 1$$

где $U_+ (\tau - 1)$ - импульсная функция, a, γ - параметры, расходящиеся по результатам эксперимента, M_m - значение количества выгоревшей массы к моменту времени τ_{max} , τ - безразмерное относительно τ_{max} время, τ_{max} - время, когда наблюдается пик пожара, удалось получить оценочные значения коэффициента механического недожога для различных моментов времени. При этом оказалось, что в процессе горения штабеля древесины на открытом воздухе значение коэффициента механического недожога мало меняется со временем и в среднем равно 0,02.

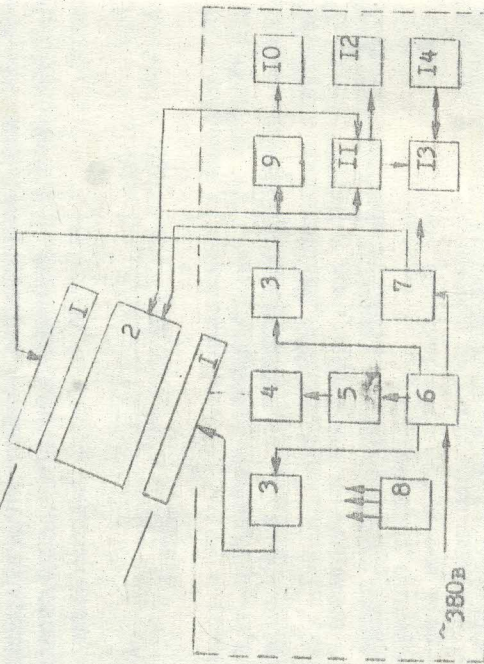


Рис. 1.

Структурная схема лазерного детектора "ЛО3А-3"
 1, 1 - реле; 2 - реле; 3, 3 - блок энергообеспечения ОДТ; 4 - электро-механическая колонка; 5 - блок управления колонкой; 6 - силовой распределитель; 7 - вторичные источники питания; 8 - пульс управления; 9 - заглавный осциллограф; 10 - измеритель энергии; 11 - АЦП РОСА - 1М; 12 - перфоратор Ш-150П; 13-ЭВМ 15ВСМ-5; 14 - цифро-печатающее устройство.

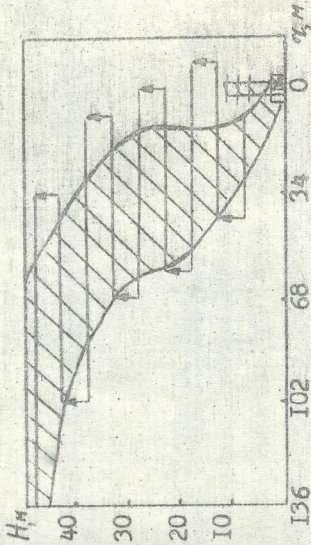


Рис. 2.

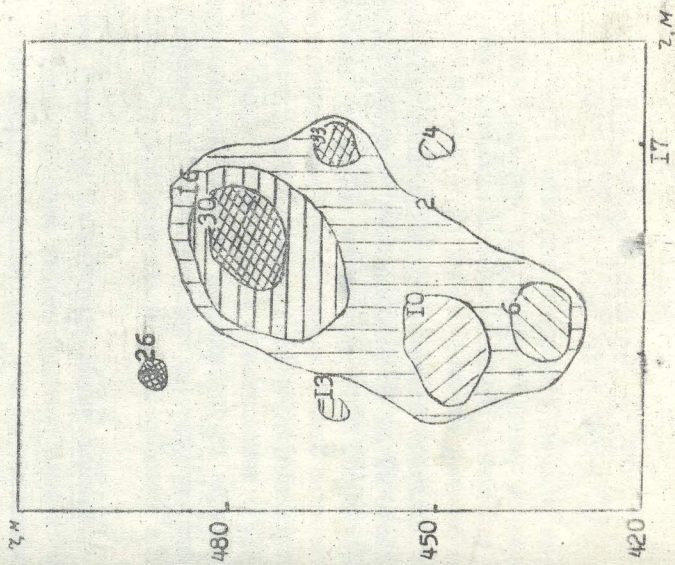


Рис. 3.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О
ВОСПЛАМЕНЕНИИ ЛЕСНОГО МАССИВА ПРИ СИЛЬНОМ ВЕТРЕ

Томск

Поскольку температурные и термомеханические постоянные, характеризующие свойства органической массы, известны ориентировочно, то целесообразно дать качественный анализ предельных явлений - воспламенения и потухания. Для простоты анализа предположим, что в пограничном слое атмосферной турбулентное течение газа заморожено, температура продуктов горения постоянна, толщина пограничного слоя органической массы значительно меньше толщины слоя проводников горения (высоты полога), процесс воспламенения лимитируется поступлением газообразных продуктов пиролиза, реакция пиролиза термонейтральна, перенос энергии диффузией мал по сравнению с переносом энергии конвекцией и теплопроводностью. Использовалась одностепенная математическая модель, а температурно-физические свойства пористой реагирующей среды считались близкими к свойствам воздуха.

Ставилась задача определить время воспламенения и ширину противопожарной полосы при сильном ветре, то есть для случая, когда конвекционная колонка сильно отклоняется от вертикали и может загорать сверху вниз. Поскольку в соответствии с принятой схемой тепломассовый нагрев реакционной массы происходит сверху, то можно пренебречь свободной конвекцией в пологе леса вплоть до момента воспламенения. С учетом вышесказанного выше предположений в рамках модели лесных покровов, предложенной одним из авторов, задача о воспламенении органической пористой массы сводится к решению системы уравнений

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} + c \exp \frac{\theta}{1+\beta \theta} - a(1+\beta \theta)^{1/2} \exp \frac{\theta}{1+\beta \theta}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial z} = \frac{\partial^2 \chi}{\partial z^2} - \delta c \exp \frac{\theta}{1+\beta \theta} + \delta^2 (1+\beta \theta)^{1/2} \exp \frac{\theta}{1+\beta \theta}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \chi_1}{\partial z} = -\delta_1 \chi_1 \exp \frac{\theta}{1+\beta \theta}, \quad \frac{\partial \chi_2}{\partial z} = -\delta_2 \chi_2 \exp \frac{\theta}{1+\beta \theta}, \quad (3)$$

с граничными и начальными условиями

$$\frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z=0} = -Nu_L (\theta_0 - \theta_w) (1 + \beta \theta_w)^{1/2} \exp \frac{\theta_0}{1 + \beta \theta_w} + \frac{b \theta_w}{1 + \beta \theta_w}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \chi}{\partial z} \Big|_{z=0} = Nu_L \frac{1 - \theta_w (\theta_0 - \theta_w) c_w (1 + \beta \theta_w)^{1/2}}{\theta_0 - \theta_w}, \quad \theta \Big|_{z \rightarrow \infty} = \theta_w, \quad c \Big|_{z \rightarrow \infty} = 0, \quad (5)$$

$$\theta \Big|_{z=0} = \theta_w, \quad \chi \Big|_{z=0} = \chi_w, \quad c \Big|_{z=0} = 0 \quad (6)$$

здесь $\chi_1 = \frac{\rho_1 \rho_w \lambda^{1/2} \gamma_1^2 c_{p1} \chi_1}{\rho_0 k_0 E_0 \rho_0 M} \exp \frac{E_0 - E_1}{RT_w}$, $\chi_2 = \frac{M_2 \rho_w \lambda^{1/2} \gamma_2^2 c_{p2} \chi_2}{E_2 E_0 \rho_0}$,

$$a = \frac{E_0 A \rho_w \sqrt{AT_w}}{\rho_0 M \sqrt{2 \pi} \lambda^{1/2} \gamma_1} \exp \left(\frac{E_0 - E_1}{RT_w} \right), \quad b = \frac{E_0 (1 - f_3) \gamma_1^2 E_1 \chi_1}{(\lambda \rho_0 f_3) \rho_0 \lambda^{1/2} \gamma_1^2},$$

$$Nu_L = \frac{0.029 G \rho_w c_w \rho_0^{1/2} \chi_1}{(1 + \beta \theta_w)^{1/2} \lambda^{1/2} \gamma_1 \rho_w f_3 \lambda c_w}, \quad \chi_w = \frac{E_1 \rho_0 M_2 \chi_2 E}{M_2 \sqrt{2 \pi} M_2 \lambda^{1/2} \gamma_2 \rho_0 f_3 \lambda^{1/2} \gamma_2},$$

$$\theta_w = \left[1 + (0.25 A \lambda \rho_w / \lambda c_w)^{1/2} (M_2 \rho_0 f_3) \right]^{0.25} (\theta_0 - \theta_w) + \theta_w$$

Остальные обозначения приведены в статье А.М.Гришина (см. данная сб.). При выводе условий (4) - (5) использована теория тепловой завесы С.С.Кутателадзе и аналогия процессов тепло- и массообмена. Для решения краевой задачи (1) - (6) использовалось преобразование Лапласа, в результате чего получили систему двух интегральных уравнений типа Вольтерра, для решения которой использовалось разложение искомого функции в ряд Якоби

$$\theta_w = \theta_w + \theta_1 \sqrt{z} + \theta_2 z + \dots \quad (7)$$

Если считать температуру воспламенения известной, то из (7) можно найти время воспламенения τ_*

$$\tau_* = \frac{V_0 \cdot D_0^2}{4 [N_{II} (100 - \theta_n) + 30 - 25 H_{II} \text{стр} 6, 0, 1]} \quad (8)$$

Анализ формул (8) показывает, что τ_* убывает с ростом числа N_{II} и D_0^2 - безразмерного лучистого потока, а с ростом скорости истечения растет. При стремлении N_{II} к величине $N_{II}^* = \frac{25 H_{II} \text{стр} 6, 0, 1}{100 - \theta_n}$ знаменатель $\tau_* \rightarrow \infty$ и воспламенение не имеет места. Из уравнения $N_{II} = N_{II}^*$ можно найти τ_*^* такое, что при $\tau > \tau_*^*$ воспламенение не имеет места.

О ВОЗМОЖНОСТИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ХВОИ ИЗЛУЧЕНИЕМ ПЛАМЕНИ ЛЕСНОГО ПОЖАРА

Красноярск

Радиационные теории распространения пожара основаны на возможности воспламенения материала перед фронтом горения только за счет лучистой теплопередачи. Однако большинство из них не учитывает конвективное охлаждение горячего воздуха, подтекавшим в зону горения.

С целью выяснения условий, при которых достигается воспламенение материала излучением кромки пожара, проведен опыт по нагреву слоя излучением горящего костра. Последний имитировал кромку пожара различной интенсивности. Сжигали порубочные остатки сосны и березы, сложенные в виде вала. Перед его длинной стороной на удалении 15 см располагали на уровне земли слой сухой хвои из сосны. Фиксировали температуру поверхности хвои, температуру воздуха вблизи горящего, излученные зоны горения (Q_{II}). Дополнительно измеряли высоту пламени (H_{II}), а также скорость падения воздуха (V_0) на высоте 20 см и удалении 1 м от костра.

Кромке разогрета хвоя выходит на плато с температурой (T_0), соответствующей тепловому равновесию, наступившему в результате нагрева хвоя излучением и одновременно ее конвективного охлаждения. Экспериментальные данные представлены в таблице.

Таблица

Размеры вала горящего, м (длина х ширина х высота)	H_{II} , м	Q_{II} , ккал/см ² с	T_0 , °C	τ_0 , с	V_0 , м/с
			°C	с	м/с
2,0 x 1,2 x 0,8	3	1,0	160	52	0,5
1,5 x 1,2 x 1,2	8	1,2	180	40	0,6
4,0 x 1,8 x 2,5	14	1,5	230	35	0,8
4,7 x 2,0 x 2,5	18	1,9	245	28	0,9

Здесь τ_0 - время достижения T_0 . В двух последних случаях T_0 примерно соответствует равновесию, т.е. слой замкнется выделением углекислоты.

Из таблицы следует, что максимальный разогрев $T_0 = 245^\circ\text{C}$ достигается от температуры зажигания растительных материалов ($\sim 500^\circ\text{C}$), но

близок к температуре их интенсивного разложения ($\approx 320^\circ\text{C}$). К тому же велико T_0 ; оно сравнимо с продолжительностью выгорания материала на кромке пожара ($T_{\text{п}}$). Для обеспечения распространения за счет радиации необходимо выполнение $T_0 \ll T_{\text{п}}$. Заметки также, что в реальных условиях V_0 должна возрастать из-за большой площади сгорания.

Такая оценка мощности теплового излучения при сильном изоб-
 вом пожаре неосложнена, чтобы обеспечить распространение пламени за счет одной радиации. Можно ожидать, что такое явление имеет место при более интенсивных верхних пожарах, а во время горения идет по предельно возможной смеси.

ИД 634.0.43

А.Б. Волокитина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ГОРЕНИЯ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Красноярск

С помощью пробных зажатий дозможно обстоятельно изучена загорая-
 юсть напочвенного покрова в связи с его высыханием и увлажнением (Мелехов, 1936; Нестеров, 1939; Курбатовский, 1954 и др.). Но почти нет сведений об изменении интенсивности горения напочвенного покрова по мере нарастания засухи и под влиянием суточных колебаний температуры и влажности воздуха.

Под интенсивностью горения (I) понимают количество тепла (энергии), выделяемое в единицу времени с 1 пог. м горючей кромки (I_1) (при лобой ее ширине) или с 1 м² горючей кромки (I_2). Оценка $I_1 = V_2 \cdot B$, где V - глубина кромки, м.

Обычно интенсивность определяют косвенным методом, рассчитывая ее по запасу, теплоотворной способности горючего и времени его горения. Но сама по себе интенсивность горения не определяет возможный результат теплового воздействия на физические тела, если не указана длительность этого воздействия.

Поэтому мы сумели об интенсивности горения по степени нагревания аккумулятора тепла (по эффекту нагревания в градуссах, то есть фактически измерили тепловой импульс).

С целью безопасности отечных опытов в засушливое время и стандартных условий горения зажатия проводились в цилиндрическом экране (диаметром 70 см и высотой 50 см), над центром которого укреплялся металлосуд с водой (диаметр сосуда 21 см, объем воды 1,4 л) (Софронов, Волокитина, 1975). При этом коэффициент перевода градуссов нагревания аккумулятора в кдж/м² теплового импульса (на высоте 0,5 м) оказался равным 176.

Чтобы выяснить, можно ли по результатам отечных опытов в цилиндрическом экране судить о тепловом импульсе на кромке пожара, мы провели параллельно десять отечных опытов на площадках 4 x 6 м. На площадке на штырях длиной 0,5 м устанавливался аккумулятор тепла. Скорость ветра под пологом леса при опытах была до 1 м/сек.

По результатам опытов величина эффекта нагревания (теплового импульса) в экране и на площадке имеет прямолнейную связь (с коэффициентом пропорциональности 1,3 и коэффициентом корреляции 0,7). Среднее время горения элементарного участка покрова в экране и на площадке

практически одинаково.

Каждый огневой опыт сопровождался взятием образцов мха, опада и стилики спелым буром без нарушения структуры образца. Образцы селили по высоте на три части. Во время опыта фиксировались: продолжительность разгорания, высота пламени, продолжительность пламенного горения, ход нагревания воды в аккумуляторе тепла.

В последние сезоны 1975-77 гг. мы провели наблюдения на участках со следующими биологическими типами мохово-лишайникового покрова и опада (по И.А.Соболеву): 1) лишайниковый (в сосняке лишайниковом, Архангельская область); 2) рыхлоопавший (в сосняке ольховниковом, Бурятская АССР); 3) лишайнистый (в лиственничнике аулкомбинатов, Бурятская АССР).

Было сделано 356 огневых опытов при естественных замкнутых и 37 - при круглопустотных; взято более тысячи образцов напочвенного покрова для определения его запаса и влагосодержания.

В результате получены следующие характеристики биологических типов покрова:

1. Лишайниковый. Запас лишайника (в сосняке лишайниковом) 1,5 кг/м²; запас подстилки 0,6 кг/м²; их плотность равна соответственно 21 кг/м³ и 120 кг/м³. Максимальное влагосодержание для верхнего слоя лишайника составило 150%, для нижнего - 300%. Авансы огневых опытов показали, что кустистые лишайники с ненарушенной структурой могут загораться при 40% влагосодержания. Их высыхание от 150% до 40% происходит за 6-12 часов. Максимальный эффект нагревания во время огневых опытов составил 17 градусов при расчетной интенсивности 120 дж/м². Тепловой импульс на высоте 0,5 м равнялся 3000 кдж/м². При повышении относительной влажности воздуха с 18% до 95% почти влагосодержание лишайника возрастало с 10% до 35%, что вызвало снижение эффекта нагревания с 14 до 8 градусов.

По методике полного факторного эксперимента получено следующее уравнение, характеризующее интенсивность горения в зависимости от последнего влагосодержания лишайника:

$$y = 7,13 - 1,87 X_1 - 2,63 X_2 - 1,13 X_1 X_2 - 0,63 X_3,$$

где y - эффект нагревания при горении лишайникового покрова, градус; X₁, X₂, X₃ - влагосодержание верхнего и нижнего слоев покрова и подстилки, %. (Толщина верхнего слоя покрова 3 см, нижнего - 3-4 см, подстилка - 0,5 см).

2. Рыхлоопавший. Запас опада в сосняке ольховниковом составит 0,5 кг/м², а подстилка - 0,8 кг/м²; плотность их равна соответственно

40 кг/м³ и 160 кг/м³. Максимальное влагосодержание опада на минек и траве - 130%, подстилки - 200%. Высыхание опада до горючего состояния (до 30% влагосодержания) происходит за 8-12 часов. Максимальный эффект нагревания во время огневых опытов составил 17 градусов при расчетной интенсивности 90 дж/м²сек. Тепловой импульс на высоте 0,5 м равнялся 3000 кдж/м². При повышении относительной влажности воздуха с 25% до 80% ночью, влагосодержание опада возросло с 10 до 20%, что вызвало снижение эффекта нагревания с 17 до 0 градусов.

Уравнение регрессии, характеризующее интенсивность горения опада имеет вид:

$$y = 6,90 - 3,00 X_1 - 2,43 X_2 - 0,67 X_1 X_2,$$

где y - эффект нагревания при горении опада, градус; X₁ и X₂ - влагосодержание опада и подстилки, %. (Толщина опада 1 см, подстилки - 0,5 см).

3. Влажнолиственный. Запас мха в лиственничнике аулкомбинатов составляет 2,4 кг/м², а его плотность 24 кг/м³. Максимальное влагосодержание верхнего слоя мха (толщиной 2 см) составляло 400%, среднего (толщиной 3 см) - 540%, нижнего (толщиной 5 см) - 600%. Высыхание мха до устойчивого распрощранения горения происходит на шестой-седьмой день бездождного периода. Максимальный наблюдаемый эффект нагревания при горении составил 12 градусов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ УВЛАЖНЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ ВОДЫ В НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Кызы

В многочисленных работах, выполненных сотрудниками лаборатории лесной прологии ИЛД СО АН СССР, показано, что влажность растительных материалов является важнейшим фактором, влияющим на возникновение и горение в лесу. По примеру В.Н.Луковской, мы решили исследовать динамику увлажнения ряда горючих растительных материалов, определяя при этом, как изменяются свойства воды, поглощаемой сухими материалами. В качестве осушающего агента были выбраны расторопня серной кислоты, различной концентрации. Для определения состояния воды после поглощения мы использовали рефлектометрический метод определения свободной и связанной воды. В качестве объектов исследования нами были выбраны хвоя ели, ели, кедр, листья брусники, листья и стебли ерса русского, чины, листья ромолендрона.

В результате исследования динамики увлажнения удалось установить связь между химическим составом растительных горючих материалов и скоростью увлажнения. Кроме того, установлено, что состояние воды в растительных материалах также зависит от химического состава растительных материалов. Работы в направлении изучения динамики впитывания и увлажнения материалов с сопоставлением изменения состояния воды в растениях являются очень важными на наш взгляд для определения засухоустойчивости растений и их пожарной готовности при неблагоприятных погодных условиях. Другими словами изучение в этом направлении поможет предсказать пожарную готовность определенных растительных материалов.

О НАИБОЛЕЕ ЦЕЛЕСОБРАЗНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ ПОИСКА ЭФФЕКТИВНЫХ ПЛАМЯГАСИТЕЛЕЙ

Москва

Процесс горения подавляющего большинства горючих материалов (углеводородов) представляется цепной схемой. Согласно Н.Н.Семенову, развитие цепных реакций идет через образование активных промежуточных продуктов: радикалов, перекисей и т.п.

В докладе рассматриваются возможности поиска наиболее эффективных ингибиторов воспламенения. Поскольку ингибировать воспламенение можно, или связывая активные промежуточные продукты в менее активные (не способные продолжить цепь окисления) или способствуя их более быстрому превращению в конечные продукты (CO₂ и H₂O), наиболее эффективными ингибиторами воспламенения должны быть органические соли щелочных металлов ароматического ряда. В этом случае металл в молекуле соединения будет выполнять роль катализатора, на поверхности которого активные промежуточные продукты будут превращаться в конечные, а органическая часть молекулы - связывать их в менее активные.

Исходя из положительной каталитической роли добавок в ингибировании цепного воспламенения, наиболее эффективные ингибиторы пламен следует искать в ряду катализаторов окисления водорода - и углеродсодержащих продуктов.

В работе приведены экспериментальные данные по проверке различных гипотез на примере метано- и пропановоздушных смесей и рассмотрены пути усиления ингибирующего действия добавок.

УДК 634.0.43

А. М. Суханин

О ВЛИЯНИИ ВЕТРА НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЛАМЕНИ ПО ХВОЕ

Красноярск

Ветер во многих случаях определяет распространение и развитие лесного пожара. Принято считать, что его влияние на скорость распространения осуществляется через изменение лучистого потока, вызванного изменением наклона пламени к горючему материалу. Однако наряду с этим фактором необходимо учитывать конвективную теплопередачу, которая имеет место как в слое прогретого газа на фронтальной поверхности факела, так и в зоне локальных контактов пламени с горючим материалом.

С целью получения количественной информации о механизме влияния естественного ветра на распространение пламени проведены комплексные измерения на slopes из опада сосны. Одновременно с измерением средней скорости ветра (V), интенсивности его турбулентности (ϵ) на высоте 20 см над слоем измерения скорости продвижения пламени по слою (U), разогрев поверхностных хвощков ($T_{хв}$), температуру газа вблизи них (T_g), лучистый поток из зоны горения (q_r), производили кино съемку процесса распространения пламени.

Влияние ветра изучалось в диапазоне $V = \pm 2$ м/с (знак минус соответствует распространению против ветра) при $\epsilon \approx 0,15$. Характеристика слоя: запас горючего $0,6$ кг/м², влагосодержание хвой $W \approx 2\%$, толщина слоя 2 см.

Установлено, что зависимость $U(V)$ описывается соотношением

$$U = U_0 \exp \epsilon V,$$

где $U_0 = 3$ м/с, $\epsilon = 1,37$ с/м при $V > 0$ и $\epsilon = 0,09$ с/м при $V < 0$.

Путем кино съемки установлено, что при $V > 0,9$ м/с пламя наклоняется в сторону свежего материала, а длина факела и ширина горящей кромки возрастают. При $V > 1,7$ м/с появляются вихревые касания пламени поверхности слоя, сопровождаемые образованием очагов горения перед фронтальной кромкой. В результате наблюдается эстафетная передача горения в основном между выступающими из слоя частицами. Она происходит вследствие конвективного нагрева и зависит от характера газодинамических течений перед фронтом, взаимного расположения частиц в слое, формирования и развития локальных пламен.

О закономерностях конвективного нагрева можно судить по температурным профилям в газовой и конденсированной фазах. Пульсирующее положение T_g на уровне поверхности слоя приводит к возрастанию $T_{хв}$ до тепле-

росту интенсивного разложения $T_{II} \approx 300^\circ\text{C}$. Собственным излучением хвоя нагревается перед фронтом пламени лишь до 105°C . При встречном ветре также зарегистрировано возрастание T_{II} , хотя нагрев хвой излучением ослабляется за счет охлаждения ветром. Основной нагрев до температуры T_{II} достигался конвекцией в зоне прогрева газа на передней поверхности факела; его продолжительность составляла в среднем $1,2$ с в интервале V от $-1,8$ до $+0,9$ м/сек. При $V > +1,7$ м/с она возросла почти в пять раз.

Вследствие влияния турбулентных пульсаций наклоненного факела внутри зоны прогрева материала на передней кромке возросла, таким образом, значительно сильнее, чем скорость распространения. В то же время продолжительность выгорания материала внутри фронта горения изменилась незначительно и составляла около 40 с.

Следует отметить также, что естественный ветер обладает крупномасштабной турбулентностью, которая может определять в ряде случаев из-за поведения низового пожара, так и пережого горения в кроне.



Л. Г. Сосновская, С. К. Чокуч,
Е. Н. Сосновский

ИССЛЕДОВАНИЕ СУММАРНОЙ КИНЕТИКИ ПИРОЛИЗА НЕКОТОРЫХ ЛЕСНЫХ ГОРЯЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Кызыл

Интерес к пиролизу и горению растительных горячих материалов связан с опасностью огня для человека и окружающей среды. Развитие современной техники усиливает опасность воздействия огня, поэтому исследования в области изучения пирологических свойств лесных горячих материалов являются весьма актуальными. Анализ литературы по вопросам, связанным с пиролизом и горением целлюлозных материалов, показывает, что химический аспект горения их изучается все еще недостаточно. Объясняется, на наш взгляд, это тем, что авторы считают различия в горении разных по химическому составу материалов незначительными. Однако на самом деле различий химический состав материалов может значительно влиять на изменение скорости горения и распространения огня.

Учитывая, что пиролиз является ведущей стадией горения, мы решили изучить суммарную кинетику этого процесса для различных объектов исследования. В качестве объектов исследования выбрали хвою ели, листья и ветки тополя, ирис русский, рододендрон.

Исследования проводились на пиролитической установке статистического действия. В результате эксперимента была получена зависимость скорости пиролиза исследуемых объектов от температуры и исходного химического состава. Впервые определены энергии активации процесса и предэкспоненциальные множители для исследуемых объектов. Установлено, что химический состав растительных материалов влияет на суммарную кинетику процесса. Исследование пиролиза в изотермических условиях следует проводить последовательно с одной и той же исходной температурой, что позволяет выявить роль отдельных компонентов растительных материалов на направление пиролиза.

Р. В. Исаков

КИНЕТИКА ПИРОЛИЗА И ГАЗИФИКАЦИИ НЕКОТОРЫХ ЛЕСНЫХ ГОРЯЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Красноярск

Процессы горения и воспламенения лесных горячих материалов характеризуются значительным разнообразием физико-химических превращений, что обусловлено как сложной структурой горячего, так и природными условиями. Для выяснения механизма термических превращений, сопровождающих явления воспламенения и горения важно знать кинетические параметры пиролиза горячего. В настоящее время литература не дает данных такого рода, очень ограничена и между ними существует значительная противоречивость. Известно, что пиролиз лесного горячего имеет сложный, стадийный характер. Существенную роль играет стадия газификации и последующее взаимодействие с продуктами газификации. В соответствии с этим, задачей настоящей работы явилось определение кинетических параметров пиролиза различных видов лесного горячего на стадии газификации.

Для изучения реакции в твердой фазе нами был использован метод термобарометрии. Эксперименты проводились на дериватографе системы Ф. Паули, И. Паулик, К. Эрдей. Объектом исследования служили высушенные и растертые в порошок растительные материалы: хвоя сосны, хвоя пихты, хвоя Трехберга, лишайник, хвоя лесной и древесная береза. В этом ряду представлений различие по степени пожарной опасности лесные горячие. Чувствительность ДТА записи на дериватографе 1:15, величина навески 0,1 г, скорость роста температуры 12 град/мин. Опыт проводился с открытым и закрытым тиглем. В первом случае имелся свободный массообмен с поверхностью образца, во втором случае он был ограничен. Высушивание образцов исключало влияние стадии сушки; с другой стороны, применение порошкообразной навески предотвращало влияние физической структуры горячего. Обработку экспериментальных данных проводили по общепринятой в литературе методике анализа кинетического уравнения процесса. В качестве меры, предотвращающей влияние многостадийности пиролиза, расчетные данные принимались в температурном интервале, соответствующем газификации.

Полученные результаты находятся в соответствии с проведенными нами ранее термобарометрическими исследованиями. Наиболее пожароопасными горячими материалами соответствуют большая температура начала газификации, большая доля массопотока (от 71% в случае лишайника до 47% у хвой пихты) на этой стадии.

Величина энергии активации для исследованных нами материалов имеет следующие значения: лиственник - 30,55 ккал/моль; древесина березы 24 ± 36 ккал/моль; мох 14,5 ± 27 ккал/моль; хвоя сосны 10,5 ± 16,8 /моль; хвоя 12,8 ккал/моль; хвоя лихты - 10,5 ккал/моль. Замечим, что изменение энергии активации у лиственника, древесины березы, яхв и хвоя сосны имеет скачкообразный характер. Это, возможно, обусловлено влиянием вторичных продуктов разложения (газификации), что подтверждается наличием времени задержки между началом газификации и ее экзотермическим эффектом.

Предэкспоненциальный фактор также меняется у вышеотмеченных материалов и имеет следующие значения: лиственник $10^{13} \pm 10^{26} \text{ сек}^{-1}$; древесина березы $10^8 \pm 10^{12} \text{ сек}^{-1}$; мох 10^9 сек^{-1} ; хвоя сосны 10^3 сек^{-1} ; хвоя лихты 10^2 сек^{-1} ; хвоя - 10^6 сек^{-1} .

В соответствии с температурной максимальной скоростью газификации (массопотерь) мы рассчитали порядок реакции и получили следующие значения: лиственник - 1,4; древесина березы - 0,9; мох - 0,7; хвоя сосны - 0,9; хвоя - 0,8; хвоя лихты - 0,7.

Опыт с закрытым цилиндром (ограниченный массообмен) показал, что в этом случае имеет место значительное понижение энергии активации, а также предэкспоненциального фактора; с другой стороны, наблюдается некоторое увеличение порядка реакции.

Таким образом, на основании произведенной работы можно видеть, что в ростании пожароопасности лесного горючего связано с увеличением значений кинетических параметров процесса газификации (энергия активации, предэкспоненциальный фактор и порядок реакции). Следует отметить, что полученные нами кинетические параметры имеют эффективное значение. Однако знание температурной зависимости механизма превращения в том газификации позволяет понять механизм термических превращений в процессе газификации и соответственно средства воздействия на него.

ВОДЯНЫЕ РАСТВОРЫ ОГНЕГАСЯЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ
ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ВОЗДУХА

Ленинград

Из известных в настоящее время классов химических веществ, переселены для тушения лесных пожаров и создания широких заградительных полос с воздуха, являются смачиватели, загустители и антипирены (ретарданты).

Смачиватели (сульфатной НП-1, ОП-7, ОП-10, «Прогресс» и др.) снижают поверхностное натяжение воды и тем самым резко увеличивают ее проникающую (сачивающую) способность. В тоже время снижение поверхностного натяжения воды способствует ее дроблению и испарению в воздухе при сбросе с самолета или вертолета. Кроме того, эффективность заградительных полос, созданных растворами смачивателей, исчисляется несколькими минутами.

Загустители (альгинат натрия, поливиниловый спирт, М-ИМЦ, «Саган») повышают вязкость воды и тем самым снижают ее потери на испарение при сбросе с воздуха. Кроме того, время действия заградительных полос, созданных водными растворами загустителей, увеличивается в сравнении с теми же полосами, созданными обычной водой или слабыми растворами смачивателей в несколько раз и исчисляется часами.

Наиболее перспективными классом химических веществ для борьбы с лесными пожарами с воздуха являются антипирены или ретарданты, придающие огнестойкость горючим материалам. Из известных ретардантов наиболее широкое применение в США и Канаде получили *Phos Chick* - ХА, 202, 259 и *Phos Sol* - 100, 931, 934, основными компонентами которых являются соли фосфорной и серной кислоты, обладающие огнестойкими свойствами. Кроме того, в состав названных ретардантов входят небольшие добавки ингибитора коррозии, красителя и загустителя. Концентрация рабочего раствора ретардантов - около 1%. Стоимость 1 т порошка *Phos Chick* - на международном рынке достигает 1000 долларов.

В 1977 г. сотрудники Ленинских и Волгоградских НИИ нефти разработали высокоэффективный состав, придающий огнестойкие свойства лесным горючим материалам, на основе минерала бишофита.

Бишофит - минерал природного происхождения, в виде кристаллического порошка розового или сиреневого цвета с объемным весом 0,8 г/см³. В состав бишофита входят следующие соли неорганических веществ, облада-

щие свойства анкириренов: магний хлористый (44,6-46,0%), магний бромистый (0,55-0,95%), хлориды калия и натрия (0,25-0,9%), кальций сернокислый (0,1-0,5%) и т.д. Содержание активных веществ в порошке бишофита-50-55%, остаточное-кристаллизационная вода. В настоящее время бишофит добывают способом подземного выщелачивания в виде концентрированного (40%) раствора (хлормagneзиевого рассола). Запасы бишофита на территории СССР исчисляются миллиардами тонн.

Водный раствор бишофита оптимальной концентрации 5% с добавками крахмала, загустителя и антикоррозийной присадки предназначается в основном для создания широких заградительных полос одновременного действия перед кромкой лесных пожаров непосредственно с воздуха, то есть с самолетов и вертолетов, оборудованных специальными выливными устройствами (ВСУ). Основное преимущество таких полос перед другими, созданными растворами смачивателей и загустителей, заключается в том, что горючие материалы, обработанные раствором бишофита теряют способность гореть на длительный время (до выпадения осадков).

Создание широких заградительных полос одновременного действия вокруг пожаров, препятствующих дальнейшему распространению огня по лесной площади, позволяет в периоды их массовых вспышек «консервировать» часть из них до подхода наземных сил.

Практика применения бишофита показывает, что слабый раствор этого минерала может быть с успехом использован и в наземных условиях для создания широких огнестойких полос вдоль дорог, в наиболее пожароопасных участках леса, вокруг стоянок туристов, огнестойких производств и т.д.

Таким образом, применение раствора бишофита открывает перспективу для широкого внедрения метода тушения лесных пожаров с воздуха в практику авиационной и звяционной охраны лесов.

О ПРЕДЕЛЕ ОГНЕГАСЯЩЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Хабаровск

1. Достигнутая максимальная эффективность водных растворов огнегасящих химических соединений к настоящему времени составляет 2,0-2,3 по отношению к воде. Перед лесохимической наукой поставлена задача отыскать огнегасящие составы эффективнее воды в 8-10 раз. Возникает вопрос о реально достижимом пределе эффективности огнегасящих составов на тушении лесных пожаров.

2. Лесные горючие материалы при горении разлагаются на газообразную (летучие) и твердую (кокс, зола) части. Летучие образуют пламенную фазу горения, а кокс сгорает в твердой фазе. Соотношение масс летучей и коксовой частей составляет для лесных подстилок 1:1, для отмерших трав и опада листвы - 2:1, для опада хвои сосны, ели, пихты и кедр - 3:1, а для кустарничков, лишайников, смолистых веточек и древесины - 4:1. При лесных пожарах чаще всего сгорает смесь различных растительных материалов, для которой средне соотношение между газообразной и твердой фазами по массе составляет 2:1.

3. Расход воды на тушение пламенной и твердой фаз горения не одинаков. Опыты с раздельным измерением расхода воды на ликвидацию пламени и тушение твердых углей показали, что эти доли расхода для отмерших трав и опада листвы соотносятся в пропорции 2:1. Так как средние удельные теплоты горения летучей и твердой частей различаются незначительно, то можно заключить, что полное тушение обеих фаз горения в лесу основано не столько на химическом ингибировании, сколько на охлаждении.

4. Для оценки огнегасящей эффективности водных растворов химических соединений с водой предлагается формула:

$$K = \frac{A + B}{A_1 + B_1} \quad (1)$$

где А и В - расходы воды на тушение пламенной и твердой фаз, соответственно, а А₁ и В₁ - аналогичные расходы огнегасящего состава в единицах массы, отнесенной к единице длины погупленной кромки пожара.

5. Эксперименты по тушению лесных пожаров водными растворами огнегасящих химических соединений показали, что добавка к воде ингибирующих горения веществ существенно снижает расход раствора лишь на тушение пламенной фазы горения и почти не влияет на тушение твердой фазы. Обра-

богатая и охлажденная огнегасящей жидкостью поверхность углей по мере испарения жидкости вновь раскаляется за счет выхода тепла, накопленного внутри частиц. Это приводит к повторным загораниям. Следовательно, огнегасящие химикаты ингибируют лишь пламенную фазу горения, а на тушение твердой фазы действуют главным образом лишь как охладители. Их расход по массе на тушение твердой фазы не может быть ниже расхода воды, ибо вода - самое эффективное вещество на Земле.

6. В целях экономии химиката рекомендуется применять огнегасящий состав лишь для ликвидации пламени, а допущивание углей вынимать чистой водой. Практически это реализуется, например, одновременным использованием двух ранцевых опрыскивателей-огнетушителей, из которых первый заправлен огнегасящим составом, а второй - чистой водой.

7. Формулу (1) можно записать также в следующем виде:

$$K = \frac{\frac{A}{B} + I}{\frac{A}{A_1} + \frac{B}{B_1}} \quad (2)$$

В этом виде формула иллюстрирует, что огнегасящая эффективность состава зависит не только от его способности ингибировать пламенную фазу горения и охладять тлеющие угли, но и от особенностей горючего материала, учитываемых величиной $\frac{A}{B}$. Например, при легких условиях пожарах, когда основным горючим материалом являются склоновые к тлению подстилка и гумус ($\frac{A}{B} = 1$), эффективность применения химических средств в сравнении с водой значительно ниже, чем при тушении лесенных беглых пожаров, когда сгорает отмершие травы и опад ($\frac{A}{B} = 2$).

8. Формула (2) позволяет предсказать теоретический предел огнегасящей эффективности химикатов в сравнении с водой. При $\frac{B_1}{B} = I$ и $\frac{A}{A_1} = 1$ равной, например, 2, единственной переменной величиной в формуле (2) остается $\frac{A_1}{B}$, которая с возрастанием эффективности химиката стремится к нулю. Когда $A_1 = 0$, формула (2) дает $K = 3$. Это и есть предельная огнегасящая эффективность состава для лесных горючих материалов из отмерших растений. Лишь для лишайников, кустарничков и других материалов с величиной $\frac{A}{B} = 4$, предельная величина K повышается до 5. Эти выводы не распространяются на горючие материалы типа сляков, смолки и твердых углеводородов и других, не образующих углей при сгорании, так как для таких материалов величины B и B_1 равны нулю.

К МЕХАНИЗМУ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ СОСНОВОЙ ХВОИ
КОНВЕКТИВНЫМ ПОТОКОМ

Красноярск

Исследование явления воспламенения хвои конвективным тепло-вым потоком очень важно с точки зрения понятия механизма переноса низового лесного пожара в верхнюю. Вместе с тем, развитие газозащитного (пламенного) воспламенения хвои определяется прерываниями на стадии газификации. В соответствии с этим, рассмотрена газоразная модель воспламенения хвоинки на основании следующих предположений: 1) хвоинка цилиндрич., а поля концентрации и температур суть коаксиальные цилиндры относительно нес;

2) теплообмен происходит кондуктивным путем в приведенной племне; 3) кислород воздуха не лимитирует процесс; 4) процесс рассматриваем на стадии газификации (при температуре хвои $T > 200^\circ\text{C}$)

Уравнения сохранения энергии и массы для газовой фазы выданы в себя эффекта газозащитного превращения, а граничные условия - кинетические параметры газификации хвои.

Для решения поставленной системы уравнений применен интегральный метод. Условиями воспламенения приняты: 1) изменение знака градиента температур (направления теплового потока) в газовой фазе; 2) прекращение роста концентрации продуктов пиролиза в ней.

Полученное решение задачи выдвигает в себя характеристики выходящего потока и кинетические параметры процесса газификации. На основе экспериментальных данных по воспламенению хвои в рамках построения модели получено эффективное формально-кинетическое значение энергии активации пиролиза хвои $E = 15,5 \pm 2,0$ ккал/моль, которое неплохо соответствует литературным данным для сходных по структуре материалов и полученным нами ранее значениям. Это подтверждает достаточно обоснованный характер принятых концепций в рассмотренной модели.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ И
СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЖАРОВ ПО ИХ
ИЗОБРАЖЕНИЯМ НА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ

Ленинград

Информация о пожарах несут практически все космические снимки, получаемые с околоземных космических аппаратов. В особенности ценной является информация с ИСЗ "Метеор", так как система этих спутников является единственной, позволяющей проводить регулярные ежедневные исследования территории страны. На снимках ИСЗ "Метеор" среднего разрешения М 1:2 000 000 отчетливо видны пожары, дымовые шлейфы от них и участки сгоревшей растительности.

Практический интерес представляет использование космических снимков для оперативного обнаружения и оценки ущерба лесных пожаров в труднодоступных и малоосвоенных территориях. Для этого необходимо знать дешифровочные признаки пожаров. В докладе приводятся результаты работ по исследованию дешифровочных признаков пожаров на примере Советских космических снимков с ИСЗ "Метеор". Рассматриваются вопросы автоматизации накопленных результатов анализа космических снимков на базе ЭВМ.

ПРОФИЛАКТИКА И ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

УДН 634.0.432.0

М.А.Сыфорова

ЛЕСОПОЖАРНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ГОСЛЕСФОНДА СССР

Красноярск

При районировании выделяемые регионы можно рассматривать, во-первых, как территориальные единицы, для каждой из которых должен разрабатываться комплекс мероприятий; и во-вторых, как своеобразную координатную сетку из ячеек, с помощью которой дается характеристика всей территории по любому из признаков.

Мы придерживаемся второй концепции, поскольку считаем, что при наличии полной многосторонней характеристики всей территории можно проводить обоснованное проектирование мероприятий для любой административно-хозяйственной территориальной единицы. Кроме того, рассматривая совокупность районов, как координатную сетку, можно широко использовать метод географических аналогов и метод интерполяции, то есть, имея сведения по отдельным точкам, характеризовать с достаточной точностью обратную территорию. При этом можно использовать сеть как с крупными ячейками (областями) для генерализованной характеристики территории, так и с мелкими (округами) для более детальной характеристики.

Мы назвали этот метод районирования блочным или мозаичным, потому что при характеристике территории по какому-либо признаку мы относим целиком весь блок (область, округ) к той или иной градации признака. Затем блоки объединяются в группы по одному или комплексу признаков. Очевидно, что один и тот же блок может одновременно входить в несколько различных группировок.

Блочный метод позволяет избежать от всякого искусственных многоступенчатых классификаций в районировании и характеризовать территории по любому количеству признаков, причем с различной степенью детальности. Кроме того, блочный метод позволяет как бы «привести к общему знаменателю» различные районирования, если они будут оперировать одними и теми же территориальными блоками.

При блочном методе районирования вполне достаточно использовать только две ступени: мы их называем «область» и «округ». Они выделяются по важнейшим природным признакам: по характеру рельефа, по лесности территории, по составу преобладающих пород (типов растительности), по климатическим особенностям.

Таким путем мы разделили всю территорию гослесфонда СССР на 46 объектов, из них 16 - горных и плоскогорных и 30 равнинных, а из числа

равнинных: 17 лесных, 8-лесостепных и 5 - лесотундровых. По уровню фактической горимости 3 области имеют очень высокую горимость, 12 - высокую, 20 - повышенную, 10 умеренную и 1 - низкую.

Кроме фактической горимости в лесопирологическую характеристику мы включаем: 1) оценку возможного ущерба, 2) оценку условий борьбы с пожарами и 3) пирологическую оценку климата.

Мелкомасштабное лесопожарное районирование в виде лесопирологической характеристики территории по областям и округам необходимо для определения общего уровня лесопожарной охраны, для прогнозирования пожарной опасности и для составления стратегических планов по маневрированию силами охраны.

Что касается экномически обоснованного нормирования и объективного проектирования противопожарных мероприятий, то для этих целей ввиду чрезвычайной неравномерности в распределении пожаров по территории мелкомасштабное районирование должно быть дополнено крупномасштабным (типологическим) районированием в виде лесопожарных карт. На лесопожарных картах каждый таксационный выдел относится к определенному классу очередности пожарного созревания на основании природных шкал пожарной опасности участков.

Разрабатывается обобщенная шкала природной пожарной опасности участков, входящими в которую служат: хреватая порода, полнота древостоя и природотипический тип покрова. При этом все разнообразие мохово-лишайниковых и мертвых покровов в лесу разделено нами на 10 пирологических типов: 1) лишайниковый; 2) сухихистый; 3) влажностный; 4) доломный; 5) сфагновый; 6) гинисный; 7) рыхлоопадный; 8) плотноопадный; 9) зако-возмошный и 10) разветвленноветошный.

Границы классов в шкалах природной пожарной опасности мы предлагаем устанавливать в соответствии с обобщенной шкалой пожарной опасности погоды, то есть к I классу очередности пожарного созревания отнести участки, которые могут загораться при показателе менее 300 единиц, во II классу - при показателе 301-1000 единиц и т.д.

ЛЕСОПОЖАРНОЕ РАЦИОНАЛИЗОВАНИЕ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Пучинюк

Восточно-Казахстанская область, лесной фонд которой объединяет горные и равнинные территории с темнохвойными и светлохвойными лесами, разделена на 18 лесхозов с различным уровнем интенсификации и одну лесомелиоративную станцию. Проведенная работа дает основания предложить ряд общих принципов лесопожарного районирования.

Лесоэкономическое районирование Казахской ССР (Серова, 1973) относит территории Восточно-Казахстанской области к Алтайскому горному лесозащитному району, который делится на лесхозно-хозяйственные районы: пихтовых лесов, лиственничных лесов и смешанных лесов.

Мы рассмотрели степень лесопожарной однородности лесхозно-хозяйственных районов и разделили их путем группировки лесхозов на более однородные лесопожарные подрайоны. Этот методический прием обусловлен и тем, что имеющаяся информация, необходимая для районирования, относится только к лесхозам в целом.

Район пихтовых лесов объединяет 11 лесхозов, границы которых показаны на рисунке, причем названия заменены номерами. С лесозащитной точки зрения район неоднороден: в Катон-Карагайском лесхозе (9) значительная площадь занята насаждениями лиственницы, резко отличающимися от темнохвойных лесов пожароустойчивостью и пожаробезопасностью. В связи с этим этот лесхоз мы выделили в первый лесхозохраняющий подрайон. Для него характерна редкая сеть дорог как следствие малой плотности населения.

В 1974 очень засушливом году в рассматриваемом лесхозно-хозяйственном районе (в Пихтовском (14), Туртунском (16) и Зыряновском (8) лесхозах) пожарами было охвачено около 20% площади, которая теперь представляет собой пожарные с полнотой усохшие лесом, или вырубку по гарям. К этой же группе можно отнести и территорию Чернышевского (17) лесхоза, менее пострадавшего от пожаров 1974 г., но по характеру лесов и условиям их охраны сходного с названными лесхозами.

В ближайшие годы территории этих лесхозов станут особо пожароопасными, с тяжелыми условиями для ликвидации пожаров в запялах из деревьев на склонах гор. Для их охраны в течение ближайших двух десятилетий потребуются специальные профилактические мероприятия. Поэтому мы выделяем их в особый, в т о р о й, подрайон.

Среди оставшихся шести лесхозов для Верх-Убинского (5), Чернышевского (8), Кировского (10) и Бухармынского (4) характерны неясные и не покрытые лесом площади, густая сеть дорог и высокая частота пожаров, достигавшая в среднем 36 в год на 1 млн. га общей площади лесхоза. Эти лесхозы выделены в т р е т ь и й подрайон. Здесь целесообразно развить наземную охрану лесов (в лесничествах с наиболее густой сетью дорог).

Последние два лесхоза примыкают друг к другу, но в лесопожарном отношении существенно различны. Земли Ленинского (12) лесхоза принадлежат к сельскохозяйственным угодьям, окружающим г. Ленинск-Срск. Из-за этого в лесхозе самая высокая частота пожаров - 67,8 на 1 млн. га. В Запорожном лесхозе (7) частота пожаров ниже (1,3), что можно объяснить малой плотностью населения и сети дорог. Очевидно, что в Ленинском лесхозе особенно необходимо развить агитационно-массовую работу, регламентировать посещение леса населением, осуществлять противопожарное устройство лесной территории и усилить разрывные наземной охраны с густой сетью дорог. Запорожный лесхоз является типичным горным объектом авиационной охраны лесов с применением вертолетов. Поэтому рассматриваемые лесхозы целесообразно считать ч е т ь е р т ы м и п я т ы м лесопожарными подрайонами лесхозно-хозяйственного района пихтовых лесов.

Алтайский лесхозно-хозяйственный район лиственничных лесов объединяет пять лесхозов (2, 3, 11, 13 и 6), сходных по характеру горных лиственничных, по уровню горимости в не природных условиях охраны лесов. Но Зайсанский лесхоз (6) территориально отделен от остальных четырех степным пространством. Леса его большей частью расположены вдоль государственной границы. Территория лесхоза отливается крайне засушливым климатом (газотермический коэффициент Селянинова равен 0,5), а в связи с этим и высокой пожарной опасностью. Поэтому Берельский (2), Больше-Барынский (3), Курчумский (11) и Маркаловский (13) лесхозы мы отнесли к первому лесопожарному подрайону, а Зайсанский (6) выделили во в т о р о й подрайон, как требующий особо интенсивной охраны.

Степные пространства области, разделенные лесом и не относящиеся к лесному фонду, как и леса подвержены пожарам, которые, распространяясь, обычно угрожают лесному фонду.

Алтайский лесохозяйственный район основных лесов объединяет Ардинский (I) и Самарский (15) лесхозы. Мы считаем, что в состав этого района полезно было бы ввести земли сельскохозяйственного пользования, расположенные на левом берегу Иртыша. На них созданы и создаются полезащитные лесные полосы.

Оба лесхоза расположены по берегам Бухтарминского водохранилища. По характеру лесов и всей лесной растительности, а также по условиям охраны лесхозы отличаются друг от друга. Ардинский лесхоз в последние годы очень сильно пострадал от пожаров. Самарский лесхоз, судя по коэффициенту Селянинова, отличается большей сухостью климата. Несмотря на различия, эти лесхозы мы объединяем в один лесопожарный подрайон, а в т о р н м подрайоном считаем указанные выше земли сельскохозяйственного пользования и территории Октябрьской ЛМС (19). В первом подрайоне пожарная опасность будет возрастать в засушливые периоды всей теплой половины года. Для второго наиболее опасными являются весна до разрастания трав и летне-осенний период после их отмирания. Характер пожаров и техника борьбы с ними в этих подрайонах будут также различными.

В результате проведенного опытного лесопожарного районирования представляется возможным сформулировать ряд общих принципов:

1. Объектом лесопожарного районирования следует считать не только площадь лесного фонда, но и прилегающие к нему территории, то есть всю площадь единицы административного деления, в границах которой производится районирование.
2. Лесопожарное районирование необходимо рассматривать как отраслевое и специализированное, которое осуществляется на основе и в дополнение к лесохозяйственному районированию путем его детализации.
3. Границы таксонов должны быть согласованы с границами хозяйственного и административного деления.
4. Формирование таксономических единиц районирования должно осуществляться на основе природных и хозяйственных различий лесных территорий, которые вызывают необходимость специфических решений вопросов организации и техники охраны лесов от пожаров.

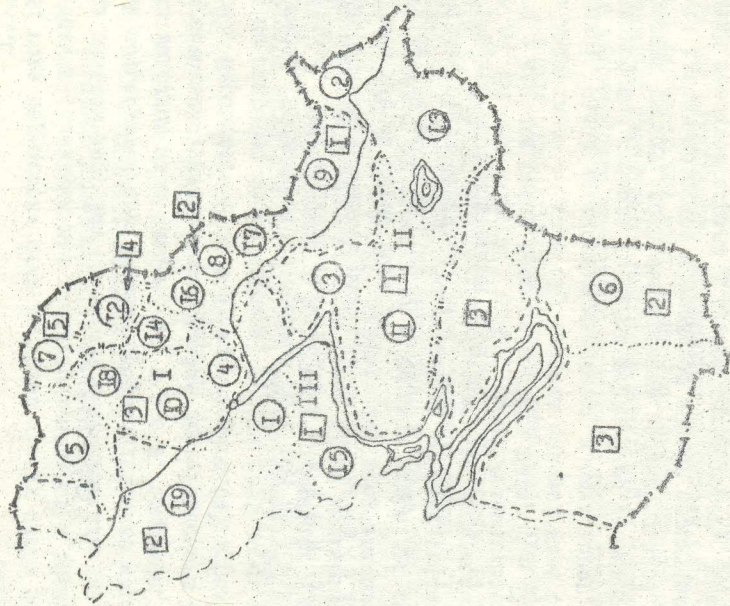


Рис. 1. Схематическая карта лесопожарных подрайонов восточно-казахстанской области

Границы: лесхозов
----- лесопожарных подрайонов

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ ПРОТИВОПОЖАРНОГО УСТРОЙСТВА ЛЕСОВ

Москва

На протяжении двух последних десятилетий разрабатывается один вид специальной документации по противопожарному устройству лесов - генеральный план противопожарного устройства лесов области, края или автономной республики. Генпланы - это документы на стадии схемы, технико-экономического обоснования организационно-технических мероприятий по охране лесов от пожаров более или менее крупных регионов, они удовлетворяют потребности управления (министерств) и лесохозяйственных предприятий как материалы для долготрочного планирования и решения стратегических задач по организации охраны лесов.

На современном этапе развития лесного хозяйства важное значение лесохозяйственного производства должно иметь техническое и рабочее проекты по основным направлениям своей деятельности. Учитывая возрастающую интенсификацию лесного хозяйства многих районов и все более широкое использование лесов в рекреационных целях, в генпланы стали вноситься элементы технических проектов. Но это лишь частичное решение отдельных вопросов, так как комплекс мероприятий генплана не может решаться на уровне технического проекта не разрабатывается. Потребовался качественно иной подход к проектированию противопожарных мероприятий в лесном фонде - назрела необходимость иметь генеральные планы противопожарного устройства лесов крупных регионов и технические проекты для лесов отдельных лесничеств, лесхозов или групп лесохозяйственных предприятий. Первые технические проекты противопожарных мероприятий разработаны в 1976-1977 гг. для двух лесохозяйственных предприятий Московской области.

Основное назначение технических проектов - разработка системы и технологии конкретных лесохозяйственных и организационных мероприятий, которые должны осуществляться после их утверждения, пользоваться для решения тактических задач по охране лесов от пожаров и при организации их тушения. Технические проекты необходимы для районов интенсивного лесного хозяйства с лесным фондом высокой пожарной опасности. Разрабатывать их следует, как правило, после составления генеральных планов противопожарного устройства

лесов, которые должны являться технико-экономическим обоснованием технических и рабочих проектов.

Характерные особенности технических проектов следующие:

1. Состав материалов технического проекта: пояснительная записка, сметные расчеты и картографический материал дается по каждому лесничеству и в целом по лесхозу (в генплане - только по лесхозу).
2. Масштаб картографического материала: карты для каждого лесничества в масштабе плана лесонасаждений (1:25000); сводная карта по лесхозу - в масштабе 1:25000 или 1:50000, в зависимости от общей площади лесхоза; дается также обзорные схем-карты масштаба 1:100000 или 1:200000 (в генплане карты по лесничествам не дается, по лесхозу же в масштабе 1:100000 или 1:200000, сводная по области в масштабе 1:300000 или 1:500000).
3. Характеристика территории лесного фонда по степени пожарной опасности дается по выделам (в генплане - средняя по кварталу).

4. Введены элементы пожарной технологической характеристики лесных площадей; (в генпланах значительно меньшая степень детализации и эти показатели не могут приводиться).

5. По каждому лесничеству и в целом по лесхозу определяются районы, зоны и отдельные места ожога населения; дается конкретные типовые проекты малых архитектурных форм для устройства каждого места отдыха.

Одним из основных компонентов технических проектов является разработка проекта сети противопожарных барьеров и в том числе заслонов различной конструкции, обеспечивающих создание в лесном фонде системы блоков, ограниченных практически негоримыми барьерами. Создание системы противопожарных барьеров и в частности заслонов рассматривалось нами как составная часть комплекса лесохозяйственных работ, в первую очередь рубок ухода за лесом, санитарных, прочих рубок, очистки лесов от внелесочной захламленности. Наиболее целесообразно применение участково-концентрированного метода организации рубок ухода, назначая рубки ухода в группах кварталов, в которых намечены трассы противопожарных заслонов. На трассе предусматривается противопожарного заслона проводится комплекс работ по его созданию в один или два приема (целенаправленные рубки ухода, подчистка ступей, очистка леса от захламленности, минерализованные полосы), а на оставшейся площади кварталов - обычные рубки.

Большинство противопожарных барьеров включает в свой состав минерализованные полосы, продолжить которые механизмами можно только по подготовленной трассе. Применяемая линейная технология проведения рубок ухода дает возможность использовать для прокладки миниполос технологические коридоры и просеки, прорубка специальных трасс не требуется. Типовые технологические схемы Минлесхоза РСФСР для проведения осветлений, прочисток, прореживаний предусматривают оптимальную длину идущих перпендикулярно дороге или просеке технологических (трелевочных) волоков 200-250 м при ширине их 2,5-3 м и прокладываются они, в зависимости от возраста насаждений через 40-50 или 80-100 м. Перпендикулярно трелевочным волокам в молодниках предусматривается прорубка технологических просек через 5-6 или 10-12 м. Таким образом, есть возможность прокладывать минерализованные полосы в продольном и поперечном направлениях и выбирать расстояния между ними в зависимости от лесопожарных особенностей территории.

Устраиваемые леса в большинстве пожароопасны и необходимо как минимум, знать величину потенциально возможного прямого ущерба от лесных пожаров, то есть народнохозяйственную ценность или стоимость охраняемого объекта. Величину ущерба, предотвращаемого системой проектируемых мероприятий, следует рассматривать как стоимость лесного фонда, который может быть уничтожен пожарами или, если не уничтожен полностью, то приведен в состояние, при котором также нарушается экологическое равновесие в природном комплексе. В настоящее время величина ущерба от лесных пожаров определяется с использованием лесных такс, поэтому стали применять лесные таксы и для оценки стоимости охраняемого лесного фонда. Сопоставление затрат на осуществление противопожарного устройства и охрану лесов определенного района со стоимостью лесного фонда этого района позволит объективно судить об экономической целесообразности проектируемых мероприятий.

Действующие лесные таксы имеют известные недостатки, и это необходимо принимать во внимание. Более объективно и полно народнохозяйственную ценность лесного фонда определяет экономическая оценка, в основу которой положен рентажный подход.

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО УСТРОЙСТВА ЛЕСОВ ОБЛАСТЕЙ, КРАЕВ, РЕСПУБЛИК

Ленинград

Одним из основных средств, способствующих усилению охраны лесов от пожаров, является планирование работ по лесопожарной охране - составление генеральных планов противопожарного устройства лесов. Основной при разработке планов служит характеристика горючести лесов и особенно их охраны с учетом природных и экномических условий рассматриваемого объекта.

Работа проводится в три этапа:

1. Изучение лесопожарной обстановки объекта, ознакомление с состоянием охраны лесов от пожаров, сбор исходных данных в лесхозе для последующего проектирования, предварительное определение комплекса противопожарных мероприятий.

2. Анализ собранных материалов по лесхозам и обоснование комплекса мероприятий, позволяющих снизить горючесть лесов, составление краткой объяснительной записки и схематической карты по каждому лесхозу.

3. Разработка генеральной схемы противопожарного устройства лесов в целом по области, крам, республике, составление объяснительной записки и схематической карты объекта.

Северо-Западные лесохозяйственные предприятием в 1968-1973 гг. были составлены генеральные планы противопожарного устройства лесов по 16 областям и 164 лесхозам Казахской ССР.

Генеральные планы по областям составлены на основе разработанных противопожарных мероприятий по каждому лесхозу и оперативному оглавлению с указанием мероприятий, имеющих общее значение для охраны лесов области.

В генпланах предусмотрена очередность в выполнении противопожарных мероприятий по отдельным лесхозам. Объемы рассмотренных в лесхозах и областных управлениях, а затем утвержденных Госкомлесхозом лесного хозяйства СМ Казахской ССР. Все лесхозы и управления лесного хозяйства получили цифровой и картографический материал.

В 1974 г. составлены обменные материалы по республике. В области в целом по республике произведен анализ горючести лесов, разработаны основные схемы природной пожарной опасности, по которым к I-III классам

отнесено 37% территории.

Произведено деление лесов на районы преимущественного развития наземной и авиационной охраны. Проект наземного противопожарного устройства состоит из предупредительных и ограничительных мероприятий, организации сторожевой службы по борьбе с лесными пожарами, дорожного строительства, оснащения оборудованием, механизмами и транспортом, производственного строительства.

До 1985 г. (3 пятилетки) для выполнения генсхемы затраты составят - 56,4 млн. руб., в том числе операционные - 33,6 млн. руб., капитальные - 22,8 млн. руб.

На авиационную охрану намечено израсходовать - 8,5 млн. руб., в том числе капитальных - 0,2 млн. руб.

Общие затраты на 15 лет составят - 64,9 млн. руб.

Проектируемый комплекс рассчитан на выполнение его в три пятилетки.

По республике затраты на наземную охрану увеличатся с 6,6 коп. на I га общей площади до 11,2 коп., то есть на 170%.

Затраты на авиационную охрану лесов увеличиваются на 146%.

К концу проектируемого периода общие затраты на I га площади государственного фонда будут составлять 12 коп.

Увеличение ассигнований предусматривается с целью снижения горюсности лесов за счет осуществления целого комплекса противопожарных мероприятий. Осуществление его прежде всего позволит исключить возможность возникновения больших по площади пожаров, сократить приносимый ими ущерб лесному и народному хозяйству республики и значительно усилить роль и значение леса в хозяйстве Казахской ССР.

А.С.Шейнгауз, В.А.Чельшев, В.А.Малькова

СОВМЕЩЕННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГОРИСТИ И ОГРАНЫ ЛЕСОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗОНЫ БАМ)

Хабаровск

В практической лесной пирологии широко используется картографический материал. Он составляется при проектировании в процессе лесоустроительных работ и содержит массы поварной опасности, размещение существующих и проектируемых сооружений и мероприятий, реке - размещение прошлых лесных пожаров по территории. Однако внешне картографическому анализу сложившейся ситуации с лесными пожарами и охраной лесов почти не уделяется.

В процессе анализа и прогнозирования лесохозяйственного производства в зоне БАМ возникла необходимость в территориальном анализе лесопожарной обстановки. Нами была разработана методика ее картографирования в мелком (1:5 000 000) масштабе, реализованная в картах охраны лесов от пожаров Хабаровского края и Амурской области.

Содержание карт определалось необходимостью показать три основные позиции: уровень горюсности лесов, интенсивность охраны лесов от пожаров, результативность охраны лесов от пожаров.

Географической основой явилась карта, на которой были нанесены основные реки, магистральные дороги и границы лесхозов. Визуальной основой картографирования явился лесхоз.

Уровень горюсности лесов отображен абсолютными и относительными знаками. Для каждого лесхоза полукругом показана средняя годовая за последние 5 лет площадь пожара. Площадь полукругов пропорциональна площади пожара.

Узкие вертикальными секторами, имеющим центр, совмещен с полукругом, показано среднегодовое за тот же период количество пожаров. Радиус сектора пропорционален количеству пожаров. Сочетание сектора и полукруга дает наглядное изображение абсолютных величин горюсности.

Относительная горюсность лесов (среднегодовая площадь пожаров в процентах к лесной площади за то же пятилетие) показана фондовой атрибуцией всей территории лесхоза. Шкала атрибуции выбрана применительно к шкале Г.А.Мокеева (1958) с большей детализацией. Приняты следующие интервалы: до 0,01; 0,02-0,05; 0,06-0,1; 0,2-0,5; 0,6 и более.

Интенсивность охраны лесов от пожаров отнесена к га лесной площади по пожарные наземные работы в рублях, приходящиеся на 100 га лесной

площади. Она изображена фоновой окраской, густота тона которой зависит от увеличения затрат. Принята следующая шкала: до 0,1; 0,2-1; 1-5; 6-10; 20-30; свыше 30 р./100 га.

Внесистемными знаками-символами показано размещение по территории пожарно-линейных станций и авиастанций.

Результативность охраны лесов от пожаров находит отражение прежде всего в уменьшении или уменьшении площади гарей. Поэтому по данным о динамике учета лесного фонда вычислен среднестатистический темп изменения площади гарей, который показан на картах в виде изоминий. Изоминии с положительными значениями выделяют территории с успешной охраной лесов от пожаров, а с отрицательными - с малоэффективной. Тем самым удается выделить лесхозы, где следует усилить противопожарные меры.

Цвета для карт взяты теплых тонов: алый, красный, лиловый - что соответствует смысловой нагрузке карты.

Основная карта снабжена дополнительными диаграммами, характеризующими в целом по области (краю):

- 1) распределение площади гослесфонда по интенсивности произошедших пожаров;
- 2) распределение пожаров по причинам;
- 3) распределение числа пожаров по месяцам;
- 4) динамику количества пожаров по пятилетиям за последние 25 лет;
- 5) динамику среднего размера одного пожара за тот же период;
- 6) динамику площади пожаров в процентах к лесной площади за тот же период.

Составленные по описанной методике карты получили положительную оценку лесоуправленческих органов.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

Красноярск

1. Проекты организации и развития лесного хозяйства "... являются основой для ведения лесного хозяйства и осуществления лесопользования и служат исходными данными для перспективного и текущего планирования" (Основы лесного законодательства Союза ССР и Союзных республик. Статья 49). В связи с этим перед лесоустройством как системой организации лесного хозяйства поставлена важная задача - смелее и шире использовать при проектировании противопожарных мероприятий достижения науки и техники, передовой опыт в области охраны лесов от пожаров.

2. Проектирование противопожарных мероприятий должен представлять глубокий анализ пожарной обстановки, который позволит выявить потенциальные и отрицательные стороны в охране лесов от пожаров и в дальнейшем проектировании противопожарных мероприятий и послужит основой для дальнейшего проектирования.

3. Эффективность намечаемых мероприятий по охране лесов от пожаров тесно связана с правильностью определения пожарной опасности отдельных лесных участков. Ошибки в определении класса пожарной опасности могут повлечь за собой ошибки в проектировании. Следовательно распределены территории лесхозов по классам пожарной опасности надо детализировать.

4. Нагрузка схем противопожарных мероприятий с окрестной по классам пожарной опасности должна быть максимально полной, масса удобных для чтения, а по содержанию она должна быть близка к топографической карте. Это позволит повысить практическую ценность плановых материалов и обоснованно проектировать противопожарные мероприятия.

5. При проектировании противопожарных мероприятий особое внимание необходимо уделять светлостойким лесам и хвойным мохолянкам. Важно разумное сочетание противопожарной пропаганды и противопожарного устройства территории объектов.

6. Особое значение имеет правильность разделения территории на зоны наземной и авиационной охраны лесов. Определение количества и зон деятельности пожарно-химических станций производится на основе специальных расчетов.

7. При проектировании служб пожарно-химических станций учитывается

ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ РАБОТ ПО ПРОТИВОПОЖАРНОМУ УСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Хабаровск

положение о них, которые предусмотрено усиление оснащения станций машинами, механизмами и орудиями. Помимо пожарно-химических станций в лесхозах следует проектировать сеть противопожарных моторизованных команд, патрулирующих территории при высокой степени пожарной опасности.

8. При проектировании необходимо предусматривать снижение пожарной опасности лесных массивов при помощи лесохозяйственных мероприятий: рубок ухода, лесовосстановительных рубок, санитарных рубок и т.д.

9. При главном пользовании лесом необходимо строгое соблюдение правил рубки и очистки лесосек. Повышение требовательности к лесозаготовителям со стороны органов лесного хозяйства поможет снизить пожарную опасность вырубок.

10. Важны мероприятия в противопожарном устройстве лесов является расчленение их на отдельные блоки естественными и искусственными противопожарными барьерами. Размер блоков зависит от степени пожарной опасности лесных массивов и интенсивности ведения лесного хозяйства. Массивы с преобладанием хвойных молодняков рекомендуется расчленять на блоки площадью от 2 до 12 тыс. га.

11. В проектах лесохозяйства важно правильно определить оптимальные объемы противопожарных мероприятий в лесосекрельных базах, выделив их в обязательном порядке из общих объемов работ. Со стороны лесхозов должен быть налажен постоянный контроль за исполнением леспроектами составленных на основе проектных рекомендаций планов противопожарных работ.

12. Проектные рекомендации лесохозяйства по охране лесов от пожаров должны в обязательном порядке рассматриваться на технических совещаниях при лесхозах с участием ведущих специалистов лесхозов и лесохозяйства и после рассмотрения проектов на втором лесохозяйственном совещании и утверждения лесохозяйственной комиссией должны служить исходными данными для перспективного и текущего планирования.

Противопожарное устройство территории лесохозяйственных предприятий выгнрает строительство дорог лесохозяйственного и противопожарного назначения, устройство минерализованных полос и других противопожарных барьеров, обустройство и содержание ПДС, наблюдательных пунктов и прочие работы.

Вместе с профилактическими мероприятиями, обнаружением и тушением пожаров наземными и авиационными средствами, противопожарное устройство территории является одним из необходимых условий эффективной борьбы с лесными пожарами.

Несмотря на то, что лесохозяйственные предприятия ежегодно выдают большие и все возрастающие объемы противопожарных работ, противопожарное устройство территории часто оказывается неуклонно-аритмичным. На то указывает возникновение крупных пожаров в ряде районов страны.

Планирование противопожарного устройства территории пока что не соответствует сущности этих работ. Наибольшая эффективность противопожарного устройства территории возможна только при равномерном и назначенном (до определенного предела) размещении по ней работ. Однако современные методы хозяйствования стимулируют выполнение объемов работ, но не стимулируют наилучшего их размещения. В результате работ лесохозяйственные предприятия имеют широкую свободу часто нарушая рекомендации специального регулятора размещения лесохозяйственного проекта. Интерес лесохозяйственного предприятия проектировать такому размещению мероприятий по всей территории, которое было бы наиболее выгодным с точки зрения оптимизации стоимости лесных ресурсов.

Для большинства работ в лесном хозяйстве это противоречие наступает не четко, для противопожарного устройства территории - очевидно. Там, где лесной фонд не охвачен всем комплексом противопожарных мероприятий, в том числе противопожарным устройством, чаще всего случаются крупные пожары. Последние определяют отрицательную динамику лесных ресурсов слабососредоточенных районов.

Противопожарное устройство территории остается самым слабым звеном в системе охраны лесов от пожаров. Игнорирование показателей про-

гивопожарного устройства территории не виден в число централизованых показателей народнохозяйственного плана. Это означает, что роль противопожарного устройства территории недооценивается. В результате леса даже в непосредственной близости от населенных пунктов остаются недоступными для наземных технических средств. В то же время они доступны любому пешеходу - потенциальному источнику огня. Поэтому вредки средние и крупные пожары в 50-километровой полосе вокруг населенных пунктов и вдоль путей сообщения.

В результате недооценки роли противопожарного устройства остается недоиспользованным учет таких работ. Это ведет к крайне низкому качеству объектов противопожарного устройства территории, по существу к бесцельной трате государственных средств. Например, на Дальнем Востоке в 1975 г. действовали не более 45% минерализованных полос, созданных за 1966-1975 гг. Остальные в лучшем случае были связаны непосредственно с тушением пожаров и к противопожарному устройству территории отношения не имели.

В лесохозяйственных предприятиях нет специального учета противопожарного устройства территории, как это делется по лесным культурам, рубкам ухода и другим работам, поэтому контроль за состоянием противопожарных объектов затруднен. Единственным мериллом противопожарной деятельности лесохозяйственного предприятия служит выгоревшая площадь. Однако этот показатель несовершенен, так как позволяет небрегать противопожарным устройством территории в благоприятных погодных условиях или вынуждает скрывать фактическую горимость лесов в условиях неблагоприятных.

Таким образом, планирование и учет противопожарного устройства территории имеет ряд существенных недостатков, отрицательно отражающихся на эффективности этих работ и рациональности использования государственных средств.

В целях улучшения противопожарного устройства территории необходимо: 1) ввести в число централизованных показателей народнохозяйственного плана следующие показатели противопожарного устройства территории: а) устройство дорог лесохозяйственного и противопожарного назначения; б) устройство минерализованных полос; в) организация пожарно-технических станций; г) устройство сети связи и наземного наблюдения за состоянием пожарной обстановки; 2) ввести учет работ по противопожарному устройству территории в специальных книгах постоянного действия; 3) обеспечить контроль за выполнением планов противопожарного устройства территории как по объемам, так и по размещению работ.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ
ПО ЛЕСОУЧЕТНЫМ ДАННЫМ

Хабаровск

Правильное определение ущерба, наносимого лесными пожарами, - основа определения целесообразного уровня затрат на противопожарные работы. Для исчисления ущерба необходимо знать точную площадь лесных пожаров. Однако последняя в отчетах лесхозов и авиабаз в многих лесных районах часто искажается. Это связано с объективными (невозможность оперативной аэрофото съемки и таксации, трудность фиксации местоположения кромки пожара при высокой задымленности и т. п.) и субъективными факторами.

Более близкие к действительному положению данные можно получить на основе периодического учета лесного фонда, в котором обязательно регистрируется площадь гарей. Для расчета необходимо знать период естественного возобновления на гарях. Так как после верхних пожаров на гарях в подавляющем большинстве случаев формируются одновозрастные молодняки и период возобновления леса охватывает один-два десятилетия, то можно воспользоваться методом переделки по возрастам.

В этом случае в качестве исходной предпосылки принимается равномерное распределение площади гарей по возрасту возобновления. Если известна неравномерность образования гарей по годам, то необходимо ввести соответствующую поправку в последующие расчеты.

Основываясь на исходной предпосылке, в дальнейших расчетах принимаем, что ежегодно доля гарей обратная периоду возобновления, попадает в покрываем лесом площадь. Например, если период возобновления составляет 12 лет, то при отсутствии пожаров ежегодно площадь гарей уменьшается на 1/12 часть. Исходя из длины периода между двумя очередными учетами лесного фонда, можно вычислить, какая площадь гарей, отмеченных при предпоследнем учете, должна остаться к последнему учету. Например, при 12-летнем возобновительном периоде и 5-летнем периоде между учетами лесного фонда 5/12 частей гарей, зафиксированных в предпоследнем учете, должны перейти к последнему учету в покрываем лесом площадь, а 7/12 - сохранятся в виде гарей.

Если при последнем учете площадь гарей окажется больше, чем расчетный остаток, то это превышение и будет площадью пожаров за учетный период.

Категории земель, отмеченные в учете лесного фонда как "гарь",

образуются после верховых подлесных, а также устоявшихся подстилок, по-гумусовых и напочвенных пожаров, помехных полное или значительное до полноты 0,3 усыхание древостоев. Если известно среднее соотношение видов пожаров в данном районе, то от расчетной площади сплошных гарей можно перейти к площади всех видов пожаров.

Наиболее точные данные о площади пожаров можно получить при наличии двух лесоустроительных учетов. В этом случае обязательна работа с картографическими материалами. Путем сопоставления планов лесонасаждений предпоследнего и последнего лесоустроительных с приречением таксационных описаний выявляется площадь заросших, сохранившихся и вновь появившихся гарей. При этом, если таксация была произведена достаточно детально, можно точно установить длительность возобновительного периода для разных типов гарей. Одновременно устанавливается среднеперiodическая площадь пожаров, которую иногда удается различить по годам.

Методы приближенного расчета по учету лесного фонда и точного расчета по лесоустроительным материалам были апробированы в условиях Дальнего Востока. Они дали удовлетворительные результаты, которые в отличие от официальных отчетных данных о пожарах хорошо укладываются с динамикой лесного фонда. Эти методы могут быть использованы также при создании системы контроля за эффективностью лесохозяйственного производства, вопрос о которой поставлен в настоящее время.

О ВЫДЕЛЕНИИ ЗОН НАЗЕМНОЙ ОХРАНЫ ЛЕСОВ

Красноярск

Принятое в настоящее время разделение территории лесного фонда на наземную и авиационную зоны охраны лесов от пожаров основано на степени ее хозяйственного освоения. Мы рассматриваем случаи, когда выделение зон осуществляется в зависимости от густоты дорожной сети при разработке проектов противопожарного устройства лесов.

К зоне наземной охраны относятся территории, где плотность дорож составляет не менее 6 км на 1000 га. Этот норматив устанавливается для лесхозов и служит основанием для отнесения территории к той или иной зоне охраны. Считается, что при такой густоте дорожной сети пожарные команды ЦДС должны прибыть к месту пожара не позднее, чем через 3 часа после его обнаружения. Были предложения о дифференциации предельного времени прибытия на пожар в зависимости от пожароопасности лесов.

Известно, что при следовании на пожар часть пути приходится преодолевать на автотранспорте по дорогам, а часть - пешком по лесу, в сторону от дороги. Доля времени, приходящаяся на пешее передвижение в общем времени следования до пожара, составляет существенную часть. Очевидно, что доля пешего передвижения находится в прямой зависимости от густоты дорожной сети. Следовательно, определенность густоты дорож должна соответствовать некоторой продолжительности пешего передвижения.

По экспериментальным данным нами определено среднее время пешего передвижения при различной дорожной сети. Оказалось, что при густоте дорож 6 км на 1000 га это время в среднем составляет около 1 часа, не считая времени следования на автотранспорте. Но густота дорож по лесничествам сильно колеблется. Поэтому в настоящее время при установлении нормативов густоты дорожной сети для выделение зоны наземной охраны пожарные команды часто не в состоянии пройти к местам пожаров в течение 3 часов. Такая ситуация обычно наблюдается в Сибире. В связи с этим целесообразно нормативную густоту дорожной сети устанавливать не для лесхоза в целом, а для каждого лесничества в отдельности. В Сибири же, вероятно, есть смысл устанавливать этот норматив для технических участков. Кроме того принята в настоящее время нормативная густота дорожной сети весьма низка и не соответствует возможностям пожарных команд. Поэтому есть основания считать этот норматив слишком высоким. В этом случае среднее время пешего пе-

составления пожарных команд составит около 17 мин, и они смогут своевременно прибывать к местам пожаров. Деятельность ПДС на базе современного автотранспорта может быть успешной лишь при наличии достаточной сети дорог. Это позволит повысить эффективность наземной охраны при борьбе с лесными пожарами. Территория с более редкой сетью дорог должна быть отнесена к зоне авиационной охраны.

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ПОЖАРНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ
ВЕСЕННЕГО ПЕРИОДА**

Кабардовск

Для наиболее эффективного маневрирования силами и средствами авиационной охране леса необходимо прогнозы пожарной опасности большой заблаговременности; на весь пожароопасный сезон или хотя бы на наиболее важный весенний период. Но вопрос этот разработан еще очень слабо. Поэтому мы попытались выявить, как сказываются погодные условия предшествующих весеннему периоду времени года, - лета, осени, зимы - на степень его напряженности. Для этой цели мы сопоставили ряд метеорологических элементов с различными по степени пожарной опасности весенними периодами. Были использованы материалы пяти станций, представляющие однородную в климатическом отношении территорию юга Кабардовского края, которые равномерно расположены на ней и имеют наиболее длительный ряд (40-45 лет) качественных наблюдений.

Табличный анализ не установил строго определенных закономерностей между пожароопасными весенними периодами и погодными факторами. Поэтому, чтобы выявить конкретное влияние метеорологических факторов и их сочетаний на напряженность весеннего периода, мы использовали метод многофакторного регрессионного анализа и на основе статистических данных выявили четыре различных уровня напряженности пожарной опасности весны следующего года:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n + \dots + \epsilon_{i, n}$$

где y - критерий напряженности весны (средний класс пожарной опасности весеннего периода или частота пожаров); x_i - факторы, влияющие на пожароопасность весеннего периода; b_i - коэффициенты, показывающие силу влияния факторов.

Методика вывода уравнения заимствована из книги Д.П. Аллера, Е.В. Марковой, Ю.В. Грановского (1976). Предварительная корреляционная анализ позволил отобрать следующие факторы, с которыми наиболее тесно связаны показатели пожарной напряженности весеннего периода: x_1 - степень разрастания трав предшествующего лета, количественно выраженная высотой травяного покрова, см; x_2 - запасы влаги в почве после схода снегового покрова, выраженные суммой осадков, мм; x_3 - дата схода снегового покрова; x_4 - гидрометеорологический коэффициент Селянинова (1937).

Уравнения регрессии были составлены в следующих четырех вариантах. В первом критерием пожароопасности весны принят средний для весенних дней класс пожарной опасности, вычисленный по методике Института леса и древесины СО АН СССР (Э.Н.Валендик, 1970). Один из факторов в этом уравнении — гидротермический коэффициент Селянинова, который во втором варианте принят в прогностическом значении. В третьем уравнении в качестве критерия пожароопасности весны принята частота пожаров в сочетании с фактическим гидротермическим коэффициентом Селянинова, а в четвертом — с прогностическим коэффициентом.

Полученные уравнения, по критерию Фишера, адекватны, вклады факторов за некоторым исключением, значимы. Уравнения определяют силу влияния исследованных факторов на пожароопасность весны.

Испытанке первых двух вариантов уравнений сравнением фактических классов пожарной опасности весенних периодов с вычисленными по уравнениям показало, что средний квадратический процент отклонения составил +16-19%. Результаты проверки позволяют заключить, что эти уравнения можно использовать для оценки ожидаемой пожарной напряженности весны, выраженной средним классом пожарной опасности.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОЖАРНОЙ
ОПАСНОСТИ В ЛЕСУ

Красноярск

При оценке пожарной опасности лесной территории необходимо оперативно и подробно учитывать пространственное распределение основных компонентов, определяющих пожарную зрелость лесов: 1) состояние лесной растительности на охраняемой территории; 2) распределение источников огня; 3) погодные условия на этой территории.

Важно помочь работникам лесного хозяйства при решении подобных задач могут оказать специализированные информационные системы.

Подобная система разрабатывается для Красноярского управления лесного хозяйства. Отличие этой информационной системы от аналогичных систем состоит в том, что, во-первых, природная пожароопасность определяется на основе таксационного описания участков лесного фонда данного региона, во-вторых, вычисление каждого компонента пожарной опасности и ее сводная оценка производится детально для каждого квартала охраняемой территории.

Система предназначена для решения следующих задач:

- 1) определение показателя природной пожароопасности по кварталам на основе экспертных оценок ее факторов;
 - 2) определение показателя по-элементальной опасности появления источника огня в каждом квартале методом потенциальных функций и статистической обработки многолетних данных о пожарах;
 - 3) определение показателя пожарно-опасности по условиям погоды для каждого квартала методом интерполяции пространственных полей, регрессионного анализа и вычисление комплексного метеорологического показателя;
 - 4) построение "картинных карт" прочтота обшей пожарной опасности по кварталам.
- Система состоит из двух взаимосвязанных частей: информационной и функциональной баз.
- Информационная база данных системы содержит:
- 1) гидрологические характеристики таксационных участков на охраняемой территории;
 - 2) метеорологические характеристики прошлого, текущего и прогнозируемые;
 - 3) характеристики пожаров прошлого;
 - 4) закодированную карту территории;

5) различные вспомогательные данные.

Функциональная база системы состоит из программ обработки данных и решающих программ.

Сейчас закончена первая очередь системы а именно: разработана методика и написаны алгоритмы решения перечисленных задач. Выбрана структура представления и хранения исходных данных для информационной базы системы. Ведется отладка решающих программ и программ обработки данных функциональной базы системы.

Система остается открытой для решения других задач охраны лесов. В частности, решена задача оптимального размещения объектов противопожарного устройства лесов методом многокритериальной оптимизации и экспертных оценок. Решается задача о выборе оптимального числа объектов противопожарного устройства лесов.

На основе информационной базы системы, а именно на основе географических и таксационных характеристик, предпринимается в дальнейшем решать вопросы конфигурации распространения пожаров, свойства лесных горючих материалов и др.

ИД 634.0.431.1

Г.П. Телинни, Т.В. Костиркина

О СВЯЗИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И БЕЗОПАСНЫХ ПЕРИОДОВ

Хабаровск

В настоящее время успехи, достигнутые в деле охраны лесов от пожаров, принято оценивать величиной снижения средней площади одного пожара за сезон в сравнении с предшествующими годами. При этом не принимают во внимание различия в степенях засушливости пожароопасных сезонов. Кроме того, в связи с отсутствием простых и точных методов измерения площади, поврежденного пожаром леса, а также по ряду субъективных причин площади лесных пожаров фиксируются недостаточного достоверно. Возникает необходимость в количественных критериях эффективности службы охраны лесов от пожаров.

Одним из таких критериев может служить величина снижения средней продолжительности пожара, отнесенная и средняя продолжительности безопасного периода за конкретный пожароопасный сезон в сравнении со средней многолетней. В отличие от площади, средние продолжительности лесного пожара и безопасного периода могут быть определены точно, так как первая связана с выработкой зарплата работников на тушении, возмещаемых расходов на аренду применяемой техники и т.д., а вторая — места на метеостанции.

Исследования, выполненные по статистическим данным о лесных пожарах и метеосводных за последние 12 лет для районов Дальнего Востока показали, что между средней продолжительностью пожара и средней продолжительностью безопасного периода существует достаточно тесная корреляционная связь, выражаемая уравнением:

$$T = k(\theta - n), \quad (1)$$

где T — средняя продолжительность одного пожара за сезон в сутках, k — коэффициент, зависящий от эффективности охраны лесов от пожара, θ — средняя продолжительность безопасного периода, выраженная количеством суток между долями с суточной величиной 3,0 мм и более (как это принято в существующих правилах оценки пожарной опасности по условиям погоды) и n — число суток после дождя, необходимое для пожарного созревания лесной территории. Коэффициент корреляции этой связи варьируется для различных районов Дальнего Востока в пределах 0,41 — 0,75.

Усредненные за последние 12 лет величины, входящие в формулу (1), составляют:

	ϵ	n	K
Хабаровский край	3,7	3,1	1,4
Приморский край	2,4	2,8	1,4
Сахалинская обл.	3,7	3,0	1,5
Амурская обл.	2,5	2,7	0,8
Магаданская обл.	4,6	6,9	1,3
Оротуканский лесхоз	2,6	6,4	3,3
Тенькинский лесхоз	2,6	6,4	3,3

В южных районах Дальнего Востока пожароопасный сезон имеет два пожарных максимума - весенний и осенний. Формула (1), примененная для весны и осени и отдельно для лета показала, что n для весны и осени равно 1,8-2,1, а для лета - 6-7 суткам. При этом K изменяется несущественно.

Изучение K в динамике по годам показало, что эта величина за последние 10 лет в Хабаровском крае, в Амурской и Сахалинской областях снизилась соответственно на 6,28 и 5%, в Приморском крае возросла на 12%, а в Магаданской области (по двум лесхозам) сохранилась на том же уровне.

Сравнение этих показателей с величиной ежегодного снижения площади леса, поврежденного пожарами, (по официальным данным) приводит к выводу, что средняя площадь пожара с годами снижается гораздо быстрее, чем средняя продолжительность тушения пожара. Это свидетельствует, в частности, о том, что существующие средства тушения лесных пожаров более или менее эффективны лишь на стадии остановки пожара и далеко не столь эффективны на стадиях локализации и дотушивания. Пожары преимущественно сдерживаются, но окончательно ликвидируются не всегда, действуя в течение длительного времени, а иногда и до появления осадков. Максимальная продолжительность (крупных) пожаров чаще всего оказывается почти равной максимальной продолжительности бездождных периодов.

Введение в формулу (1) максимальной продолжительности бездождного периода ϵ вместо средней θ не приводит к снижению коэффициентов корреляции этой связи. Величина ϵ при этом, естественно, становится ниже.

Величина K , выражающая отношение средней продолжительности периода к средней продолжительности бездождного периода за вычетом числа дней пожарного созревания лесной территории, может быть использована в качестве одного из критериев эффективности службы охраны лесов от пожаров.

ВЗАИМОСВЯЗЬ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ НИЗОВОГО ПОЖАРА
В СОСНЯКЕ ЛИШАЙНИКОВОМ

Якутск

Опытное изучение проведено в сосняке лишайниковом у бонитета 110 лет, со средней высотой 10,1 м и диаметром деревьев 14,7 см. Полнота древостоя - 0,53. Запас - 75 м³. Подrost сосновой куртинами, подлесок негустой. Почвенный покров состоит из лишайников рода кладония, мховость до 8 см, местами с очень разреженным ярусом брусники, с лугами толокнянки и лишай. Показатель горючести 926. Ветра не было. Перед выжиганием на месте от точки зажигания намечены направления выжиги по 8 "сторонам света". Во время опыта фиксировали направление выжиги от каждой точки. Результаты наблюдений приведены в табл. 1 и на рис. 1. Увеличение периметра (P , м) и площади (S , м²) выжиги соответственно курсивом и планшетами по рис. 1. Данные табл. 1 позволяют определить связь между увеличением периметра и площади пожара с продолжительностью времени горения.

Зависимость нарастания периметра пожара от продолжительности времени горения выражается формулой $y = 2,4 x - 4,7$, где y - периметр, м; x - время, мин. Выведение этой формулы значения периметров сплошными: 19, 43, 67, 91, 115 и 139 м. Коэффициент корреляции между этими значениями значениями периметров 0,99 ± 0,12. Эта связь представлена на рис. 2.

Связь нарастания площади пожара с продолжительностью горения выражается формулой: $y = 0,6 x^2 - 16,4 x + 213$, где y - площадь, м²; x - время, мин. Выведение значения площади через 10-минутное выжигание получилось следующие: 109, 125, 261, 517, 893 и 1389 м². Коэффициент корреляции между этими значениями значениями площадей 0,92 ± 0,15. Эта связь приведена на рис. 3.

Ось пожара - средняя линия продвижения центра его фронта - можно продолжать на ось фронта (наветренной кромки пожара) и тогда подветренной кромки пожара), которые имеют протяженные надрывы от начальной точки распространения пожара. Остатки продвижения фронта, сзади важной тактической части пожара, предопределяют сдвиг его локализации, в этом направлении. Длина оси фронта есть расстояние от заданной или за определенное время. Установление связи увеличения двух параметров пожара в зависимости от нарастания оси фронта имеет

Таблица 1

Характеристика распространения горения

Время с момента зажигания	Направление				Р, м	S, м ²				
	С	СВ	Ю	ЮЗ						
10 мин	2,2	2,6	2,8	4,2	5,5	2,3	22,5	26		
20 мин	4,4	4,8	5,4	7,8	10,0	5,3	5,0	4,5	42,5	120
30 мин	6,8	6,8	7,1	11,3	17,0	13,5	8,5	6,8	67,0	325
40 мин	9,5	9,2	8,8	14,3	20,3	19,0	14,2	8,1	87,0	535
50 мин	12,2	11,0	11,0	17,0	22,0	23,6	23,2	9,3	112,0	823
60 мин	15,0	15,0	14,0	20,0	29,3	31,0	29,2	11,3	145,0	1435

практическое значение. Зная их можно определить другие параметры пожара, необходимые для расчета сил и средств борьбы, особенно для всего времени его распространения, так как большинство пожаров при содействии организации авиационной охраны лесов ликвидируется на малых площадях.

В табл. 2 приведены данные о нарастании за 10-минутные интервалы времени оси фронта, оси тла, протяжения фронта, периметра и площади пожара. Эти данные позволяют нам вывести уравнения связи указанных параметров с нарастанием оси фронта:

Таблица 2

Нарастание параметров пожара через 10-минутные интервалы времени горения

Время, мин	Ось фронта, ϕ , м	Ось тла, T , м	Протяжение фронта, ψ , м	Периметр, P , м	Площадь, S , м ²
10	5,0	2,0	9,0	22,5	26
20	10,0	4,5	16,0	42,5	120
30	16,0	7,0	25,0	67,0	325
40	20,0	9,5	30,5	87,0	535
50	23,0	10,5	36,0	112,0	823
60	31,0	15,0	47,5	145,0	1435

1) уравнение нарастания оси тла: $Y = 0,5 X - 0,5$, где Y — длина

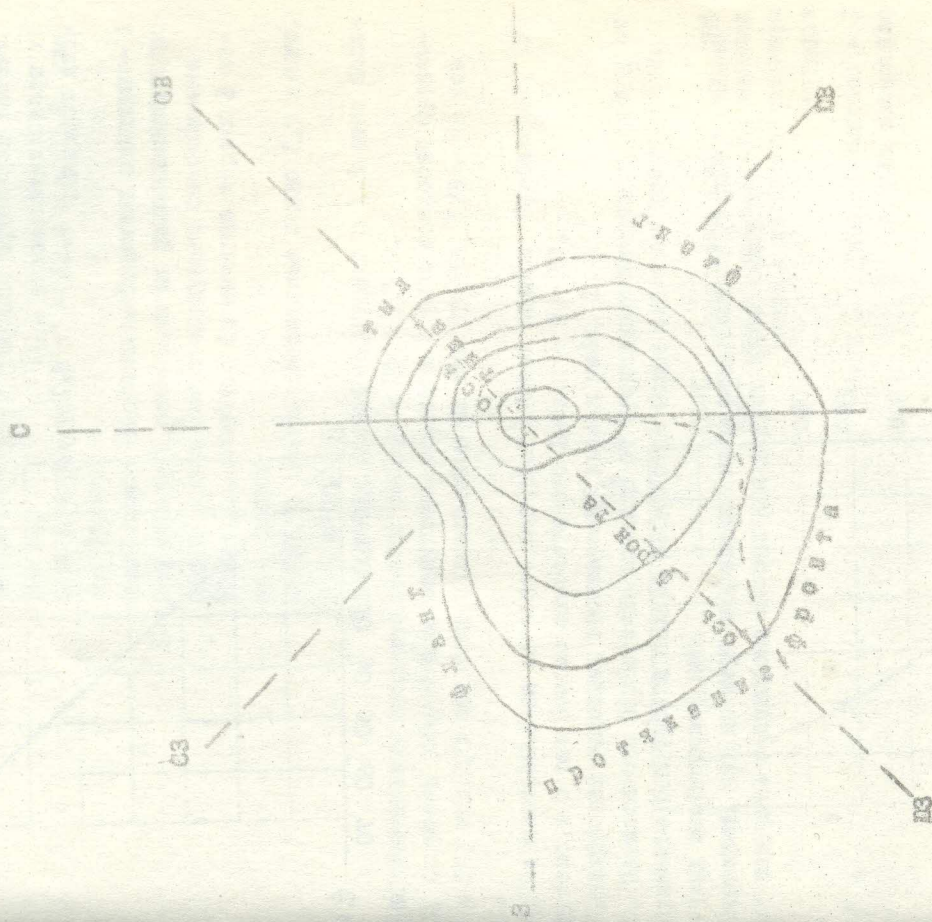


рис. 2. Зависимость увеличения периметра пожара от продолжительности времени горения:

1 - опытные данные; 2 - выравненные данные.

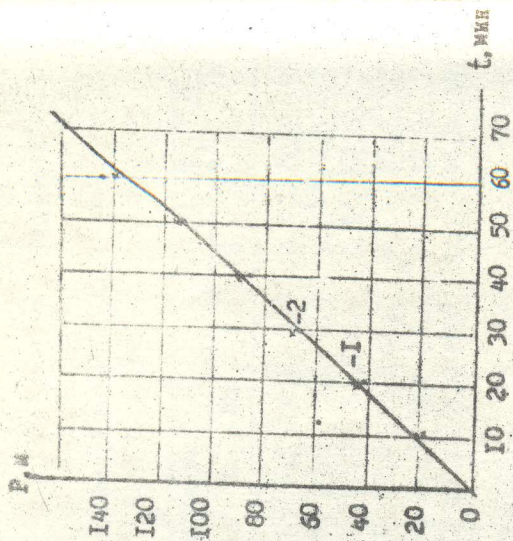
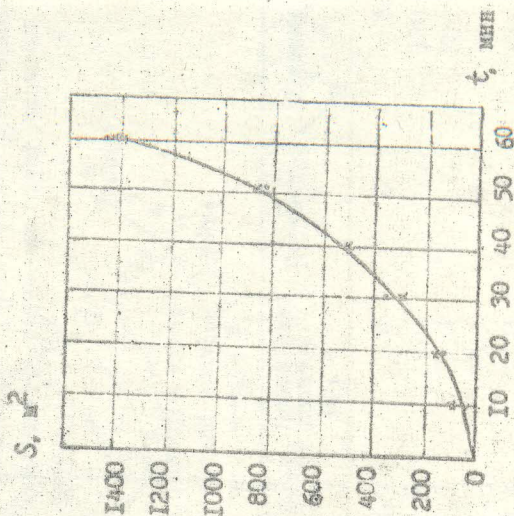


рис. 3. Зависимость увеличения площади пожара от продолжительности времени горения:

1 - опытные данные; 2 - выравненные данные.



оси тила, м; x - длина оси фронта, м;
 2) уравнение нарастания протяженности фронта (самой активной части периметра): $y = 1,51x + 0,91$, где y - протяжение фронта, м; x - длина оси фронта, м;

3) уравнение нарастания периметра пожара: $y = 4,8x - 4,7$, где y - периметр, м, x - длина оси фронта, м;
 4) уравнение нарастания площади пожара: $y = 1,8x^2 - 12,4x + 87,8$, где y - площадь, м²; x - длина оси фронта, м.

На основании указанных связей можно сделать вывод, что в сосняке ландшафтном при втором классе пожарной опасности по условиям погоды и при слабом ветре (до 3,0 м/сек) наблюдается следующие соотношения между отдельными параметрами начального этапа (в течение первых 2 часов) распространения низового пожара:

1. Скорость увеличения периметра пожара составляет около 2,5 м/мин, а скорость фронта пожара - 0,5 м/мин.
2. Скорость увеличения протяжения фронта округлено в 1,5 раза больше поступательной скорости фронта пожара - $\dot{P} = 1,5 \dot{\phi}$.
3. Скорость тила пожара округлено меньше в 2 раза скорости фронта - $\dot{\phi} = 2\dot{T}$, или $2/3$ оси пожара приходится на ось фронта, $1/3$ - на ось тила.

4. Периметрическая скорость распространения пожара (Курбатский, 197 округлено в 5 раз больше скорости его фронта - $P = 5\dot{\phi}$.

Расшифровка условных обозначений дана в табл. 2.

5. Зависимость нарастания площади от продолжительности горения и от продвижения оси фронта пожара выражается более сложными уравнениями, линейных соотношений нет.

Очевидно, что по мере накопления экспериментальных данных возможно будет говорить о подобных связях для других групп типов лесов.

ПАРАМЕТРЫ ПЛАМЕНИ ПРИ НИЗОВОМ ПОЖАРЕ

Вучинск

Распространению пожара способствует изменение параметров пламени. При переходе через заградительную полосу основной роль играет угол наклона пламени относительно горизонтальной поверхности. К такому заключению пришли на основе экспериментального сжигания соломки, листьев и веточек М. А. Софронов, М. А. Шушков и др. Методика работ использована нами с дополнениями к ним соответственно в частях вопросов при проведении огневых опытов непосредственно в лесу, в различных лесорастительных условиях, а также при лабораторных опытах, которые были посвящены исследованию параметров кривизны пожара.

При изучении влияния запаса горючих материалов, их влажности, скорости ветра, уклона местности на параметры пламени, требуется проведение большого числа трудоемких и опасных огневых опытов в лесу. В связи с этим возникла необходимость моделирования горения лесных напочвенных горючих материалов (I и II группы) и влияния на него факторов.

Для определения основных параметров пламени и факторов, влияющих на него, огневые опыты были проведены прежде всего непосредственно в лесу, под пологом древостоев.

В течение каждого опыта одновременно с замерами и измерением проводились фото- и кино съемка пламени в каждом метровом отрезке площадки. Пламя снималось на фоне экрана со шкалой для измерения. Средние показатели наблюдения перенесены в лабораторные условия. После сопоставления полевых и лабораторных данных, проведены дальнейшие исследования влияния каждого фактора отдельно. Изучение параметров пламени в лабораторных условиях проводилось на специально изготовленном стенде. В качестве горючего материала использовался спирт-ректификат в смеси с водой. При моделировании пламени были заданы исходные данные: длина осевой линии пламени и величина угла его отклонения. Необходимая длина осевой линии пламени при штиле достигалась путем изменения соотношения спирта с водой и количества осевой линии в кюветке стораина. Величина угла отклонения осевой линии от линии горизонта определялась путем изменения скорости потока воздуха, подаваемого вентилятором.

Полученные данные во всех случаях характеризуются убедительной, достоверной криволинейной связью. Например, изменение ско-

рости ветра или крутизны склона при прочих равных условиях сразу оказывает значительное влияние на угол осевой линии и ее длину. На фронтальную половину основания, высоту, глубину и сопряжение с горючими материалами. Корреляционное отношение связи эффекта влияния с факторами во всех случаях не менее 0,82 ± 0,06, достоверность различия, по критерию Стьюдента не ниже 13.

Наблюдается также влияние запаса горючих материалов и их содержания. Связь между параметрами пламени прямолинейная.

В результате исследования связи между шириной основания пламени (У) и крутизной склона (К), установлена криволинейная зависимость, которая выражается следующим уравнением:

$$Y = 14,1 + 39,6 K^2$$

При отсутствии ветра в минимальном запасе горючих материалов ширина основания пламени на склонах крутизной до 42° по среднему равенными условиями увеличивается до некоторого предела, а далее стабилизируется.

С увеличением скорости ветра при среднем запасе горючих материалов и повышенной крутизне склона проявляется явление подтока воздуха навстречу фронтальной части пламени (В), которое уменьшает ширину сопряжения пламени с горючим материалом. Зависимость между этими явлениями выражается криволинейным уравнением:

$$B = 0,14 K - 0,12$$

При скорости ветра менее 1 м/сек и крутизны склонов менее 32°, максимальная ширина сопряжения пламени с напочвенными горючими материалами I и II группы или ширина крошки пожара равна 72 см.

Исследованные параметры пламени при низовом пожаре имеют следующее значение при определении ширины протяженности пожара.

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ПОЧВЕННЫХ ПОЖАРОВ

Разъяс

Известно, что терминология лесных пожаров, а в частности почвенных, служат для научных и практических работников лесной охраны ориентиром в достижении взаимопонимания. В настоящее время терминология почвенных пожаров не упорядочена в должной мере. Так, не определено понятие крошки многоочагового пожара; некоторые термины, например скорость распространения крошки пожара, замаскированные из терминологии беглых низовых и верховых пожаров, не дают полного представления о беспламенном горении почвы при пожаре.

При рассмотрении терминологии почвенных пожаров была взята терминология лесной пирологии, предложенная Н.Л. Курбатовским (1972, 1973). Согласно ей почвенный пожар - это растительный пожар, при котором горит органическая часть почвы биогеоценоза. Почвенные пожары подразделены на одноочаговые и многоочаговые.

Одноочаговый пожар - это пожар, при котором горение заглубляется в почву с ее поверхности одним очагом. Многоочаговый пожар - это пожар, при котором горение заглубляется в почву с ее поверхности двумя и более очагами.

На площади, охваченной пожаром, одновременно могут происходить разные виды горения, которые следует рассматривать как фрагменты пожара, а не самостоятельные пожары (Курбатовский, 1973). Например, при почвенном пожаре на травяном болоте, как правило, наблюдается пламенное горение непочвенного горючего материала и затем беспламенное горение болотной почвы.

По Н.Л. Курбатовскому (1972), под крошкой пожара следует понимать непрерывно продвигавшуюся по горючему материалу полосу горения, на которой сгорание основного горючего материала происходит с максимальной для данного пожара плотностью тепловыделения. Под внешней границей крошки пожара следует понимать границу крошки, обращенную к площади, не охваченной горением; под внутренней границей крошки - границу крошки, обращенную к площади, пройденной горением; под шириной крошки - расстояние между внешней и внутренней границами крошки по линии, перпендикулярной внешней границе крошки; под глубиной прогорания - толщину слоя горючих материалов, сгоравших при пожаре.

Приведенное описание крошки пожара справедливо лишь для почвенных пожаров, но проведенная в своем развитии стадии пламенного горения непочвенного покрова. Если же при почвенном пожаре имел место низовый

или верховой огонь, который прошел по непочвенному покрову, то крошкой почвенного одноочагового и многоочагового пожара следует считать крошку низового или верхового огня, а беспламенное горение почвы - прогоранием горючих материалов внутри пожарами. В этом случае полосу горения, на которой происходит тление почвы, мы называем «крошкой беспламенного горения» или «крошкой тления». Под внешней границей крошки тления мы понимаем границу крошки, обращенную к площади, не охваченной тлением; под внутренней границей крошки тления - границу, обращенную к площади, пройденной беспламенным горением; под шириной крошки тления - расстояние между внешней и внутренней границами крошки тления; под глубиной прогорания - мощность слоя почвы, сгоравшей при пожаре, или величину заглубления беспламенного горения. Не трудно видеть, что понятие крошки почвенного пожара, не имеющего в своем развитии стадии пламенного горения непочвенного горючего материала, и понятие крошки тления для отдельных очагов горения почвы при почвенных пожарах, проведших в своем развитии стадии низового или верхового огня, характеризуют одну и ту же полосу, на которой происходит тление почвы. Если же на крошке почвенного пожара, который не прошел стадии пламенного горения непочвенного покрова, возник низовый или верховой огонь, то, следовательно, крошкой почвенного пожара является уже крошка огня, а не полоса, на которой происходит тление почвы.

Скорость распространения крошки беспламенного горения при почвенных пожарах очень мала. В связи с этим данные о скорости, как правило, отмечает Н.Л. Курбатовский с соавт. (1957), не давая полного представления о пожаре. С целью устранения указанного недостатка предлагаем охарактеризовать почвенные пожары через длину крошки беспламенного горения почвы, через скорость выгорания почвы и, как предлагает Н.Л. Курбатовский с соавт. (1957), через скорость увеличения площади, пройденной тлением. Например, от белого низового огня 10 октября 1975 г. возникло 50 очагов тления на I га площади травяного болота Среднеамурских низменности (Хабаровский лесхоз), скорость распространения крошки беспламенного горения составляла 0,0062 м/час; средний размер очагов горения (воронки) в момент образования - 3 м; глубина прогорания болотной почвы - 0,5 м. Следовательно, в этом случае для одного очага длина крошки тления равна 9,5 м; скорость увеличения площади, пройденной тлением, - 0,06 м²/час; объем почвы, сгоравшей в единицу времени, - 0,3 м³/час. Для I га площади болота длина крошки тления равна 465 м; скорость увеличения площади, пройденной тлением, - 3 м²/час; объем почвы, сгоравшей в единицу вре-

мени, - 1,5 м³ / час.

Таким образом, мы сделали попытку дать понятия и ввести в практику новые термины для кромки многоочагового почвенного пожара, для процесса распространения беспламенного горения почвы при пожаре. Проложенные понятия и термины, по нашему мнению, полнее характеризуют особенности почвенных пожаров и не исключают, а дополняют терминологию лесной пирологии, предложенную Н.П. Курбатским (1972). Мы надеемся, что это облегчит обмен знаниями и опытом между специалистами и будет содействовать техническому прогрессу в охране земельного и лесного фондов от почвенных пожаров.

ИДК 634.0.431.2

Г.А. Иванова

ВЛИЯНИЕ ТРАВ НА СКОРОСТЬ ПРОДВИЖЕНИЯ ФРОНТА НИЗОВОГО ПОЖАРА

Красноярск

Разрастание живого напочвенного покрова в сосняках и березняках разнотравных и разнотравно-брусничных, широко распространённых в дельте подзоне тайги и Красноярской лесостепи, сопровождается снижением числа возникающих в них пожаров и их интенсивности. Это явление, известное в общем виде, мало изучено с количественной стороны. Можно предположить, что важную роль при этом играет соотношение количества проводников горения (гидроскопических горючих материалов) с количеством растений умеренного влагосодержания (130-150%) и травянистых растений с высоким влагосодержанием (до 450%). С целью выяснения критических соотношений мы провели огневые опыты в указанных сосняках и березняках по мере разрастания в них живого напочвенного покрова и изменений в указанных соотношениях.

В полигонных условиях мы моделировали отрезок фронта кромки пожара длиной от 4 до 10 м и наблюдали его продвижение на полосе протяжённостью от 8 до 10 м. Для моделирования подбирали площадки, однородные по составу напочвенного покрова. Влагосодержание и запас горючих материалов учитывали на 10 площадках размером 20x25 см, причем растения учитывали по видам.

Во время опыта пролеживали продолжительность прохождения пламенем отдельно каждого метра травы, случайную и максимальную его высоту, среднюю скорость попутного ветра за этот период.

Для получения этих данных в конце каждого метра полосы были натянуты белые нитки одна над другой на расстоянии 10 см. Перегорание нитки определяло момент прохождения пламени конца очередного метра, случайную и максимальную высоту пламени. Скорость ветра измеряли на высоте травостоя (над брусничкой) крыльчатим (ветильонным) анемометром как среднюю за время прохождения пламенем очередного метра. Такая методика наблюдений дала возможность определять среднюю величину каждого игересурсного час показателя и его варьирование.

Случайной высотой пламени считали ту, которая принадлежит языку пламени, ранее других пережигающему нить. Среднюю из случайных признали как за среднюю высоту пламени за время всего опыта. Средняя из максимальных высот служила дополнительной характеристикой.

Высоту пламени обычно считают одним из критериев интенсивности горения на кромке пожара. Однако в процессе наших опытов было установлено, что при скорости более 2 м/сек ветер наклоняет и даже прижимает пламя к поверхности земли. Высота его становится несольшей, хотя интенсивность пожара по количеству выделяющегося тепла напротив единицы протяжения фронта пожара сильно возрастает. По описанной методике было поставлено 53 опыта.

На основании многофакторного дисперсионного анализа экспериментальных данных для сосняков разнотравно-брусничных и березников разнотравных Красноярской лесостепи получены следующие выводы:

1. Скорость фронта низового пожара в основном определяется составом запасов и структурой слоя непочвенных горючих материалов, характерных для каждого типа леса, влагосодержанием проводников горения и скоростью ветра.

2. В сосняках разнотравно-брусничных среди исследованных факторов наибольшее влияние на скорость продвижения фронта низового пожара оказывают ветер и влагосодержание проводников горения. Влияние запаса проводников горения проявляется различно в зависимости от степени прилипания к критическому запасу ($0,15 \text{ кг/м}^2$). При больших запасах (свыше $0,5 \text{ кг/м}^2$) оно проявляется слабо. Влияние запаса проводников горения несколько увеличивается при взаимодействии со скоростью ветра. Количество зеленой массы непосредственно влияет, по-видимому, незначительно по сравнению со скоростью ветра и влагосодержанием проводников горения. Но оно оказывает значительное влияние при взаимодействии с запасом проводников горения, а также при взаимодействии с их влагосодержанием.

3. В березниках разнотравных наибольшее влияние на скорость распространения фронта низового пожара оказывает количество зеленой массы. При взаимодействии со скоростью ветра оно значительно уменьшается. Это можно объяснить тем, что зеленая масса увлажняет проводники горения, а ветер, наоборот, способствует их быстрому высыханию. Близкое по абсолютной величине, но противоположное по знаку влияние оказывает скорость ветра. Влагосодержание проводников горения оказывает несколько меньшее влияние. Оно не увеличивается при взаимодействии со скоростью ветра. Это обстоятельство можно объяснить тем, что ветер не может компенсировать тормозящее влияние высокого влагосодержания. Влияние запаса проводников горения незначительно, но оно увеличивается при взаимодействии с влагосодержанием проводников горения и скоростью ветра.

4. В процентном отношении скорость ветра в березниках разнотравных оказывает большее влияние на скорость распространения фронта низового пожара, чем в сосняках разнотравно-брусничных. Влагосодержание же

проводников горения оказывает большее воздействие в сосняках разнотравно-брусничных. Эти две разницы во влиянии можно объяснить тем, что слой горючего в березниках рыхлее, а в сосняках плотнее. Поэтому и влияние влагосодержания в сосняках более значительно.

5. Влияние интересующей нас зеленой массы в березниках более значительно, чем в сосняках. Это объясняется тем, что в напочвенном покрове сосняков преобладает брусника, количество которой очень мало изменяется в течение сезона, а влагосодержание (120%) значительно ниже, чем у трав (200-450%). Поэтому брусника в этих условиях поддерживает и даже усиливает горение.

переди температуру воды в сосуде. При горении фиксировали: длительность пламенного горения и длительность нагревания воды в сосуде до максимальной температуры. По разнице начальной и максимальной температур определяли эффект нагревания, по которому судили об интенсивности горения.

Наблюдения в травяных типах леса (березняке, осиннике, редне) показали, что после схода снежного покрова по мере нарастания зеленой массы и уменьшения запаса ветоши за счет перетгнивания снижается интенсивность горения. Было замечено, что влагосодержание вететируемых трав на лесных участках в конце июня увеличилось более чем в два раза по сравнению с начальным периодом вегетации трав после схода снежного покрова. Причина этого явления кроется в изменении видовой структуры запаса: в конце мая в травостое преобладает перезимованная осочка, в июне разрастается более сочная трава. Выявилось также, что по мере разрастания запаса зеленой массы трав от мая к июлю примерно в такой же пропорции идет уменьшение запаса ветоши за счет ее перегнивания. Было зафиксировано, что при запасае зеленой массы, превышающей 0,25 кг/м², и в таком же или меньшем запасае травяной ветоши горение не распространяется, то есть исключается возможность возникновения пожара на таких категориях лесных участков.

Паловые рубки отличаются более однородным составом травостоев, влагосодержание которого в течение всего сезона остается примерно на одном уровне - около 200%, они остаются пожароопасными в течение всего сезона. Частично это можно объяснить тем, что ветошь на рубках из-за пониженной влажности разлагается более медленно, чем в лесу, а максимальный запас травостоев не превышает 0,15 - 0,20 кг/м².

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ТРАВСТОЯ НА ПОЖАРНОЕ СОЗРЕВАНИЕ В ЛЕСАХ ХАМАР-ДАБАНА

Красноярск

Открытые пространства (прогалины, вырубки, гари) весной и осенью быстро достигают пожароопасного состояния. На увеличение пожарной опасности в лиственных лесах весной и осенью в периоды "осветления" древесного полога указывал И.С. Мелехов (1947). Летом пожароопасность травяных типов может резко снижаться за счет разрастания трав.

В Национальной системе расчета пожарной опасности США предусмотрено проводить систематические наблюдения на специально подобранных площадках за сезонным изменением запасов травяной растительности.

Наши исследования проведены на профиле Хамар-Дабана по дороге Бабушкин-Газенный в сезон 1977 г. С этой целью были подобраны пять оптимальных участков. Первый представляет собой редину осочково-разнотравно-вейниковую, расположенную в нижней части склона крутизной 30, южной экспозиции. Редина обильно покрыта травами. Преобладает вейник, осочка (70-80%), репе медуница, купальница, незабудка.

Второй участок осинник осочково-разнотравно-вейниковый, в возрасте 55 лет, II бонитета, полнотой 0,8, расположенный на склоне крутизной 70 южной экспозиции. Третий участок - березник злаково-разнотравный II бонитета, в возрасте 60 лет, полнотой 0,9, расположенный на ровном месте и примыкающий к северному склону хребта Хамар-Дабан. Участки 4 и 5 - вырубки злаково-разнотравные (паловые). Напочвенный покров из трав сформировался после рубки древостоя в 1969 г. и последующего сильного низового пожара 1970 г. На всех пяти участках проводились систематические наблюдения и огневые опыты.

В целях безопасности при опытах была использована методика М.А. Сорова и А.В. Волыкиной (1975): пробные загорания проводились в цилиндрическом экране (высотой 30 см, диаметром 95 см), а о тепловом импульсе горения судили по эффекту нагревания сосуда с водой. В него помещали 2 л воды. Сосуд представлял собой металлическую банку диаметром 28 см высотой 7 см.

Перед опытом с площадью 250 x 50 см отбирали образцы зеленой травы, ветоши, онада для определения динамики их запаса и влагосодержания. Из центра круга, ограниченного цилиндрическим экраном, вырезали дополнительный образец напочвенного покрова диаметром 8 см, который разделяли на зеленую массу и ветошь.

Закапывание проводили в центре экрана пучком ситчк. Перед этим из-

МЕХАНИЗАЦИЯ ЛЕСОПОЖАРНЫХ РАБОТ

Красноярск

Современные механизированные способы борьбы с лесными пожарами сводятся в основном к двум вариантам: тушение кромок пожара струей огнетушащих материалов и создание заградительных и опорных полос. В обоих случаях необходимо применять специальную, максимально приспособленную к конкретным условиям работу технику. При этом существенное значение имеет базовая машина. Специальная лесопожарная агрегат должна обладать высокой скоростью по лесным дорогам и хорошей проходимостью под пологом леса. Возможность маневра в лесу может быть обеспечена либо малыми габаритами, либо достаточно высокой мощностью, позволяющей машине прокладывать себе путь с помощью клина или бульдозера. Кроме того, следует иметь в виду, что эффективность борьбы с лесными пожарами в большей мере зависит от времени доставки техники к месту пожара. Оперативность доставки малогабаритной техники обеспечивается применением авиации. Для более мощных наземных средств тушения требуется высокая транспортная скорость.

Возможность совмещения операций расчистки трассы и прокладки механизированных полос и активного тушения кромок лесного низового пожара обеспечивает значительное повышение производительности мощных машин.

Институт ВНИИ лесхоз разработал и уже серийно выпускается лесопожарные агрегаты ВПД-149 и АЦД-147, плуг ПДШ-1,2. Для широкой производственной проверки выпущен опытной партией клин для полосной расчистки КРП-2,5. Испытания трактора ЛУТ-4 с клином КРП-2,5 и плугом ПДШ-1,2 показали высокую эффективность агрегата на прокладке механизированных полос в древостоях с полнотой до 0,9 при диаметре деревьев до 16 см. Для активного тушения кромок пожара, а также для создания заградительных полос создан лесопожарный тракторный грунтотмет ГТТ-20.

В степях высокополотных древостоях, на уклонах свыше 9°, а также в труднодоступных для мощной техники местах целесообразно применять малогабаритную технику.

На базе бензошли "Тайга" создан экспериментальный образец лесопожарного покровосдирателя, предназначенного для прокладки минерализованной полосы шириной 40-60 см.

Для тушения лесных пожаров на каменистых почвах, где применение почвообрабатывающих орудий затруднено, разработан лесопожарный мото-

рмозаванный пеногенератор ГМП-Д, способный создавать пенный вал шириной 0,5 и высотой 0,1 м.

Ведутся работы по созданию малогабаритного транспортера, вес и габариты которого позволят доставлять его к месту пожара авиационными транспортными средствами. Транспортер может быть использован как для перевозки лесопожарного инвентаря и имущества десантников, так и для создания минерализованных полос. Для этого транспортер агрегатируется с покровосдирателем.

Создание комплекса машин, охватывающих все виды работ и многообразие специфических условий, позволит значительно улучшить лесопожарную профилактику и борьбу с лесными пожарами.

ВЫСОКОСТОЙКАЯ ПЕНА НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТА

Красноярск

Особенностью пожаров на бирках круглого леса и складах пиломатериалов является большая скорость распространения огня по площади и сильное тепловое излучение, которое способствует развитию пожара и затрудняет работу пожарных подразделений при его тушении. Вследствие высокого теплового излучения горящих штабелей происходит загорание близлежащих штабелей на расстояниях, приближительно равных учетверенной высоте штабеля. Тепловое излучение создает тяжелые температурные условия для работы пожарных в 10-метровых разрывах между группами штабелей и даже на расстоянии до 25 метров.

Как показали проведенные в крае опыты по тушению штабелей леса и пиломатериалов, в настоящее время наиболее эффективным средством тушения является высокостойкая пена на основе бентонита.

Водный раствор бентонита представляет собой суспензию, состоящую из дисперсной фазы (бентонит) и дисперсионной (вода).

Как и все дисперсионные системы суспензия бентонита способна к тиксотропии - способности разжижаться при достаточном интенсивных механических воздействиях и терять текучесть при пребывании в покое. Это явление характерно для всех коагуляционных структур. Переход из одного состояния в другое может повторяться неограниченное число раз.

В покое дисперсная фаза склонна к коагуляции, при которой происходит укрупнение частиц, то есть образование крупных агрегатов за счет слипания и выпадания их в осадок.

Это явление отрицательно сказывается на хранении бентонитового раствора в емкостях пожарных автомобилей и пожарных водоемах. На станции в лабораторных условиях добавлялось в раствор бентонита 0,5-1,0 % желатина, карбоксиметилцеллозы, сульфитспиртовой барды.

Эффективнее и наиболее доступным из перечисленных веществ оказалась смесь карбоксиметилцеллозы. Она добавляется для стабилизации бентонитового раствора. Для снижения поверхностного натяжения на границе раздела "частица среда" в качестве добавки используется поверхностно-но-активное вещество - пенообразователь ПО-1, который, образуя вокруг частицы гидратную оболочку, в какой-то мере также стабилизирует раствор.

Кроме карбоксиметилцеллозы и пенообразователя в раствор добавляется кальцинированная сода. Основное назначение - смягчение воды,

жесткость которой может увеличиваться за счет присутствия солей кальция в бентоните.

Рекомендуемый состав бентонитового раствора

Наименование веществ	Состав по весу, %
Бентонит	15
Карбоксиметилцеллоза	0,1 к весу бентонита
Кальцинированная сода	1
Пенообразователь	2
Вода	около 83

Основные физико-химические свойства высокостойкой пены

Определенные параметры	Показатели
Кратность пены	4
Стойкость пены	24 часа
Реакция среды раствора	слабощелочная
вязкость раствора	16,8 с
Плотность раствора	1,1 г/см ³
Температура замерзания	0°С
Коррозионная способность	набольшая проявляется в первые сутки, устойчиво понижается в последующие

В связи с тем, что приготовление бентонитового раствора вручную является трудоемким процессом и для заправки пожарной техники требуется значительного времени, станцией был отработан механический способ его приготовления с помощью глиноземаки МГ2-4.

В настоящее время исследуются возможности хранения бентонитового раствора в пожарных водоемах емкостью 25 м³ и более, а при длительном хранении забора его из водоемов с помощью существующей пожарной техники без предварительного перемешивания.

Результаты полевых испытаний. После хранения бентонитового раствора в пожарном водоеме емкостью 25 м³ в течение шести месяцев был произведен забор растворов пожарной автоматобилем АЦ-40 (А30) -63 и осуществлена его помача.

О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ И ПРО- ФИЛАКТИКЕ КРУПНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Красноярск

Тушение крупных лесных пожаров затруднено разнообразием лесорастительных условий, почв и рельефа местности, что обуславливает необходимость применения комплекса машин, охватывающего все виды работ при остановке, локализации и догущивании.

В этот комплекс включаются агрегаты для расчистки трассы с помощью бульдозеров, клинов; приладки опорных и заградительных полос путем смачивания или снятия напочвенного покрова; проведение отжига с использованием зажимательных аппаратов; создания минерализованных полос плугами, фрезами; догущивания струями воды, грунта и химикатами. Машины, охватывающие эти виды работ, сводятся в звено, образуя тем самым организационную единицу.

Для повышения надежности технологического процесса и безопасности при работе эти звенья должны работать параллельно и в пределах видимости, но не ближе 30 м друг от друга. Такая организация становится еще более необходимой при внедрении в производство специальных лесопожарных агрегатов, способных производить все виды работ с помощью навесных и сменных технических средств.

При отсутствии специальных машин необходимо организовывать звенья в составе бульдозера и трактора с плугом. На два таких звена должен приходиться один трактор с лебедкой, который необходим для преодоления машинами забочечных участков на прокладываемой трассе либо во время движения к месту пожара.

На создании опорного рубежа в древостоях с полнотой ниже 0,7 целесообразно использовать воздушно-механический пену или растворы химикатов, а при их отсутствии - воду. Это объясняется тем, что смачиванием напочвенного покрова возможно прокладывать полосу на значительную более высокой скорости движения машин, чем минерализацией почвы. С целью сокращения времени необходимо стремиться к совмещению прокладки полосы и отжига. Возможен вариант одновременного смачивания напочвенного покрова оглегающей жидкостью и зажимательной смесью с последующим зажиманием по мере готовности создаваемого рубежа.

В высокополнотных или захламленных древостоях сдерживающим фактором является расчистка трассы (скорость машины снижается), а поэтому для таких условий целесообразно создание специальных агрегатов, совмещающих расчистку трассы с прокладкой минерализованной полосы.

С целью предупреждения возникновения и облегчения борьбы с лесными пожарами осуществляется комплекс мероприятий по противопожарному устройству лесной территории. Основное внимание при этом уделяется созданию сети искусственных преград для распространения огня в виде дорог, защитных полос, канав, разрывов, заслонов, а также снижений запаса горючих материалов путем сбора сучьев, лесной подстилки в кучи с последующим сжиганием или перемешиванием их с землей.

Сейчас стоит задача создания пожароустойчивых насаждений. Одним из реальных путей решения этой проблемы является использование грунтометательных машин, которые позволяют не только разбивать лесную территорию на отдельные блоки, но и регулировать запас и видовой состав горючего материала путем сплошной обработки площади грунтом.

НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

Хабаровск

Дальневосточные леса преимущественно горные, характеризующиеся высокой захламленностью, обилием горючих материалов и высокой пожарной опасностью. Поэтому совершенствованию способов и средств борьбы с лесными пожарами здесь уделяется значительное внимание. Выбор способов и средств тушения в каждом отдельном случае зависит от вида пожара, его интенсивности и условий, в которых он действует.

Наиболее распространенным способом остановки крупных, устойчивых и подземных пожаров является устройство заградительных минерализованных полос. Для этой цели чаще всего используются бульдозеры всех марок и режы - плуги, взрывчатые вещества и ручные инструменты. Эти традиционные технические средства и в дальнейшем будут являться основными при прокладке минерализованных полос. На юге Амурской области, где сосредоточены сосняки, для минерализации почвы могут, очевидно, применяться грантометы.

Встречный огонь при борьбе с лесными пожарами находит пока ограниченное применение, но это перспективный способ. Технические средства для его осуществления созданы. Дело за широким обучением лесной охраны приемам тушения пожаров встречным огнем.

Одним из эффективных средств пожаротушения, который будет применяться во все больших масштабах, является вода.

Основными техническими средствами тушения станут авиация, высокопроходимые пожарные машины, вездеходы, мотопомпы, ранцевые опрыскиватели. Самолеты и вертолеты должны использоваться не только на патрульных работах и доставке леса и средств тушения к пожарам. В гористой местности и при отсутствии наземных транспортных путей авиация должна широко применяться для тушения пожаров с воздуха. Для этой цели необходимо создать авиационное оборудование, обеспечивающее доставку и сброс воды на пожар.

Из наземных машин лесное хозяйство, по-видимому будет оснащаться лесными пожарными вездеходами типа ВП-6. Образец такого вездехода создан. Это высокопроходимая машина, способная доставлять к пожару команду рабочих, воду и активно тушить кромку пожара со скоростью 6-10 км/час.

Одной из причин, сдерживавшей широкое внедрение водного способа тушения лесных пожаров, является редостаточная изученность обеспе-

ченности лесной территории водными источниками и, как следствие, недостатка в обосновании параметров и состава технических средств для водного тушения.

Для устранения этого пробела нами была изучена гидрографическая сеть Хабаровского края. Установлено; что густота ее довольно значительна и составляет в среднем на равнинных участках 0,76, в горной местности - 0,86 км/км².

Расстояние от источников воды до наиболее удаленных от них точек, где возможна загор-ния, зависит от показателя густоты гидрографической сети. Эта зависимость выражается следующим уравнением:

$$Y = 2668 - 3102x + 1937x^2 + 428x^3$$

где Y - среднее максимальное расстояние от водных источников до мест возможных загораний, м; x - показатель густоты гидрографической сети, км/км².

Зависимость перепада высотных отметок в начале и конце этого среднего максимального расстояния от густоты гидрографической сети на выявлена. Однако на равнинных участках средний перепад высот составляет 71,7 м, в горах - 256,5 м.

Для успешного тушения пожаров водой необходимо обеспечивать ее доставку на расстояние до 1250 м с подъемом на 256,5 м. Дифференцированное распределение площадей по удаленности от водных источников представлено на рисунке.

Полученные данные могут быть использованы для определения параметров вновь создаваемой техники и решения практических задач организации тушения лесных пожаров.

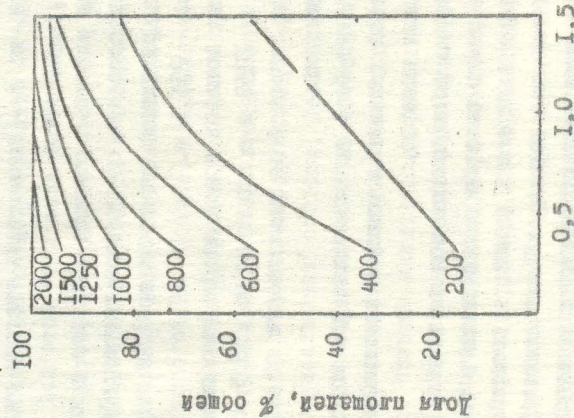
Была проведена проверка возможности под-чи воды к лесным пожарам самолетом. Сущность этого способа заключается в том, что на горных склонах выше пожара выкрывается ручей, в который устанавливается специальная водозаборная воронка. К ней присоединяется рукавная линия и прокладывается вниз по склону к пожару. Установлено, что воду таким способом можно подавать на участки, расположенные выше водотоков узкими лентами шириной 100-250 м. Однако при одинаковой длине рукавной линии с помощью мотопомпы можно потушить пожар на расстояниях в 5 раз больших, чем при подаче воды самолетным способом.

Изучая водозборы таких крупных рек как Уссурь, установили, что большая часть бассейна имеет малые уклоны. Площади, где можно применить этот способ, составляет менее 1% от общей площади водосбора. Таким образом, этот способ можно рекомендовать только как вспомогательный в горных условиях, где уклон водотока не менее 10%.

При проведении научно-исследовательских работ необходимо изу-

чить возможность использования поверхностных грунтовых вод для пожаротушения, разработать способ создания временных водоемов с помощью взрывчатых веществ и устройства неглубоких скважин.

При разработке планов противопожарного устройства лесов в каждом хозяйстве необходимо выделить зоны, в которых предпочтительно использовать тот или иной способ тушения, решить вопросы о конкретных средствах доставки воды на участки, наметить лесопожарные дороги, подъезды к местам забора воды, размещение заград и пожарных водоемов.



Густота гидрографической сети, км/км².

Распределение площадей по удаленности от водных источников.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТРАКТОРНОГО ГРУНТОМЕТА

Лабораторией механизации работ по борьбе с лесными пожарами ВНИИЛесхоза разработан и испытан тракторный грунтомет, предназначенный для работы в тяжелых условиях на прокладке заградительных минерализованных полос и активного воздействия грунтом на пламя при тушении крошки лесных низовых пожаров. Кроме того, он может быть использован при лесомелиоративных работах на созданных осушительных канавах.

Грунтомет представляет собой навесной механизм, агрегируемый с тракторами ТТ-4, ЛХТ-55 и Т-150к, оборудованными задним валом отбора мощности и способных работать вперед и назад.

Особенность грунтомета заключается в отделении резания грунта от его метания. Фреза срезами ковшеобразными лопастями разрыхляет грунт, захватывает его во внутрь и переносит в точку выброса. Помещенный внутрь фрезы метатель, вращаясь с большей скоростью, выталкивает порции грунта, сообщая ему дополнительный скорость. При дальнейшем вращении рабочего органа процесс забора и выброса грунта повторяется.

Грунтомет может поворачивать струю на 90° относительно движения оси машины, что дает возможность вести прицельное тушение крошки лесного пожара.

С целью определения работоспособности оптимальных параметров рабочих органов были проведены сравнительные испытания двух экспериментальных установок, отличающихся размерами рабочих органов и режимами работ. Испытания проведены на задержанных суглинистых почвах при влажности 14%.

В одних и тех же условиях для установок с диаметрами фрез 600 и 1000 мм были соответственно получены следующие результаты:

- дальность метания грунта - 16 и 25 м;
- число оборотов фрез - 502 и 218 об/мин;
- число оборотов метателей - 1004 и 436 об/мин;
- ширина борозды - 70 и 60 см;
- глубина борозды - 45 и 14 см;
- потребляемая мощность - 41,4 и 33,9 л.с.;
- скорость движения агрегата - 3,35 и 2,4 км/час;
- производительность по грунту - 544 и 172 м/час;

- минимальный расход грунта - 10,3 и 2,8 кг/см²;
- коэффициент сопротивления резанию - 0,82 и 0,86 кг/см²;
- коэффициент сопротивления конанию - 2,12 и 4,38 кг/см²;

Из данных эксперимента можно сделать вывод о том, что для увеличения дальности метания грунта необходимо увеличивать диаметр фрезы, так как для обоих случаев сопротивление резанию не меняется, а сопротивление конанию растет за счет большей дальности метания. Необходимый расход грунта при метании его на 25 м обеспечивается мощностью около 60 л.с., которую можно снять с тракторов ТТ-4 и Т-150к. На более легких почвах грунтомет возможно агрегатировать с трактором ДТ-55.

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ КАК БИОГЕОГЕННЫЙ ФАКТОР И ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ФАКТОР

Свердловск

Многочисленные пожары от молний возникли в различных зонах и типах растительности задолго до появления человека и с неизбежностью закона повторяются поныне, являясь неотъемлемой частью природной среды, следствием взаимодействия электрического поля Земли и биосферы.

В девственных лесах, саваннах и степях пожары были одним из важнейших эволюционно-экологических факторов циклического (импульсного) действия, оказывавших мощное разнонаправленное и долговременное влияние на все условия внешней среды и все компоненты биомов. В антропогенную эпоху участились пожары, в большинстве случаев вызываемые человеком, также являются действенным агентом по образованию, динамике и эволюции растительности и фауны, накладывая отпечаток на облик биогеннозозов и целых ландшафтов.

Лесной пожар представляет не элементарный фактор внешней среды, а сложную комбинацию физических и химических факторов. В отличие от других агентов среды, изменяющихся постепенно, он действует внезапно, кратковременно и крайне интенсивно, как "катастрофа" для всего сообщества, и вызывает глубокое и длительное прямое или косвенное преобразование всех взаимосвязанных компонентов биогенноза.

В общем виде - на примере хвойных лесов умеренной зоны северного полушария - пиrogenные изменения компонентов лесных биогеннозозов сводятся к следующему.

В зависимости от типа леса и структуры древостоя, типа и интенсивности пожара последний вызывает гибель той или иной части деревьев преимущественно из числа менее огнестойких темнохвойных и лиственных видов и меньшей степени светохвойных, которые обычно и получают преобладающие в составе. Изреживание древостоя огнем приводит к уменьшению конкурентной, продуктивности, а при падении полноты ниже средней и семеновости. Гетерогенность горизонтальной структуры древостоев возрастает, а вертикальной понижается. Благодаря мозаичности рельефа, биогеннозозов и парцелл даже после сильных верховых пожаров на гарях сохраняется источники засермации и непрерывная способность к саморепродукции популяций хвойных древесных растений.

В нижних ярусах биогенноза пожар уничтожает могово-линейниковый

покров и надземные части растений травянисто-кустарничкового покрова, подлеске и подросте, предопределяя смену относительно теневыносливых видов подлесной флоры на пионерные "луговое-лесные" со значительным участием или доминированием пиофитов. При этом видовое разнообразие, сомкнутость и фитомасса пиrogenного травостоя находятся в обратной зависимости от интенсивности пожара.

Потребляя часть органического вещества, аккумулярованного в подстилке и растительности, пожар увеличивает содержание в легко доступных растительных зольных элементах и минеральных форм азота, повышает рН, теплообеспеченность и стабильность гидротермического режима в верхних горизонтах почвы, активизирует микрофлору. В обреченных и семеридных регионах, где деятельность последней подавлена, огонь, минерализуя опад, выступает в роли редуцента, катализатора кругооборота веществ и энергии в биогеннозах. Циклические пожары - мощный фактор почвообразования в лесах, действие которого "накладывается" на подзолистый и дерновый процессы. Сильные пожары, частично обнажая минеральные горизонты почвы, могут резко изменить гидрологический и мерзлотный режимы почвы, стимулировать ее водную и ветровую эрозию или солифлювию.

С увеличением степени изреживания огнем древостоя и травостоя и выгорания подстилки возрастает приход ФАР, тепла и осадков к поверхности почвы, а также иррадиация, скорость ветра и испарение. В целом экосистема приближается к требованиям самосева пионерных мягколиственных и светохвойных видов и становится менее благоприятной для всходов темнохвойных древесных растений.

Успех естественного возобновления лесобразующих хвойных видов на гарях определяется главным образом двумя факторами: 1) площадью и степенью выгорания органического субстрата и сохранностью и уменьшением обсеменителей. Мозаичность выгорания субстрата, обусловленная гетерогенностью парцеллярной структуры дожарного биогенноза, образует главную матрицу для семенного возобновления популяций растений и формирования горизонтальной структуры послепожарного биогенноза. В зависимости от сочетания условий обсеменения и субстрата в пределах одного типа леса формируются несколько типов гарей, представляющих качественно различные по направлению смен состава (с участием хвойных или без них) эколого-динамические ряды естественного восстановления и развития биогеннозозов. Типы гарей определяются типом и интенсивностью пожара и степенью огневой деструкции биогенноза.

Пожар стимулирует вспышку возобновления всех древесных растений, особенно светохвойных, у которых обсеменители сравнительно огнестойчивы,

и листовных, которые возобновляются вегетативной и семенным путем. Темнохвойные виды расселяются от периферийных обсеменителей (из пониженного рельефа) и на сплошных гарях постепенно внедряются в господствующий ярус пионеров, а под пологом светлохвойных видов уже через несколько десятилетий полностью вытесняют их подрост.

Пожары "нормальной" частоты, повторяющиеся через 30-50 лет, возвращают возрастные смены состава фитоценозов к восстановительным, индуцируя циклические пирогенные волны возобновления пионерных видов древесных растений и способствуя формированию ступенчатой возрастной структуры их древостоев. Современным физико-географическим условиям вполне соответствуют светлохвойные и листовные "условно коренные" леса первого послепожарного поколения, пройденные вторичными пожарами, с подростом или вторым ярусом темнохвойных видов. Частые антропогенные палы в сочетании с пастбыми в течение многих десятилетий и веков приводят к дигрессии лесной растительности в лесостепную, а затем в кустарниковую и степную.

Послепожарные изменения видового состава и численности фауны следуют за сукцессиями растительности. Огонь вытесняет один вид животных, элиминируя часть популяций и разрушая предпочтительные им стадии, и действует другим, которые предпочитают начальные стадии пирогенных сукцессий и заселяют гари. В сос. ветствии с большей чем в климаксовых лесах гетерогенностью среды и видового состава фитоценозов фауна на гари также разнообразнее и обильнее. Наиболее подвижные - птицы и крупные млекопитающие - явно предпочитают "пожарную мозаику" растительности.

Вызывая волны численности, временною пространным ответственную эволюцию в лесной отбор особей, а возможно, и мутации, циклические пожары были и остаются одним из факторов микро- и макроэволюции и филогенеза. Элиминируя из популяций наименее огнестойкие особи, "пожарный отбор" как специфична форма направленного отбора во многих типах растительности оказал существенное влияние на формирование состава биоценозов, видов и экобиоценозов. В светлохвойных лесах широко представлены многочисленные виды "пирофитов" - растений, адаптированных к условиям среды на гари. На организменном уровне "адаптивная стратегия" пирофитов выражается либо в огнестойкости и обильном семенномени взрослых особей (в также в соответствии требований выходов гаревой экосистемской ниже), либо в успешном вегетативном возобновлении. На уровне популяций приспособления к огню обычно сводятся к поддержанию гетерогенной горизонтальной и вертикальной структуры, гарантирующей частичную сохранность источников инсеминации или вегетативных клонов. Тесная связь пирофитных свойств с экосистемными (гео- и гемикриптофитность) и с пионерными свойствами

(светостойбем, засухо- и морозостойчивостью) свидетельствует о существенной роли пожарного отбора в эволюции растений.

Интенсивная межбиogeоценотическая миграция водорастворимых минеральных соединений, гумуса и мелкозема, вызываемая пожарами является важным фактором биогехимической эволюции ландшафта, так как приводит к обеднению минеральными элементами и органическим веществами экотопов на повышенных местоположениях и к эвтрофикации нижележащих по рельефу экотопов, а также водоемов и болот.

В глобальном масштабе, изменения состав и интенсивность обмена веществ и энергии в атмосфере, литосфере, гидросфере и крупных ландшафтных комплексах, пожары представляют весьма существенным экологическим механизмом регулирования структуры, функций и стабильности биосферы.

Изучение экологической роли пожаров на различных биохорологических уровнях - популяционном, биогеоценотическом и биосферном - необходимо мое условие для правильной оценки их влияния в лесном и сельском хозяйстве, а также их "вклада" в поддержание стабильности природной среды.

В настоящее время назрела необходимость выделить проблему количественного изучения многообразных экологических и эволюционных последствий лесных и других типов ландшафтных пожаров (степных, болотных, тундровых) в особом направлении современной экологии и биогеоценотологии - "пирологическую экологию и биогеоценологию" со специфическими задачами и методическими подходами. Являясь как раздел общей экологии и биогеоценологии синтетической дисциплиной, пирэкология требует постановки комплексных многоплановых исследований на общих объектах (и в рамках общих тем или их разделов) силами специалистов различного профиля - почвоведов и геохимиков, микроклиматологов и гидрологов, ботаников и зоологов с привлечением физиков и математиков. Координация программ, тематики и методических принципов исследований и конференций по лесной пирологической экологии и биоценологии целесообразно возложить на секцию пирологии Научного Совета Академии Наук СССР по проблемам леса.

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА РАЗВИТИЕ ТАЕЖНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

Хабаровск

Лесные пожары на протяжении многих тысячелетий оказывали и оказывают большое и разнообразное влияние на возникновение, формирование, рост, развитие и разрушение древостоев — одного из главных компонентов лесных биогеоценозов. По своей глобальной значимости и влиянию на динамику таежных биогеоценозов и их экологическое равновесие они часто значительно превосходят активное воздействие человека. Однако влияние пожаров на развитие лесных биогеоценозов в различных зонально-географических районах далеко не равнозначно.

В зонах с теплым и влажным климатом (например, в кедрово-широколиственных лесах Дальнего Востока) процессы деструкции органического вещества преобладают над их накоплением. Здесь четко выражена тенденция повышения эффективного плодородия почв и постепенного улучшения условий местопроизрастания. В этом случае лесные пожары в целом оказывают отрицательное воздействие на развитие лесных биогеоценозов.

В северной тайге с длительным промерзанием почво-грунтов, особенно в районах с равнинным и всхолмленным рельефом, где процессы накопления органики преобладают над разложением, происходит постепенное заболачивание территории, интенсивное развитие сфагново-мохов и торфяников. Это приводит к ухудшению фитотермического режима почв, повышению их кислотности и угнетению микроорганизмов, а также к замедлению теплообмена между почвой и атмосферой, в следствием к преобладанию сезонного промерзания над оттаиванием. Увеличение сезонного промерзания в свою очередь усиливает заболачивание, то есть происходит взаимное усиление всех процессов, общим результатом которых является переход буро-таежных почв в сторону болотных, что обуславливает снижение продуктивности лесов, повышение их фаустности и деградации. Массовость этих процессов как по всей тайге, так и по глубине значительна и их регулирование имеет важное значение.

В таких условиях лесные пожары (переход между двумя пожарами должен примерно соответствовать обороту рубки: 80-100 годам) оказывают положительное влияние на развитие таежных биогеоценозов. Оно выражается в минерализации мохов и грубогумусной сильно оторфованной подстилки, что предопределяет возрастание температуры почв летом на глубине 15-20 см на 8-10° и улучшение экологических условий для

возобновления, роста и развития древесных пород.

Исследования, проведенные в северной части бассейна р. Бурии в различных биогеоценозах, сформировавшихся 180 лет назад после пожара высокой интенсивности (подстилка сгорела сплошь до минеральных горизонтов почвы на всех участках под гумусированным горизонтом на суглинке собранной сплошной слой угля) и не испытавших в последствии воздействия огня, выявили важные закономерности:

1. Темп роста темнохвойных и лиственничных насаждений по мере ухудшения экологических условий резко снижается. Так, в первые 60 лет он соответствовал II классу бонитета, от 60 до 100 лет — III, от 100 до 150 — IV и свыше 150 лет — V классу бонитета.

2. Наиболее ярко процесс деградации буро-таежных почв в болотные вынужден в лиственничнике багульниково-сфагновом — конечной стадии в депрессионной смеси ельников зеленомошных.

3. Мощность и запас в абсолютно сухом состоянии напочвенного покрова и органических горизонтов, сформировавшихся за 180 лет, соответственно были:

а) ельнике зеленомошном [состав 7Еа(150) 2Д(180) 1П(80)+Еб, Ос, запас 320 м³/га] зеленые мхи — 9 см и 0,85 кг/м²; слабо и среднеразложившийся опад *А₀* и *А₁* — 8 см и 3,2 кг/м², полнота минерализованный слой *А₀* — 5 см и 7,0 кг/м²;

б) в лиственничнике багульниково-сфагновом [ОМ(180), запас 180 м³/га] сфагнум — 13 см и 2,7 кг/м², опес — 22 см и 10,5 кг/м², сильно минерализованный слой — 5 см и 8,7 кг/м²;

в) на поверхностном сфагновом болоте мощность торфяной залежи — 38 см и запас — 12,0 кг/м², она прирастала в среднем в год на 2 см.

4. В зеленомошном ельнике подрост из ели и пихты был сильно угнетен. В возрасте 60-70 лет он имел высоту 0,6-1,0 м, в то время как на аналогичных участках после пожара ежегодный средний прирост в высоту у хвойных пород в возрасте 10-40 лет составлял 0,6-0,9 м.

5. Летом 1971 г. насаждения были пройдены низовым пожаром средней интенсивности, а зимой вырублены. На второй год на гарей-вырубке сформировался обильный хвойный самосев (50-100 тыс. экз./га) с хорошим ростом и развитием.

Есть все основания предполагать, что использование контролируемого вмешательства в зоне северной тайги в сочетании со своевременным проведением рубок главного пользования позволит обеспечить успешное возобновление гарей-вырубок и последующее формирование на них высокопродуктивных древостоев.

местопроизрастания переводили верх вой пожар в низовой на протя-
жении всего лишь от 25 до 30 м (выделл а₄, а₁₃).

Интенсивность и характер развития низовых пожаров также за-
висят от состава насаждений. Сметанные и чистые листовые насас-
дения способствовали снижению первоначальной интенсивности низо-
вых пожаров, подожедих по чистым ил. смешанным соснякам, о чем
свидетельствует постепенное уменьшение с расстоянием высоты на-
гара на стволах. Например, в чистом березняке брусничном в воз-
расте 45 лет (выделл а₄) после перевода на 25-метровой полосе верхо-
хового пожара в устойчивый низовой с высотой нагара на стволах
около 4 м в дальнейшем через 60 м высота нагара снизилась до 2,5
м, а еще через 80 м - до 1 м.

В других условиях местопроизрастания снижение интенсивности
пожаров может быть еще значительнее. Так, 50-60 - летние берез-
вяки и осинники кислочно-липняковые высокой сомкнутости (0,8-0,9,
местами 1,0) с густым подлеском из липы и клена способствовали
очень быстрому снижению интенсивности устойчивых низовых пожаров,
приходя уже на расстоянии в 25 - 40 м к их полному зауханию. В
этих случаях на резкое снижение интенсивности пожаров повлияла
высокая горизонтальная и вертикальная сомкнутость насаждений,
препятствующая проникновению и распространению ветра, а также
значительная влажность хорошо развитого подлеска из листовых
пород. Насаждения с наличием второго яруса или густого подлеска
из листовых пород (особенно липы) даже в 1972 г. оказывали зна-
чительное сопротивление продвижению фронта огня и проявили себя
высокопжароустойчивыми.

Проведенные исследования показали, что каждому насаждению оп-
ределенного состава при достаточно большой протяженности выдела
по направлению движения огня (например, для 40-50-летних чистых
березняков брусничных - не менее 100-150 м) соответствует опре-
деленная интенсивность пожара, то есть для каждого смешения пород
(внутри одного типа леса) характерна своя потенциальная горимость.
В условиях местопроизрастания А₂ (брусничные типы леса) средне-
возрастные сосняки как чистые, так и с примесью до 3 единиц лист-
венных пород могут гореть всеми видами пожаров, вплоть до верховых.

При большем участии листовых пород в составе насаждения они
горят только низовыми пожарами различной интенсивности, при этом
увеличение примеси листовых пород способствует снижению интенсивности
пожара.

Все изложенное позволяет заключить, что для перевода верховых
пожаров в низовые ширина противопожарного барьера из листовых
пород не должна быть менее 30 м. Распространению верховых пожаров
препятствует участие листовых пород в составе насаждений в ко-
личестве 3 единиц и выше. В целях повышения пожароустойчивости
основных насаждений, там, где позволяют лесорастительные условия,
необходимо их создавать со вторым ярусом и густым подлеском из
лиственных пород.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОЖАРОВ ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Красноярск

Проблема совершенствования охраны лесов от пожаров должна включать лесопожарную профилактику, лесокультурные и лесоводственные мероприятия по формированию пожароустойчивых насаждений, борьбу с возникающими пожарами, учет площадей лесного фонда, пройденных огнем, ликвидацию отрицательных лесоводственных последствий огневого воздействия, целевое использование положительной роли горения в лесу.

До настоящего времени учет насаждений, пройденных пожарами в каждом пожароопасном сезоне, производится наземным или аэровизуальным методами, характеризующимися либо большой трудоемкостью, либо низкой точностью и субъективностью. Кроме того, основная цель учета последствий пожарных изменений в лесу, как правило, ограничивается лишь определением площадей свежих пожаров для статистических сведений, оценкой состояния насаждений непосредственно после пожаров, приближенным расчетом ущерба и планирования хозяйственных мероприятий, направленных на улучшение санитарного состояния лесов.

Оценка отдаленных последствий пожаров, включая смену пород и особенно восстановительно-возрастного формирования послепожарных сообществ, осуществляется в процессе очередного лесоустройства, при котором фиксируется состояние и размещение насаждений без учета их прошлого и тенденций развития в связи с воздействием природного фактора. Вследствие этого, с одной стороны, существенно занижается лесоводно-экономический ущерб от пожаров, а с другой — недооценивается их экологическая роль в формировании лесов. Единообразного учета, оценки и прогнозирования послепожарного состояния лесов крупных таксных территорий до сих пор практически не производится в связи с отсутствием технических надежных и экономически эффективных методов.

Исследования показали, что одним из перспективных направлений в решении задачи является использование материалов аэрокосмической съемки. Это направление должно включать разработку: 1) метода учета площадей свежих пожаров и диагностики послепожарного состояния насаждений по материалам спектральной аэрофотосъемки; 2) методики единовременной оценки послепожарного состояния растительности крупных территорий по материалам аэрокосмической съемки.

Практический смысл дистанционного изучения последствий пожаров с

использованием материалов аэрокосмической съемки накоплен определенный опыт к темновозным лесам ландшафта Касской равнины, расположенного в Приенисейской части Западно-Сибирской низменности. Он показал, что на территории ландшафта широко распространены послепожарные восстановительные смены, являющиеся одним из проявлений лесовосстановительного процесса. Послепожарные смены слагаются из различных по характеру и продолжительности стадий восстановления коренных сообществ, в совокупности образующих динамические ряды. Лесоводственные последствия пожаров в наиболее полном виде выражаются через особенности восстановительно-возрастной динамики лесов. Ее целесообразно изучать на ландшафтной основе, которая обеспечивает достаточно строгую пространственную привязку динамических рядов растительности к природным комплексам с характерными для них экологическими режимами.

Послепожарное формирование темновозных лесов ландшафта происходит через восемь восстановительно-возрастных стадий, каждая из которых дешифрируется на высотных снимках разных масштабов. Оценка роли пожаров в происхождении и формировании растительности осуществляется на основе разномасштабных карт послепожарной динамики лесов.

П. М. Матвеев, А. П. Абаимов

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ПОЛОС
В ЛИСТВЕННИЧКАХ НА МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВАХ

Красноярск

Известно положительное влияние огня в некоторых случаях на состояние и развитие древостоев (Фуряев, 1970; Белов, 1976; и др.). Ряд авторов высказывает мысль о необходимости специальных выжиганий с целью уменьшения запаса горючего в лесу и исключения таким образом губительных для древостоев высокоинтенсивных пожаров, для успешного возобновления под пологом древостоев, для исключения нежелательной смены пород и формирования пожароустойчивых насаждений.

Естественно, что, являясь мощным фактором, воздействующим на лес, наибольшее влияние огонь должен оказывать в крайних условиях произрастания, в частности в зоне вечной и длительной сезонной мерзлоты. В то же время данные о влиянии лесных пожаров на насаждения, произрастающие в этих условиях, недостаточны для решения вопроса о целесообразности использования огня в хозяйственных целях, так как значительных исследований по объему исследований по этому вопросу в насаждениях, произрастающих на мерзлотных почвах, не проводилось. Имеется сведения, затрагивающие ее отдельные стороны, получены, как правило, при решении других лесоводственных задач и не могут отвечать на поставленный вопрос.

Кроме того, в последнее время появились данные об отрицательном влиянии огня даже слабой интенсивности на листовеннички, произрастающие на почвах с многолетней мерзлотой. Следовательно, на основании имеющихся данных нельзя судить о возможности применения огня в хозяйственных целях в листовенничках, произрастающих на мерзлотных почвах.

Для выяснения этого вопроса нами проведены наблюдения в листовенничках Западной, Юго-Восточной Якутии и Эвенкийского национально-го округа, пройденных пожарами различной силы и давности. Мы установили силу пожаров, степень поврежденности древостоев, запасы горючих материалов, прирост по диаметру.

В результате выявлено, что в насаждениях, близких по лесоводственным и таксационным признакам, а также по запасу горючих материалов, сила пожаров изменяется в зависимости от периода пожароопасного сезона и от хода погоды. Пожары средней силы и сильные наносят значительный вред древостоев, иногда полностью уничтожая его. Слабые

пожары не причиняют ощутимого вреда и уменьшают запасы горючих материалов, исключая тем самым возможность возникновения губительных высокоинтенсивных пожаров. В ряде случаев лесные пожары увеличивают прирост деревьев по диаметру. В насаждениях с мощным теллсизол-ционным покровом из мхов при отсутствии пожаров на протяжении 80 и более лет прирост по диаметру уменьшается в большей степени, чем в идентичных древостоях, чаще подвергавшихся воздействию огня.

Поскольку пожары являются одним из наиболее мощных факторов, влияющих на развитие и формирование листовенничков, произрастающих на мерзлотных почвах, и предотвратить их в настоящее время невозможно, представляется целесообразным проведение планируемых выжиганий слабой интенсивности в насаждениях с повышенной вероятностью возникновения сильных пожаров.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА ПОВРЕДИМАЕМОСТЬ ДЕРЕВЬЕВ ПОЖАРАМИ

Хабаровск

При пожарах высокой интенсивности практически любое дерево, независимо от породы и возраста, может погибнуть. Однако наиболее распространены пожары, вызываемые только частичную гибель древостоя и в этих случаях проявляются различия древесных пород по устойчивости к огню, знание которых становится необходимым при лесогорюшарной профилактике и оценке потерь древесины, а также при использовании огня в лесозащитных целях.

Для установления температуры и продолжительности ее воздействия, при которой поджаривается камбий, а также для исследования различных факторов на повреждаемость огнем разных древесных пород в 1973-1976 гг. мы провели серию опытов. В качестве источника тепла использовали ли защитательный аппарат За-1. Температуру камбия измеряли термометрами, которые вставляли под кору. Продолжительность воздействия огня измеряли в зависимости от толщины коры. Шейки корня в пределах от 1 часа до 5 секунд (время, в которое кромка огня действует на дерево при разных видах пожаров).

Известно, что гибель деревьев может происходить в результате повреждения огнем кроны, коры и ствола. При низовых пожарах, на долю которых на Дальнем Востоке приходится более 85% выгораемых площадей и примерно 95% от общего их числа, ствол деревьев в основном проиходит вследствие повреждения камбия у основания ствола и корневой системы. Камбий в флоэме очень чувствителен к повышению температуры. Гибель живых клеток начинается уже при температуре 50°C, если воздействие ее продолжается около 1 часа. При температуре 55° гибель тканей происходит за 5 мин, при 60° - за 30 сек, и при 65° - почти мгновенно. Таким образом, повышение температуры в десять и более раз, Отсюда необходимо для легкого повреждения в десять и более раз. Отсюда также следует, что пожары, даже сравнительно мало распространенные по интенсивности, но имеющие разную скорость распространения, а соответственно и разное время воздействия кромки огня на деревья, вызовут различную степень повреждения их. На основании полученных данных зону температур от 55 до 60°C можно принять за критическую, так как либо различий в термальной стойкости протоплазмы у разных древесных пород не обнаружено. Разная степень их огнестойкости объясняется главным образом различиями в толщине коры, служившей изоля-

цией для камбия и флоэмы, а также в ее теплоизоляционных свойствах и в восприимчивости к воспламенению. Более тонкая, но менее восприимчивая к горению кора, например, дуба и шпена, лучше защищает от тепловых воздействий камбий, чем толстая, но легко воспламеняемая пробковая кора бархата амурского.

На восприимчивость деревьев и древостоев в целом к тепловым воздействиям влияют и другие факторы:

1. Условия местопроизрастания и характер корневой системы. Породы с поверхностной корневой системой, ель и лихота например, повреждаются пожарами сильнее, чем со стержневой (дуб, сосна и др.). Особенно сильно проявляется воздействие пожаров на корневую систему деревьев в зоне распространения вечной мерзлоты.

2. Вид горючего материала, его влажность и количество. Разные виды горючего, имея неодинаковую теплопроводную способность и скорость сгорания, оказывают различное тепловое воздействие на живой камбий и флоэму. При сгорании легких горючих материалов (ветовь, трава, листья) деревья повреждаются незначительно. Хорошо развитая подстилка, особенно высокой изолирующей способностью, надежно защищает корни от повреждения при пожарах, когда она не достигла пожарной зрелости и сгорает только напочвенный покров и свежий опад. И наоборот, если она сгорает, то становится значительным дополнительным источником тепла.

3. Восприимчивость кроны. Деревья хвойных пород более восприимчивы, чем лиственные. Из всех хвойных пород только кроны лиственницы, особенно весной в период интенсивного охвоения, имеют низкую восприимчивость, сходную с лиственными породами.

4. Вертикальная и горизонтальная сомкнутость полога. Хвойные деревья с сомкнутым пологом повреждаются огнем сильнее, чем деревья в разреженных насаждениях. Сомкнутость полога имеет меньшее значение для лиственных пород, так как могут быстро нагреваться до летальных температур. Хвойные деревья с низко опущенными густыми кронами (особенно уменьшенные лишайниками) более восприимчивы к пожарам, чем с ажурными высоко поднятыми кронами.

На основании наблюдений и изучения литературных данных мы считаем возможным дать следующее распределение (в убывающем порядке) древесных пород Дальнего Востока по их огнестойкости. Хвойные породы: лиственница, сосна, лихота цельнолиственная, кедр, ель, лихота белокорая, кедровый стланик; лиственные породы: дуб, тополь, ольха, рябина, жимолость, береза каменная, бархат, береза желтая, осина, береза белая. Примерно такой же порядок приводит А.М. Стародубов.

А. П. Сапожников

ПИРОГЕНЕЗ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И ПРОГНОЗ ТРАНСФОРМАЦИИ БИОГЕОЦЕНОЗОВ

Хабаровск

Теоретическое осмысление происходящих после пожаров изменений в лесу является необходимой предпосылкой решения следующих задач прикладного порядка: 1) комплексная оценка биологического и экологического ущерба, внесенные корректив в шкалу оценки ущерба от пожаров; 2) определение хозяйственной ценности пирогенных земель, разработка рекомендаций по их использованию; 3) прогнозирование и хозяйственная оценка временного послепирогенного повреждения плодородия почв; 4) разработка способов применения огня в лесном хозяйстве; 5) определение требований к охране лесных ландшафтов от огня.

В отличие от любых антропогенных и техногенных воздействий на среду роль огня в лесном биогенезе очень неоднозначна. Она связана с частотой пожаров, их тепловой интенсивностью, свойствами горючего материала, сезоном года, геоморфологическими и другими условиями. К этому можно добавить, что ускоренная огневая минерализация органического материала весьма специфична, не присуща никаким видам экзогенного воздействия на среду. Поэтому прогнозирование пирогенных последствий без изучения всех многогранных сторон влияния огня на биогенез и отдельные его компоненты весьма затруднено.

Наиболее существенные черты послепожарного развития биогенеза связаны с уничтожением или сменой растительности. Этим же определяется и пирогенное формирование почв, долгие все компоненты сохраняющих следы воздействия огня. Почва как бы аккумулирует в себе все прямые и косвенные пирогенные трансформации как отдельных компонентов, так и биогенеза в целом.

В общем виде схему влияния лесных пожаров при косвенном, наиболее существенным их воздействию на биогенез можно представить следующим образом: огонь → уничтожение или смена растительности → повреждение, трансформация или разрушение почв → пирогенные изменения в биогенезе. При прямом пирогенезе эти процессы идут параллельно.

Послепожарное формирование почв непосредственно и в первую очередь связано с пирогенной уязвимостью подстилок, их изменчивость может служить индикатором воздействия пожаров на почву. Поэтому разработка диагностичности подстилок — одно из важнейших направлений изучения

последпожарного развития почв в биогеоценозах.

Анализ строения подстилок в листовенных и лиственно-слоновых лесах Приамурья показывает, что в морфологическом их строении находят яркие отражение следы пожаров. В подстилочно-гумусовых горизонтах обнаруживаются черты органо-деструктивных пирогенных изменений, проявляющихся в своеобразном, несвойственном девственным лесам расчленении подстилок на подгоризонты или в замещении дифференцированных на подгоризонты подстилок на недифференцированные. Это отмечается при задернении, заболачивании гарей, при смене хвойно-лиственного опада и т.д.

Очень часто выделяется пирогенный подгоризонт А₀ пир. Здесь накапливается значительное количество сильно измельченных углистых остатков, составляющих основной фон, основную массу подгоризонта. Насыщенность последнего углистыми частицами тормозит процесс гумификации, а продукты разложения свежего опада или вышележащих подгоризонтов подстилки могут и адсорбироваться в нем. Пирогенный подгоризонт может образовываться и в результате спекания подгоризонтов А₀ или А₀ с верхней частью горизонта А₁, что наблюдалось нами после устойчивого низового пожара в кедровошироколиственном лесу. Этот адсорбирующий трудно разлагающийся слой становится барьером между органической и минеральной частями почвенного профиля. Наличие такого подгоризонта является диагностическим признаком пирогенной почвы. Поэтому подобные остаточно-пирогенные подгоризонты (прослойки) предлагаются выделять в качестве самостоятельного горизонта, который можно условно назвать "пирокор", т.е. грубогумусный горизонт, сформированный преимущественно неразложившимся, но сильно обугленными растительными остатками.

Таким образом, при наличии следов непосредственного воздействия огня, по подстилке можно диагностировать послепожарные изменения почв. В этом случае коренные типы почв можно подразделить на пирогенные пирогенные (если не отмечается послепожарная деструкция минеральных горизонтов) и пирогенные (если послепожарные изменения в минеральной части морфологически хорошо выражены).

Несколько иначе следует рассматривать изменчивость почв при пирогенных процессах растительности. Кроме почв с неограниченным развитием послепожарных процессов могут встретиться почвы, находящиеся в стадии восстановления. В первом случае предполагается выделить пирогенные деградированные (например, болотные, дерновые), пирогенные эродированные, а для восстановления выделяется почва — остаточно пирогенные. Для почв горных склонов, обремененных до периода обуслов-

лено пожарами, следует выделять пирогенные фрагментарные, пирогенные примитивные (или пиролитоморфные) почвы. Диагностика их пока находится в стадии разработки.

В заключение отметим, что прогноз трансформации биогеноценозов, изменения их продуцирующей способности и устойчивости к воздействию экзогенных факторов представляется методологически наиболее перспективным по диагностике особенностей послепожарного развития почв.

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА МИКРОКЛИМАТ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ В СОСНЯКАХ ЗАБАЙКАЛЬЯ

Чита

Последствия пожаров в сосняках Центрального Забайкалья мы изучали на протяжении двух лет. Объекты стационарных наблюдений подобраны на месте весеннего пожара, охватившего большую территорию с разными типами леса. Наблюдения за микроклиматом гидротермическим режимом почв проведены в трех типах леса, на участках с интенсивным огневым воздействием, но с сохранившимися древостоями. В сухо-разнотравном и ольховниковом типах заложено по одной пробной площадке, а в наиболее характерном для Забайкалья рододендронником - две. Вторая пробная площадка, в рододендроновом типе леса отражает влияние слабого низового пожара.

Независимо от силы пожара весной и в начале лета приземной слой воздуха в поврежденных насаждениях прогревается сильнее, чем в контрольных. В первый послепожарный сезон на протяжении мая - июня, когда обугленная поверхность почвы еще не покрыта свежим опадом, у поверхности почвы слой воздуха днем в насаждении пройденном сильным пожаром, на 4-6° теплее, чем в контрольном. В это время в горельниках температура воздуха на высоте 2 м на 1-2° также выше, чем в контроле. К концу первого сезона небольшое повышение температуры на участках с интенсивным огневым воздействием отмечалось только в слое воздуха у поверхности почвы. На участке, пройденном слабым низовым пожаром, температура воздуха снизилась до уровня контрольного насаждения раньше, примерно, с началом активной вегетации ранневенного покрова. Во второй сезон в горельниках небольшое повышение температуры слоя воздуха у поверхности почвы было только весной и в начале лета.

Влажность воздуха после низовых пожаров на участках разных наблюдений и контрольных существенно не различалась. Несколько повышенная сухость воздуха (в пределах 3-5 %) в горельниках отмечалась в первый послепожарный сезон. Во второй сезон, по данным гидрографов, влажность воздуха в горельниках и на соответствующих контрольных участках была одинаковой. Характерно, что во второй сезон на участках с пожаром восстанавливается травяной покров, по проспективному прогнозу не вступающий в контрольным участкам, что обуславливает следовательно различия влажности приземного слоя воздуха.

Контрастность температур на горельных и контрольных участках в

наибольшей степени выражена на поверхности почвы. На участках с сильным пожаром сквозь разреженный полог проникает большее количество солнечной радиации, интенсивно поглощаемое почвой за счет черноты её поверхности. Максимальные температуры на поврежденных участках при этом были на 10-15° выше. Минимальные, наоборот, на поврежденных участках несколько ниже за счет усиленного охлаждения почвы в ночные часы. Таким образом, амплитуда суточных колебаний температур поверхности почвы на поврежденных участках значительно выше, чем в контрольных.

Оттакавание почвы в горевших насаждениях на протяжении первых двух лет протекает заметно быстрее, чем в контрольных. Температура почвы на разной глубине (до 1,0 м) была систематически выше на участках с пожаром.

Влияние низовых пожаров на влажность почвы различно в зависимости от особенностей местоположения участков и силы пожара. На горных склонах после интенсивных пожаров усиливается поверхностный сток, поэтому запас влаги в почве на 10-15 % ниже, чем в почве контрольных насаждений. На террасах слабые пожары не оказывают заметного влияния на послепожарную динамику влажности почвы, а на участках с сильным пожаром почва может быть влажнее, чем в контрольной насаждении. Последнее можно объяснить ослаблением транспирации насаждений, т.к. травяной покров практически отсутствует на протяжении всего первого сезона, а ярус древесной кроны тоже повреждается, причем на длительный время.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА СВОЙСТВА ПОЧВ
И ИЗМЕНЕНИЕ ТРАВЯНО-КУСТАРНИЧЬЕГО
ЯРУСА В СОСНЯКАХ ДЕНОВОГО УРАЛА

Уфа

Лесным пожарам наиболее подвержены хвойные насаждения, которые распространены на Дном Урале. Пожары возникают в основном в засушливые годы. В 1975 г. низовой пожар охватил часть лесов Узянского участка Башкирского государственного заповедника. В 1977 г. мы провели биологические исследования на горах в сосняках заповедника, которые дали возможность выявить ряд особенностей в изменении почв и травяно-кустарничьевого яруса под влиянием пожара. С этой целью заложены пробные площадки на горах и в сохранившихся от пожара сосняках кейкировых.

Наблюдения показали, что существенных изменений в почвообразовательных процессах под влиянием пожара не произошло. Однако физико-химические свойства и гидротермический режим горно-лесных светло-серых среднеуглистых почв на магнесиальных породах, где растут сосняки, изменились. В почве после пожара возник дерново-перегнойный горизонт из сгоревшей лесной подстилки с высоким содержанием гумусовых веществ (7,50 и 15,34 % против 4,48 и 6,23 %), кальция (8,5-21,5 против 3-8,5 мг-экв) и магния (9,5-25,0 против 10,5-16,5 мг-экв на 100 г почвы). В этом слое возросли запасы влаги и увеличилась температура почвы. Гидротермический режим, количество поглощенных оснований и значение рН в нижних (иллювиальных) горизонтах почв остались практически стабильными. Таким образом, изменения свойств почв под влиянием лесного пожара охватили только верхние гумусированные слои. По сахарозной, каталитической активности и составу микрорельефа почвы горей и естественных сосняков характеризуются близкими величинами. Исключение составляет лишь почва под горами, сформировавшаяся в нижней части северо-западного склона. Она характеризовалась сравнительно высокой сахарозной активностью (23,6 мг глюкозы на 1 г почвы против 16,9 мг в почве контроля).

Низовые пожары в сосняках кейкировых вызывает большие колебания и качественные изменения в травяно-кустарничьем ярусе. В контроле (сосняк кейкировый 001111) сильно разлит покров (проективное покрытие до 85%), среза которого часто

встречаются брусника, черника, великий тростниковидный. Всего было до 30 видов растений, однако покрытие из злаков составило 5,6%, из разнотравья - 7,9%. Никакого возобновления лесных пород не обнаружено. На участках, пройденных пожаром (пожарищах), идет увеличение проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса (до 59,7% против 13,3% в контроле). Появляются такие виды трав, как иван-чай узколистный, бодяк полевой, лабазник вязолистный. При пожарах уничтожаются моховой покров, его на учетных площадках осталось не более 4-7%. На пожарищах идет процесс интенсивного возобновления. Основным видом возобновленки является осина. В среднем на 1 м² насчитывалось от 109 (9СГБ+Лт) до 231 (6СЗЛТ+В) деревьев. Наблюдается также возобновление сосны - от 1,3 до 3,5 и березы - от 1,7 до 4,5 на 1 м². На контроле, где не было пожаров, на 1 м² почти в 2-3 раза меньше воздушно-сухой массы произрастающих травянистых видов. На пожарищах отмечается буйное развитие высокотравья (иван-чай, лабазник).

Биоэкологические исследования на постоянных пробных площадках в Башгосзаповеднике будут продолжаться в течении многих лет. Они дадут возможность раскрыть взаимосвязи в измененных стихийных бедствиями ценозах без воздействия человека.

О ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПИРОЛИТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Красноярск

Лесные пожары, оказывая существенное влияние на лесные биогеоценозы в целом, определенным образом сказываются и на почвах, которые претерпевают изменения в физическом, химическом и биологическом отношении. Изменение свойств почв после пожаров обусловлено как действием высоких температур, так и одновременным поступлением на поверхность почвы золы от сгорания подстилки и других горючих материалов. Изучая влияние пожаров на свойства лесных почв, установили ранее, что степень воздействия огня на свойства почв определяется главным образом интенсивностью пожаров. Почва как естественно-историческое образование формируется и развивается в конкретных биоклиматических условиях и обладает рядом характеристик, находящихся в динамическом равновесии с этими условиями. Пожары грубо нарушают установившееся соотношение, что сопровождается скачкообразным сдвигом ряда почвенных процессов.

Как стойки эти изменения во времени? Насколько почва, как буферная система, способна проглатывать внешние воздействия? Как быстро возвращаются свойства почв к исходному состоянию?

При низовых пожарах слабой и средней интенсивности выгорает около 50% подстилки. Восстановление запасов её происходит через 3-4 года и количество приближается к допозажарному уровню. Фракционный состав подстилок стабилизируется несколько медленнее.

Пиролиз подстилки сопровождается сдвигом кислотности водной и солевой вытяжек в нейтральную и щелочную сторону. Изменения, вызванные огнем слабой интенсивности, невелики (5,3-5,6 против 5,1-5,2 на негорючем участке), при средней интенсивности пожара более сухими (5,5-6,7), а при сильной наблюдается значительная реакция среды, преимущественная неоднородность значения pH подстилки, которая четко прослеживается в течение двух лет после пожара. Спустя четыре года (1973-1976 гг.) на участках, в различной степени испытанных воздействием огня, величина этого показателя мы находим выровненными и по своим абсолютным величинам приближающимися к контрольным цифрам. Воднорастворимые компоненты продуктов пиролиза подстилки и древесного опада вместе с влагой осадков проникают в почвенную толщу и являются основными агентами воздействия на органико-минеральную часть почвы. Слабодерново-среднеподзолистая супесчаная почва, являющаяся объектом из-

лих исследований, относятся к кислым. Продолжительность периода, в течение которого прослеживаются изменения pH почвенного раствора, определяются прежде всего количеством золь поступившим на её поверхность, а также интенсивностью атмосферных осадков. Чем больше осадков, тем быстрее промывается и приходит к исходному состоянию кислотность почв. При слабых пожарах тенденция возвращения к допозажарному уровню наблюдается уже на 2-3 год, при сильных - даже через четыре года pH почвенного раствора значительно выше, чем на негорелых участках. Из всех видов почвенной кислотности - актуальной, потенциальной и гидролитической - изменения последней более стойки во времени.

Значительное влияние оказывают пожары и на содержание обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе. При слабых низовых пожарах незначительное увеличение поглощенных кальция и магния наблюдается на второй год, после чего происходит уменьшение и различия практически исчезают. При средних и сильных пожарах резко увеличиваются количества этих элементов происходит сразу после прохождения огня и держатся на одном уровне последующие четыре года. Наиболее оптимальный режим азотных соединений устанавливается в год пожара, но уже через 3-4 года содержание аммонийного азота на горелых и контрольных вариантах одинаково низкое, в то время как количество калия и фосфора продолжает оставаться более высоким.

Различная интенсивность пожаров своеобразно сказывается на биологическом состоянии слабодерново-среднеподзолистой супесчаной почвы. При умеренных иrogenных нагрузках наблюдается активизация биологических процессов, а при сильных - депрессия. Изменение биологических свойств почв по сравнению с химическими более рельефно и устойчиво во времени.

Таким образом, продолжительность непосредственного влияния огня на свойства лесных почв легкого механического состава определяется интенсивностью пожара, при слабых возращение к исходному состоянию наблюдается на второй или третий год после пожара, при сильных различия существуют даже спустя четыре года.

ВЛИЯНИЕ ЛЕСНОГО ПОЖАРА НА ВЫЛЕТ СЕМЯН
У ЛИСТВЕННИЦ ДАУРСКОЙ

Якутск

Отмечая приспособительные свойства древесных пород к лесным пожарам, И.Е.Вивер и Ф.Е.Клементс писали, что у трех видов сосен в Северной Америке шишки остаются нераскрытыми в течение многих лет, однако после пожара они раскрываются сразу, обеспечивая надежное обсеменение (Чербаков, 1975).

Литературных данных о влиянии пожаров на сроки высылания семян древесных пород, произрастающих на территории СССР мы не встречали. Поэтому интересно остановиться на факте, отмеченном при проведении огневых опытов в Олекминском районе ЯАССР.

Разлет семян из шишек лиственницы даурской западной расы происходит в основном весной и летом следующего за урожаем года, растягиваясь до трех лет (Карпель, 1970, 1971). В конце июня 1972г. мы провели экспериментальное выжигание на одной из пробных площадей. Таксационная характеристика насаждения до пожара: состав 54:4:1Б; возраст 50 лет; средний диаметр 10,8 см; средняя высота 10,7 м; полнота 0,6; число деревьев 2007 шт/га; запас 94 м³/га; тип леса - лиственничник с сосной брусничник. Запас напочвенных горючих материалов - 23 т/га, распределение его по фракциям следующее: опад - 14, кустарнички и т.п. - 5, мхи - 3, подстилка - 78%.

Выжигание проводили в три часа дня по всей ширине пробной площади с наветренной стороны. Температура воздуха была 15°С, относительная влажность воздуха - 42%, скорость ветра - менее 1 м/с, временами полный штиль, влажность опада - 19%, влажность подстилки - 37%. Высота пламени в среднем составила 0,3 м, скорость продвижения кромки пламени - 0,5 м/мин. Таким образом, интенсивность пожара была слабой (Курбатский, 1962). Пожарные подсушины обнаружены у 15% лиственниц, 5% сосен и 24% берез; хорошо видны повреждения корней - у 3% лиственниц и 2% сосен. Зараженность лиственничных стволовыми вредителями в год пожара составила 3%.

З. раставленные после проведения опыта семеноеды семян лиственницы обнаружались до 1 сентября 1972 г. Затем семена появились только в сентябре 1973 г. (за счет урожая 1973 г.). Не

контрольной пробной площади и др. их пробных площадях (не пробных огнем) семена урожая 1972 г. наблюдались в семенемерах как обычно: весной и летом следующего за урожаем года (1973). И хотя это наблюдение единственное, можно предположить, что в этом случае проявилась приспособительная особенность лиственницы даурской данного региона - в случае прохождения огня вливать все семена в год пожара для обеспечения естественного возобновления в наиболее благоприятных для этого условиях.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Тесленко Г.П. Состояние и перспективы развития научных исследований в области горения и тушения пожаров	6
Курбатский Н.П. Научная разработка проблемы лесных пожаров ..	12
Коровин Г.Н. Проблемы экономико-математического моделирования и оптимизации охраны лесов от пожаров	20
Арцыбашев Е.С. Авиационные и космические методы в охране лесов от пожаров	24
Валендик Э.Н. Стационарные методы в охране лесов от пожаров.	27
Чукичев А.Н. Состояние и перспективы механизации работ по охране лесов от пожаров	29
Белов С.В. О подготовке инженеров лесного хозяйства (специальность 1512) по вопросам охраны лесов от пожаров	32
Денисов А.К. Лесные пожары в Марийской АССР и Горьковском Заповье	38
Стельмахов Г.К. Нужды практики охраны лесов Красноярского края	41
Горение и математическое моделирование лесных пожаров	
Конов Э.В. Итоги исследования закономерностей распространения пламени по напочвенному покрову в лесу	45
Грашин А.М. Математическая модель тепло- и массообмена при лесных пожарах	46
Доррер Г.А. Математические модели для расчета контуров лесных пожаров	54
Горова Е.Н., Коровин Г.Н. Математическое моделирование процессов распространения и тушения лесных пожаров	56
Воробьев О.Д. Вероятностное множественное моделирование лесопирологических процессов	58
Баженов В.В. Алгоритмы решения задач, связанных с локализацией лесных пожаров	61
Воробьев О.Д. Использование операционных игр в лесной пирологии	63
Лузирев Е.М. Распространение дымового облака лесного пожара при устойчивости стратификации атмосферы	65
Воробьев Б.М., Копылов Н.П., Пономарев О.В. Численное моделирование сильно перегретых конвективных струй	

при различных атмосферных условиях 69

Гришин А.М., Грузин А.Д., Капустин В.А., Синицын С.П. Влияние стратификации на характеристики тепло- и массообмена в приземном слое 73

Гостищев В.А., Лазарев В.В., Суханов А.А. Конвективное движение газа над линейным пожаром конечного размера в произвольно стратифицированной атмосфере 75

Артемов Н.С., Брауде М.З., Панарин В.М. Определение высоты подъема частиц восходящим конвективным потоком 76

Девилев П.П., Кауль Б.В., Копылов Н.П., Краснов О.А., Ушаков Г.В. Исследование возможности применения лазерных методов для зондирования очагов пожара 81

Гришин А.М., Зверев В.Г., Субботин А.Н. Аналитическое решение задачи о воспламенении лесного массива при сильном ветре 86

Сухинин А.И. О возможности воспламенения хвой излучением 89

Волокитина А.В. Экспериментальное изучение интенсивности горения напочвенного покрова 91

Сосновская Л.Г., Сосновский Е.Н., Чоксум С.К. Исследование динамики увлажнения и состояния воды в некоторых растительных материалах 94

Глазкова А.П. О наиболее целесообразных направлениях поиска эффективных пламягасителей 95

Сухинин А.И. О влиянии ветра на распространение пламени по хвое 96

Сосновская Л.Г., Чоксум С.К., Сосновский Е.Н. Исследование суммарной кинетики пиролиза некоторых лесных горючих материалов 98

Исаков Р.В. Кинетике пиролиза и газификация некоторых лесных горючих материалов 99

Дунда Е.Б., Телицын Г.П. О пределе огнegasающей эффективности водных растворов химических соединений... 103

Исаков Р.В., Сосновский Е.Н. К механизму воспламенения сосновой хвой конвективным потоком 105

Мелая А.И., Дибулский Г.М. Исследование пространственно-временных и спектральных характеристик по-

харов по их изображению на космических снимках 106

Профилактика и тушение лесных пожаров

Софронов М.А. Лесопожарное районирование гослесфонда СССР. 108

Архипов В.А. Лесопожарное районирование Восточно-Казахстанской области 110

Дула-Гудим С.И. Технические проекты противопожарного устройства лесов 114

Максимов В.А. Опыт разработки генеральных планов противопожарного устройства лесов областей, краев, республик 117

Шейгауз А.С., Челышев В.А., Малькова В.А. Совместенное картографирование горимости и охраны лесов (на примере зоны БМ) 119

Соколов В.А. Проектирование противопожарных мероприятий при лесоустройстве 121

Челышев В.А. Планирование и учет работ по противопожарному устройству территории лесохозяйственных предприятий 123

Шейгауз А.С. Методика расчета горимости лесов по лесоучетным данным 125

Цветков П.А. О выделении зон наземной охраны лесов 127

Костырина Т.В. Прогнозирование пожарной напряженности весеннего периода 129

Дорогов Б.И. Информационная система для прогноза пожарной опасности в лесу 131

Телицын Г.П., Костырина Т.В. О связи продолжительности лесных пожаров и бездорожных периодов 133

Яковлев А.П. Взаимосвязь некоторых параметров низового пожара в сосняке липнянниковом 135

Мусин М.З., Архипов В.А. Параметры пламени при низовом по-жаре 140

Гундар С.В. О характеристиках почвенных пожаров 142

Кванова Г.А. Влияние трав на скорость продвижения фронта низового пожара 145

Баранов Н.М. Влияние сезонного развития травостоя на пожарное созревание в лесах Амар-Абая 148

Алдонатов О.А., Баулис К.Л. Механизация лесопожарных работ 150

Сазонов А.А., Козулина Л.Г. Высокостойкая пена на основе бентонита	152
Худоголов В.А. О применении технических средств при тушении и профилактике крупных лесных пожаров...	154
Бугай Б.К. Наиболее перспективные способы тушения лесных пожаров на Дальнем Востоке	156
Халитов А.Г., Худоголов В.А. Результаты испытаний тракторного грунтамета	159
Последствия пожаров	
Санников С.Н. Лесные пожары как биогеоценотический и эволюционный фактор	162
Шенуков М.А. Влияние пожаров на развитие таежных биогеоценозов	166
Калинин К.К., Демаков И.П., Иванов А.В. О пожароустойчивости насаждений	168
Фуряев В.В. Методы оценки последствий пожаров по материалам аэрокосмической съемки	172
Матвеев П.М., Асаилов А.П. О целесообразности профилактических палов в дивственныхниках на мерзлотных почвах	174
Шенуков М.А., Соловьев В.И., Найкруг И.Б. Влияние некоторых факторов на повреждаемость деревьев пожарами	176
Саломинков А.П. Пирогенез лесных почв и прогноз трансформации биогеоценозов	178
Евдокименко М.Д. Влияние пожаров на микроклимат и гидротермический режим почв в сосняках Забайкалья...	181
Кучеров Е.В., Мукаташов А.А. Влияние лесных пожаров на свойства почв и изменение травяно-кустарничкового яруса в сосняках Южного Урала	183
Попова Э.П. О продолжительности пирогенного воздействия на свойства лесных почв	185
Карпель Б.А., Забелин О.Ф. Влияние лесного пожара на вылет семян у листячяенины джурской	187

ГОРЕНИЕ И ПОЖАРЫ В ЛЕСУ

тезисы докладов и сообщения
Первого всесоюзного научно-технического совещания
22-24 ноября 1978 года

Редактор Л.А.Северина

Объем 10 уч.-изд. л., тираж 500 экз., заказ 55 цену 70 коп.

Типография ИЛД, Красноярск, пр. Инга 53 АЛ-023575