



УДК 630.43:001

## Исследования Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства в области охраны лесов от пожаров

© В.Г. Гусев, Е. С. Арцыбашев

---

### **Researches Saint-Petersburg Forestry Research Institute in the field of protection of forests from fires**

**V. G. Gusev, E. S. Arzybashev** (Saint-Petersburg Forestry Research Institute)

The results of years of research conducted by scientists of the FBI forestry research Institute in the field of forest fire protection in the following areas: assessment of fire danger, the emergence, spread and development of fires in forests and ways and means of prevention, detection and extinguishing of forest fires.

**Key words:** forest combustible materials, forest fire, forest fire protection, fire danger in forests, the occurrence, distribution, development, prevention, detection, suppression of forest fires

### **Исследования Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства в области охраны лесов от пожаров**

**В. Г. Гусев, Е. С. Арцыбашев**

Представлены результаты многолетних исследований, проводившихся учёными ФБУ «СПбНИИЛХ» в области охраны лесов от пожаров по следующим направлениям: оценка пожарной опасности, возникновение, распространение и развитие пожаров в лесах, способы и средства предупреждения, обнаружения и тушения лесных пожаров.

**Ключевые слова:** лесные горючие материалы, лесной пожар, охрана лесов от пожаров, пожарная опасность в лесах, возникновение, распространение, развитие, предупреждение, обнаружение, тушение лесных пожаров

Гусев Виталий Георгиевич, д-р с.-х. наук, проф., действительный член МАНЭБ, начальник научно-исследовательского отдела охраны и защиты леса  
Арцыбашев Евгений Степанович, д-р с.-х. наук, проф., главный науч. сотр.

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»  
194021, Санкт-Петербург, Институтский проспект, 21  
тел.: (812) 552-80-21, факс: (812) 552-80-42  
E-mail: [mail@spb-niilh.ru](mailto:mail@spb-niilh.ru)

Исследования лесных пожаров в институте начались в 30-е годы прошлого века. В это время стали выходить научные публикации по борьбе с ними, началось экспериментальное изучение процессов распространения и развития огня в лесах, закладывались основные принципы охраны лесов от пожаров, которые действуют и в настоящее время.

Наиболее фундаментальным научным трудом того времени была известная монография П.П. Серебренникова и В.В. Матрёнинского «Лесные пожары и борьба с ними» [1]. В ней представлены все основные направления охраны лесов от пожаров: оценка пожарной опасности в лесах, предупреждение, обнаружение и тушение лесных пожаров. Подробно рассмотрены вопросы классификации лесных пожаров, влияния на горимость лесов природной лесной обстановки и метеорологических факторов, организации противопожарного дела, а также вопросы, связанные с механизацией средств борьбы с лесными пожарами, применением авиации, парашютных десантных команд, ранцевых опрыскивателей, химических и взрывчатых веществ, автоцистерн, плугов и радиосвязи.

Дальнейшие научные исследования института в этой области шли в основном в развитие указанных основных направлений. К этому можно добавить ещё изучение природы лесных пожаров, включающее вопросы их классификации, возникновения, распространения и развития (перехода из одного вида в другой), а также экономико-математическое моделирование системы охраны лесов.

В направлении исследования природы лесных пожаров можно отметить целый ряд серьёзных достижений.

Н.П. Курбатским [2] были разработаны научные основы построения местных шкал пожарной опасности в лесах. Необходимость в них была вызвана большим разнообразием природных и хозяйственных условий на огромной лесной территории нашей Родины, наличием больших различий в сроках появления и скорости нарастания пожарной опасности в лесах. Ввиду сложности проблемы конкретным методическим рекомендациям в этой работе предшествует рассмотрение некоторых

теоретических вопросов, таких как пожарная опасность в лесах, и её составные части, факторы, определяющие влажность лесных горючих материалов. Затем на примере Ленинградской области приводится методика сбора материалов, определения границ классов пожарной опасности и составления местной шкалы загораемости напочвенного покрова. Делением числа дней с произошедшими пожарами на общее число дней периода с данным классом пожарной опасности предлагалось получить статистическую оценку ежедневной вероятности возникновения пожаров по классам.

Также Н.П. Курбатским совместно с Н.Н. Красавиной и В.А. Жданко были исследованы особенности почвенных лесных пожаров (торфяных и подстилочно-гумусовых) [3]. Наиболее характерной чертой этих пожаров является уничтожение органической части почвы. Особенность почвенных пожаров состоит в том, что горение в основном происходит в беспламенном режиме (в режиме тления). Они могут возникать только в засушливые периоды пожароопасного сезона при низком уровне грунтовых вод. В работе впервые была исследована связь между загораемостью напочвенного покрова и торфа с величиной комплексного метеорологического показателя Нестерова [4, 5], а также зависимость скорости распространения горения от влажности торфа.

Возникновение лесного пожара, как правило, начинается с возгорания напочвенных лесных горючих материалов (ЛГМ). Вид и влагосодержание напочвенного покрова, наряду с наличием источников загорания, определяют возможность возникновения и распространения пожара в лесу. Кроме того, влагосодержание ЛГМ значительно влияет на параметры кромки горения низового пожара. Поэтому особое внимание уделяется процессам увлажнения и высыхания лесного напочвенного покрова, происходящим при изменении метеорологических условий. Чем меньше влагосодержание напочвенного покрова, тем меньше требуется мощность источника загорания для возникновения очага горения. Другими словами, резко увеличивается круг источников, способных вызвать загорание, и, соответственно, возрастает вероятность возникновения лесного пожара.

Пожарная опасность в лесах, обусловленная погодными условиями при практически неизменных свойствах охраняемой территории и источников огня (пожарная опасность по условиям погоды), определяется с помощью специально разработанных показателей пожарной опасности [4–7]. Основным из них является разработанный В.Г. Нестеровым ещё в 1949 году индекс горимости [4], который, претерпев незначительные изменения, до сих пор используется в лесном хозяйстве для оценки пожарной опасности.

Дальнейшее развитие проблема оценки пожарной опасности в лесу и разработки местных шкал получила в работах учёных института С.М. Вонского, В.А. Жданко и др. [6–8]. Практика применения комплексного метеорологического показателя и основанной на нём шкалы пожарной опасности выявила некоторые его недостатки [2, 6, 7 и др.]. Основной из них состоит в том, что влияние осадков на пожарную опасность в лесу учитывается слишком грубо: для этого задано пороговое значение осадков в 2,5 мм/сутки. Второй важный недостаток — не учитываются различия в увлажнении рыхлого верхнего слоя напочвенного покрова и плотного нижнего слоя (подстилки).

Для исправления этих недостатков была выполнена фундаментальная работа по совершенствованию комплексного метеорологического показателя пожарной опасности в лесу по условиям погоды [6]. Предложенные в ней новые показатели влажности напочвенного покрова (ПВ-1) и подстилки (ПВ-2) успешно применяются наряду с комплексным показателем Нестерова и превосходят его по точности. Кроме разделения напочвенного покрова по слоям, они позволяют учитывать осадки дифференцированно.

Расчёт показателя влажности напочвенного покрова ПВ-1 на утро текущего дня производится по формулам:

$$(ПВ-1)_j = \begin{cases} (ПВ-1)_{j-1} + T_{j-1} (T_{j-1} - \tau_{j-1}), & f_j \leq 0,5 \\ \text{табл. 1 [6]} & f_j > 0,5 \end{cases} \quad (1)$$

где (ПВ-1)<sub>j</sub> — показатель влажности напочвенного покрова на утро текущего дня;

$j$  — порядковый номер текущего дня пожароопасного сезона (со дня схода снежного покрова в лесу);

$T_{j-1}$  — температура воздуха на 13-15 ч предшествующего дня, °С;

$\tau_{j-1}$  — температура точки росы на 13-15 ч предшествующего дня, °С;

(ПВ-1)<sub>j-1</sub> — показатель ПВ-1 на утро предшествующего дня;

$f_j$  — суточная сумма осадков на утро текущего дня, мм;

Расчёт показателя ПВ-2 производится следующим образом:

$$(ПВ-2)_j = \begin{cases} (ПВ-2)_{j-1} + T_{j-1} (T_{j-1} - \tau_{j-1}) & 1,6 \text{ мм} \leq f_j < 4,5 \text{ мм} \\ (ПВ-2)_{j-1}, & f_j < 1,6 \text{ мм} \\ \text{табл. 2 [6]} & f_j \geq 4,5 \text{ мм} \end{cases} \quad (2)$$

где (ПВ-2)<sub>j</sub> — значение показателя влажности подстилки на утро текущего дня.

$j$  — порядковый номер текущего дня пожароопасного сезона (со дня схода снежного покрова в лесу);

$T_{j-1}$  — температура воздуха на 13-15 ч предшествующего дня, °С;

$\tau_{j-1}$  — температура точки росы на 13-15 ч предшествующего дня, °С;

(ПВ-2)<sub>j-1</sub> — показатель ПВ-2 на утро предшествующего дня;

$f_j$  — суточная сумма осадков на утро текущего дня, мм;

Следует заметить, что в показателях ПВ-1 и ПВ-2 сохранена основа показателя Нестерова — произведение  $T(T-\tau)$ , поэтому их нельзя считать полностью самостоятельными.

На основе этих показателей была разработана усовершенствованная методика составления и применения местных шкал пожарной опасности в лесу [8].

Более строгий подход к оценке и прогнозированию пожарной опасности в лесу связан с физико-математическим моделированием процессов высыхания и увлажнения лесного напочвенного покрова и подстилки с учётом основных значимых факторов. С физической точки зрения слой растительного напочвенного покрова представляет собой неоднородную пористую многофазную среду (отмершая растительность разной степени разложения, живая растительность, вода, воздух), в которой закономерности теплопереноса

очень сложны. Тем не менее, физико-математическое моделирование процессов увлажнения и высыхания напочвенного покрова получило своё развитие в институте в работах Г.Н. Коровина и В.Г. Гусева [9, 10].

Наряду с проблемой оценки и прогнозирования пожарной опасности в лесах изучались закономерности горимости лесов. Исходя из того, что горимость лесов формируется под совокупным влиянием комплекса природно-экономических факторов, подчинённым определённым пространственным закономерностям, на основе географического анализа горимости лесов академика И.С. Мелехова и его схемы лесопожарных поясов европейской части СССР [11] Г.А. Мокеевым была составлена схематическая карта для азиатской части Советского Союза [12]. На основе этих работ Г.Н. Коровиным были предложены расчётные формулы для определения длительности и сроков наступления пожароопасных сезонов в зависимости от географической широты местности [9]. Они имеют вид:

$$l_{\varphi} = 358,1 \sqrt{1 - \sin \varphi},$$

где  $l_{\varphi}$  — средняя длительность пожароопасного сезона;

$\varphi$  — географическая широта местности;

$$d_{\varphi} = 182,6 \sqrt{1 - \cos \varphi},$$

где  $d_{\varphi}$  — средняя дата наступления пожароопасного сезона (порядковый номер дня в году).

В 50-х годах прошлого столетия в институте начались систематические исследования количественных характеристик лесных пожаров. С.М. Вонским [13] и Г.А. Амосовым [14]. Позднее Г.Н. Коровиным [9, 15] и В.Г. Гусевым [10, 16] изучались процессы распространения и развития лесных пожаров, а также интенсивность их горения в различных лесорастительных и метеорологических условиях, проводились экспериментальные исследования по определению параметров кромки горения и конвекционной колонки. Разрабатывались методы прогнозирования этих параметров, а также опасных воздействий лесных пожаров на окружающую среду и людей. Для проведения огневых опытов в натурных условиях и испытания новых лесопожар-

ных технических средств и способов тушения лесных пожаров в 1966 году был организован Лужский опорный пункт ЛенНИИЛХ, оснащённый всем необходимым для проведения указанных работ. В результате многолетних исследований была разработана система согласованных математических моделей (рис. 1) для прогнозирования параметров лесных пожаров и противопожарных барьеров в лесу [10].

В рамках экономико-математического моделирования охраны лесов, под руководством Г.Н. Коровина решались проблемы моделирования и оптимизации охраны лесов от пожаров [17]. Были разработаны имитационная модель лесного пожара и модель тушения. Определены законы распределения пожаров по времени и территории, оптимизировано расписание патрульных полётов, идентифицированы условия функционирования и назначены режимы работы лесопожарных служб. Разработаны методы расчёта скорости локализации лесного пожара, состава и структуры централизованного резерва, оценки ущерба от лесных пожаров. Созданы программы для прогнозирования динамики распространения, развития и тушения лесных пожаров, оценки затрат на их тушение и экономического ущерба от них, а также программы для учёта лесных пожаров, ведения баз данных и вывода информации на электронные карты и др. Кроме того, институтом была разработана концепция зонирования лесного фонда по видам и уровням охраны.

Важным направлением охраны лесов от пожаров, развивающимся в институте, является предупреждение лесных пожаров. Оно включает в себя меры противопожарного обустройства лесов (создание и эксплуатацию дорог лесопожарного назначения, посадочных площадок для самолётов и вертолётов, противопожарных барьеров, наземных наблюдательных пунктов, пунктов сосредоточения противопожарного инвентаря, пожарных водоёмов и подъездов к ним), меры по снижению природной пожарной опасности путём регулирования породного состава насаждений, профилактических контролируемых выжиганий, проведения санитарно-оздоровительных мероприятий, меры по ведению противопожарной пропаганды и агита-



Рис. 1. Блок-схема системы согласованных математических моделей для оценки параметров лесных пожаров и противопожарных барьеров

ции, а также по обеспечению средствами предупреждения и тушения лесных пожаров.

Предупредительные противопожарные мероприятия анализировались ещё в монографии П.П. Серебренникова и В.В. Матрёнинского [1]. Там рассматривались вопросы поддержания в надлежащей чистоте квартальных просек и вырубок, проведения мероприятий по устранению захламлённости леса, созданию противопожарных барьеров в лесах, принятия мер против возникновения лесных пожаров вдоль железных дорог, ведения противопожарной агитации и пропаганды.

Позднее С.М. Вонский и др. поднимали вопросы механизированной очистки мест рубок, организации противопожарного устройства лесной территории, зонирования лесной территории по условиям применения лесопожарной техники [18–20].

Результатом многолетних исследований монокультур сосны в Волгоградской и Ростовской областях России стали монографии, содержащие практические рекомендации по ох-

ране от пожаров лесных культур засушливой зоны [10, 21], в которых большое внимание уделено мероприятиям по предупреждению лесных пожаров.

Параллельно проводились работы по механизации профилактических работ. Для прокладки минерализованных полос шириной 1,5–2,5 м был разработан плуг ПЛУ-0,4, способный работать как с гусеничными, так и с колёсными тракторами [22]. Для создания широких (5–20 м) минерализованных полос методом засыпки грунтом в институте были разработаны: тракторный грунтомет ГТ-3 [23], фрезерный агрегат АЛФ-10 [24], фрезерное орудие ОФ-1 [25] и фрезерный полосопрокладыватель ПФ-1 [26]. Производительность работ фрезерными орудиями составляет 1,2–3 км/ч в зависимости от почвенно-грунтовых условий. В лесопожарной практике очень хорошо себя зарекомендовал фрезерный агрегат АЛФ-10 (рис. 2), который до сих пор выпускается малыми сериями. Необходимо отметить, что на тот период времени за рубежом грунтометательных машин не существовало.



Рис. 2. Прокладка минерализованной полосы с засыпкой грунтом трактором МТЗ-82 («Беларусь») с лесопожарным фрезерным агрегатом АЛФ-10

Для наблюдения за лесом в институте была разработана пожарно-наблюдательная мачта МПН, представляющая собой одноствольную металлическую конструкцию высотой 41 м с четырёхъярусной системой оттяжек и подъёмником лифтового типа с противовесом для подъёма и фиксации кабины с наблюдателем на высоте 40 м [27].

Позднее была разработана новая модификация мачты МПН – пожарная наблюдательная мачта МПН-40, отличительной особенностью которой является возможность подъёма платформы с телевизионной установкой вместо кабины с наблюдателем [28].

Сотрудниками института было найдено и реализовано на практике немало оригинальных технических решений, в том числе и для профилактики лесных пожаров. Так, для ведения противопожарной пропаганды среди населения была разработана специальная звуковещательная станция (ПЗС), устанавливаемая в люках патрульных самолётов и вертолётов [26]. «Голос с неба», предупреждающий людей, находящихся в лесу о высокой пожарной опасности, позволил существенно сократить количество загораний и формировал у них более бережное отношение к лесу. Звукоусилительная станция была на вооружении 18 региональных баз авиационной охраны лесов. Она применялась не только для ведения противопожарной пропаганды, но также для предупреждения находящихся в лесу пожарных команд о начале тушения пожара с воздуха, при тренировке па-

рашютистов-пожарных, для передачи распоряжений группам лесных пожарных, при поиске людей, заблудившихся в лесу, для предупреждения населения о надвигающейся угрозе пожара и т. д.

В итоге проведения НИР под руководством В.Г. Гусева в институте были разработаны проект нормативов на выполнение работ по профилактике лесных пожаров, а также технологические карты на выполнение этих работ, которые были утверждены приказом Рослесхоза от 17.02.2010 № 58 и действуют по настоящее время. На основе полученных в последние годы результатов исследований, анализа и обобщения новой информации институтом были предложены новые экономически эффективные технологические комплексы для предупреждения лесных пожаров. Также разработан проект программы создания системы машин и оборудования, направленный на оснащение пожарно-химических станций, лесопожарных центров и баз авиационной охраны лесов современными техническими средствами, необходимыми для повышения эффективности этих работ [29].

Общеизвестно, что успешная борьба с лесными пожарами в значительной мере зависит от их своевременного обнаружения. В зоне наземной охраны лесов мониторинг лесных пожаров носит локальный характер и обычно осуществляется путём периодического патрулирования лесов вдоль дорог и рек или сторожами с пожарных наблюдательных вышек, мачт и пунктов. Место обнаружения пожара фиксируется на ле-

сопожарной карте, схеме лесонасаждений (если есть, то на электронной карте) с указанием квартала и выдела или по известным ориентирам.

При выборочном ознакомлении с состоянием и эксплуатацией пожарно-наблюдательных мачт было установлено, что большая часть их не использовалась из-за трудностей субъективного характера, связанных с наймом временных пожарных сторожей. В связи с этим институтом было предложено техническое решение этой проблемы, заключающееся в применении телевизионных установок промышленного типа, модернизированных с учетом требований лесопожарной службы [30].

Современная телеустановка «Балтика-5», разработанная с учётом технических требований института, имеет высокую надежность в эксплуатации. Камера имеет бесподстроечный режим во всем диапазоне рабочих освещенностей (от 100 до 30000 лк). В этих телеустановках применяется система цветного кодирования PAL, обеспечивающая высокое качество цветопередачи изображения местности. Дистанционное наведение камеры на объект наблюдения осуществляется в ручном и автоматическом режимах. В ней отсутствует отдельный блок индикации, поэтому информация об азимуте поворота камеры в горизонтальной плоскости (в градусах) непрерывно высвечивается на экране телевизионного приемника. Угол поворота камеры в горизонтальной плоскости —  $360^\circ$ , по вертикали —  $\pm 45^\circ$ . Установленный в камере светосильный объектив высокой разрешающей способности позволяет проводить дистанционное изменение масштаба изображений и его оптическую фокусировку, что особенно важно при обнаружении удаленных дымов лесных пожаров. ТВ-камера имеет пылебрызгозащитный кожух и не боится атмосферных осадков, а также резкой перемены температуры и влажности окружающего воздуха. В ней предусмотрен внутренний обогрев, и очистка защитного стекла. Кроме того, имеются защита от механических воздействий и грозозащита [31].

Направления дальнейшего развития системы видеонаблюдения — использование вышек и каналов передачи сигналов операторов сотовой связи на ГИС диспетчерского пункта, раз-

работка дальномера для точного определения полярных координат обнаруживаемых лесных пожаров, автоматизация процесса обнаружения лесных пожаров с помощью видеонаблюдения, использование инфракрасного диапазона для работы при низкой освещенности.

С целью обнаружения мест массовых загораний в лесу при грозах, сопровождаемых значительным количеством выпавших осадков, по тактико-техническим требованиям института в ГГО им. Воейкова был разработан грозопеленгатор-дальномер «Молния-1.1», предназначенный для определения координат, интенсивности и частоты грозовых разрядов «облако-земля» в радиусе до 300 км и представления результатов на персональном компьютере [32].

Для поиска скрытых очагов горения по всему периметру пожара, в соответствии с техническим заданием института, был разработан инфракрасный авиадетектор «Тайга» [33], который положил начало применению инфракрасной техники в охране лесов от пожаров.

Обнаружение пожаров на обслуживаемой авиацией территории лесного фонда осуществляется путём воздушного патрулирования лесов (авиапатрулирования). Оно заключается в регулярном выполнении полётов в пожароопасный сезон над охраняемой территорией лесного фонда по установленным маршрутам. Основные достоинства авиационного способа патрулирования: возможность осмотра сразу больших площадей и, при необходимости, проведение детальной разведки пожара. Кроме того, при патрулировании с командами парашютистов на борту к тушению обнаруженного лесного пожара приступают немедленно после высадки десанта.

Институтом выполнены ключевые работы по оптимизации кратности полётов и маршрутов при различных авиапатрульных схемах [9].

В связи со сравнительно высокой стоимостью лётного часа самолётов и вертолётов возрастает роль новых экономичных летательных аппаратов. К ним относятся пилотируемые мотопланеры, парапланы, автожиры и мотodelтапланы, дополнительно использующие энергию воздушных потоков, дирижабли и привязные аэростаты с гиростабилизированной платфор-

мой, дистанционно-пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА) [34]. Особо в последней группе следует отметить ДПЛА, оснащённые телекамерой, ИК-аппаратурой и системой спутниковой навигации (GPS) [35, 36].

Оперативный мониторинг больших территорий лесов стал возможен только с помощью искусственных спутников Земли. Спутниковая информация позволяет оценивать пожарную опасность в лесах, обнаруживать очаги пожаров и контролировать их динамику, определять площади, пройденные огнем, оценивать последствия пожаров. С помощью ГИС-технологий она становится мощным инструментом для информационного обеспечения управленческих решений в области охраны лесов от пожаров.

Региональные управления лесного хозяйства и территориальные базы авиационной охраны лесов впервые начали применять спутниковую информацию в своей практической деятельности с середины 70-х годов прошлого века, когда ЛенНИИЛХ разработал практические рекомендации по её использованию для решения целого ряда задач производственного характера [37]. По черно-белым мелкомасштабным изображениям, ежедневно получаемым с метеорологического спутника земли "Метеор", можно было следить за сходом снежного покрова и более обоснованно устанавливать сроки начала авиалесоохранных работ, определять скопления грозовой облачности, являющейся основной причиной массовых загораний в лесу, выявлять поля ресурсной облачности, перспективной для тушения крупных лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками, следить за динамикой развития и распространения крупных (100 га и более) лесных пожаров и т. д. Однако оперативной эту информацию назвать было нельзя из-за длительной (4-5 ч) многоступенчатой обработки получаемых фотоизображений и низкой разрешающей способности самих снимков. Крупный лесной пожар можно было обнаружить на космическом снимке только по его дымовому шлейфу в видимом или ближнем ИК диапазонах спектра.

По мере совершенствования спутниковых систем дистанционного зондирования Земли стала возрастать роль этого метода обнаруже-

ния лесных пожаров. Первая региональная система для обнаружения вероятных лесных пожаров на основе данных метеорологических спутников серии NOAA была разработана в СПбНИИЛХ в 1996 г. [38]. Она представляла собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для выявления на спутниковых снимках и географической привязки аномально нагретых точек (вероятных лесных пожаров), которые после фильтрации (отделения от известных стационарных объектов таких, как населённые пункты, предприятия, аэродромы, горящие свалки мусора и т. п.) наносились на электронные карты региональной ГИС (рис. 3).

В последние годы оперативность использования спутниковой информации и разрешающая способность аппаратуры дистанционного зондирования Земли резко возросли. Стало возможным получать снимки больших территорий с довольно высоким разрешением (для среднемасштабных снимков — 250 м, а для крупномасштабных — от нескольких метров до 40 см). Значительно увеличилось число действующих космических аппаратов, появились относительно недорогие и компактные станции приёма данных со спутников, существенно возросли возможности программных и аппаратных средств обработки и передачи космической информации.

С участием нашего института была разработана информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства «ИСДМ-Рослесхоз» [39], позволяющая проводить космический мониторинг лесных пожаров и пожарной опасности в лесах.

Тушение лесных пожаров является одной из наиболее трудоёмких и энергоёмких технологических операций в охране лесов от пожаров.

В основе технологий тушения лесных пожаров обычно лежат два метода подавления огня: прямой, когда производится тушение пламени на кромке пожара или непосредственно перед ней создаётся заградительная полоса, и косвенный (упреждающий), когда заградительная полоса создаётся на удалении от кромки горения [40].

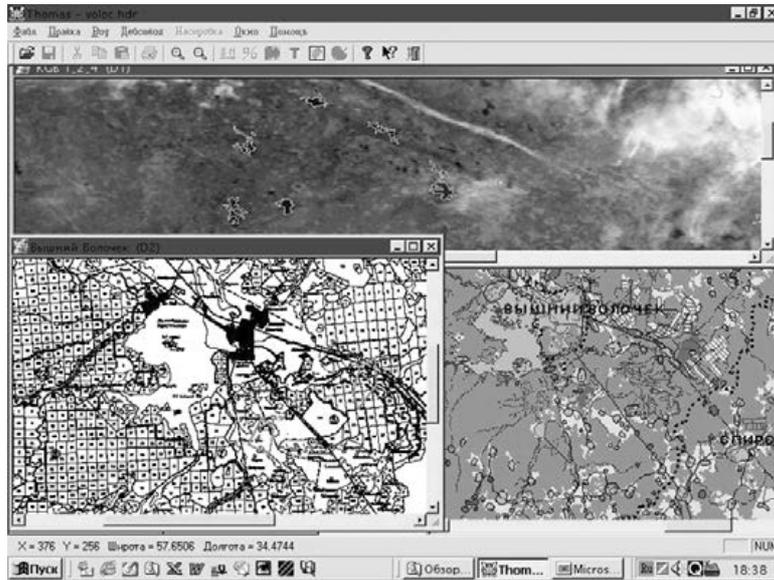


Рис. 3. Отображение лесных пожаров на космическом снимке, карте-схеме квартальной сети и на электронной географической карте

Для реализации этих методов применяют разные способы тушения:

- тушение водой, растворами огнетушащих составов и пеной;
- засыпка кромки пожара грунтом (изоляция грунтом лесных горючих материалов от зоны горения с помощью лопат, бульдозеров или грунтомётов);
- сбивание пламени кромки пожара (захлестывание вениками или сдувание пламени воздушной высокоскоростной струёй);
- прокладка заградительных и опорных полос с применением почвообрабатывающих орудий и механизмов или огнезадерживающих химических составов;
- отжиг горючих материалов перед фронтом пожара от опорных полос путём использования зажигательных аппаратов;
- введение растворов огнетушащих составов во внутренние слои подстилки или торфа;
- искусственное вызывание осадков;
- локализация пожара с помощью противопожарного экрана.

Каждому из этих способов соответствуют определённые технические и (или) химические средства борьбы с лесными пожарами.

Самым распространённым средством тушения любых пожаров остаётся вода. Эффек-

тивному использованию воды были посвящены многие разработки института [41].

В то же время известно, что основные проводники горения в лесах (мхи, лишайники, мёртвый опад, сухая трава, торф) имеют пористую структуру и плохо смачиваются водой из-за её сравнительно высокого поверхностного натяжения. Поэтому всё большее применение при борьбе с лесными пожарами находят водные растворы поверхностно активных веществ (смачивателей, пенообразователей), имеющие поверхностное натяжение примерно в 2,5 раза меньше, чем у воды, и хорошо проникающие в поры лесных горючих материалов за счёт капиллярного эффекта. При незначительной (0,2–0,8 %) концентрации раствора смачивателя в воде можно на короткое время (1–2 часа) создать «мокрую» полосу, являющуюся преградой на пути распространения низового пожара. При концентрации раствора пенообразователя (1–6 %) можно генерировать воздушно-механическую пену низкой или средней кратности, которая изолирует напочвенный покров от зоны горения, а при разложении смачивает не только напочвенный покров, но и подстилку [42]. Недостатком перечисленных химических составов на основе поверхностно активных веществ является кратковременность их действия.

В институте уже давно проводятся исследования по применению растворов химических веществ долговременного действия при борьбе с лесными пожарами. Важнейшие результаты в этом направлении получила группа сотрудников ЦНИИЛХ под руководством П.П. Серебренникова. Ими были выявлены высокие огнезащитные и огнегасящие свойства ортофосфорной кислоты и её аммонийных солей [1]. Растворы этих веществ с концентрацией 15–20 % по своей огнетушащей эффективности значительно превосходили воду и имели долговременное действие (до первого дождя).

В 50–60-е годы прошлого века работы по применению огнетушащих составов кратковременного и долговременного действия в институте продолжили Н.П. Курбатский и Н.Н. Красавина [43, 44]. Ими кроме свойств и характеристик огнегасящих веществ рассматривались также вопросы, относящиеся к приготовлению, хранению и доставке рабочих растворов на пожары, подаче химикатов на кромку горения с помощью различных машин и аппаратов, а также меры безопасности при тушении лесных пожаров с помощью химических веществ.

В 1981 г. ЛенНИИЛХ, совместно с НИОХИМ и Центральной авиабазой, приступил к разработке нового высокоэффективного огнетушащего состава долговременного действия ОС-5, на основе диаммонийфосфата кормового [45]. Лабораторные испытания показали, что в диапазоне концентраций 12,5–20 % потеря массы образцов лесных горючих материалов, обработанных раствором ОС-5, при нагревании снижается незначительно, поэтому в качестве оптимальной концентрации рабочего раствора была выбрана концентрация 13 % [46]. Разработка нового состава закончилась в 1985 г., а в 1986–1987 годах он успешно прошёл опытно-производственную проверку и с 1988 г. был внедрён в практику тушения на девяти территориальных базах авиационной охраны лесов СССР.

Для борьбы с лесными пожарами с воздуха институтом на основе ОС-5 были разработаны загущенные огнетушащие составы ОС-А1, ОС-А2, ОСКД, содержащие красители. Кроме того, на основе природного сырья и отходов производства минеральных удобрений созда-

ны более дешёвые составы ОС-К1 (на основе бентонитовой глины), ОС-К2 (на основе фосфогипса) и ОСБ-1 (на основе бишофита) [47, 48]. Помимо сравнительно низкой цены, разработанные продукты не оказывают отрицательного влияния на окружающую среду. Их общим недостатком является высокая огнезадерживающая концентрация в воде (13–15 %).

Оптимальным по соотношению цены и качества является пенообразователь Файрэкс, разработанный в 2003 г. СПбНИИЛХ совместно с ОАО «Ивхимпром» (г. Иваново). Он представляет собой водный раствор первичных натрий-алкилсульфатов с добавками поверхностно-активных веществ. Как показали лабораторные и полевые исследования, а также лётные испытания, Файрэкс, как и хорошо известный во всём мире пенообразователь Фос-Чек ВД-881 (разработанный в США и выпускаемый сейчас в Италии), является универсальным составом, то есть обладает одновременно высокими смачивающими и пенообразующими свойствами. По своим смачивающим свойствам Файрэкс даже превосходит Фос-Чек, но по пенообразованию несколько уступает. Самым важным преимуществом Файрэкса является то, что при очень близких с Фос-Чеком технических характеристиках, он имеет более низкую стоимость [10].

В настоящее время в институте регулярно проводятся лабораторные и полевые испытания новых огнетушащих химических составов других разработчиков с целью выявления наиболее эффективных из них по соотношению цены и качества [49].

Для обеспечения подачи огнетушащей жидкости в зону горения лесных пожаров многие НИОКР в институте были направлены на создание соответствующих аппаратов, машин и оборудования. Для тушения кромки лесных пожаров слабой и средней интенсивности разрабатывались ранцевые лесные огнетушители. Одной из наиболее распространённых марок является РЛО-М, разработанный СПбНИИЛХ и выпускаемый Великолукским заводом ООО «Лесхозмаш». Впервые ранцевый лесной огнетушитель (РЛО) был создан сотрудниками института Г.А. Мокеевым и А.В. Эйно в 1936 году

для технического вооружения парашютистов-пожарных лесной авиации. При тушении низовых пожаров он оказался наиболее эффективным, по сравнению с другими типами ранцевых опрыскивателей, вследствие чего стал применяться во всех лесхозах СССР [50]. Позднее латунные трубки гидропульта этого опрыскивателя были заменены на винипластовые, и появилась его новая марка — «РЛО-5». В последней модификации огнетушителя (РЛО-М) имеется съёмный пенный насадок на гидропульт, позволяющий прокладывать опорные полосы пеной различной кратности [21]. В классе автоматических огнетушителей, применение которых не требует больших мускульных усилий, в институте были разработаны конструкции пневматических ранцевых огнетушителей РООП, РООП-СП, РООП-М, РООП-3, РООП-4, ОРХ, ОЛУ-16, которые выбрасывают огнетушащую жидкость на кромку пожара за счёт энергии сжатого воздуха или пороховых газов [26]. Заправка сжатым воздухом производится от воздушного насоса, зарядного баллончика или от компрессора автомашины. Кроме того, на случай невозможности создания избыточного давления, эти огнетушители были снабжены гидропультом двойного действия. С.М. Вонским была разработана методика расчёта необходимой численности рабочих с ранцевыми огнетушителями для тушения лесных низовых пожаров [51].

Институтом, совместно с ЦНКБ (Москва), был разработан принципиально новый эжекционный аэрозольно-жидкостный огнетушитель с автоматической подачей огнетушащего агента. Он обеспечивает регулируемое в широких пределах эжектирование жидкости из мягкой ёмкости, мелкое её распыление и смешивание с твёрдым огнетушащим аэрозолем. За счёт мелкого распыла жидкости и высокой энергии струи дальностью 7-10 м обеспечивается высокая огнетушащая способность [52].

При наличии вблизи лесного пожара водисточника, очень эффективно для его тушения применение лесопожарных мотопомп. В подавляющем большинстве случаев мотопомпу к лесному водоему доставляют вручную, так как проходимость автомашин и даже лесопо-

жарных тракторных агрегатов по лесу обычно ограничена. При этом малый вес и портативность мотопомп приобретают особо важное значение. При расходе жидкости 1 л/с и более лесопожарные мотопомпы обеспечивают тушение кромки низового пожара средней и высокой интенсивности, а при тушении кромки слабого низового пожара они поддерживают режим малого расхода жидкости для экономичного использования привозной воды. Напор имеет большое значение при применении мотопомп в условиях пересечённой и холмистой местности, когда нужно подавать воду на высоту 100 м и более [53]. В институте были разработаны малогабаритные мотопомпы (МЛ-100, МЛВ-1/1.0), в том числе — высокого давления (МЛВ-1М, МЛВ-2/1.2), отличавшиеся друг от друга системой охлаждения двигателя, производительностью, напором, массой и габаритами [54, 55]. Мотопомпа МЛВ-1/1.0 имеет низкий вес (9,7 кг), поэтому пользовалась повышенным спросом у пожарных-десантников в зоне авиационной охраны лесов. Мотопомпа МЛВ-2/1.2 с двигателем водяного охлаждения обеспечивает длительную непрерывную работу на максимальных режимах. Эта техническая характеристика имеет большое значение при тушении заглубившихся почвенных и торфяных пожаров, где расход воды исчисляется десятками тысяч литров. Высоконапорная мотопомпа МЛВ-1М обеспечивает возможность эжекции в напорную линию смачивателей и пенообразователей, что существенно повышает её огнетушащие возможности [56]. Обычно лесные водоёмы не отличаются чистотой воды. Чтобы использовать верхний, наиболее чистый его горизонт была создана мотопомпа плавающего типа МЛП-0,2 [57]. На основе применения мотопомп были разработаны: генератор водно-воздушной смеси ГВС-1 для остановки низовых пожаров [58]; воздушно-пенное оборудование ОВП-10 для тушения лесных пожаров воздушно-механической пеной [10]; торфяные стволы СТ-1 и СТ-2 для тушения торфяных пожаров с мотопомпой МЛ-100, имеющей специальное устройство для добавки к нагнетаемой воде насыщенного раствора смачивателя [54]. Модернизированный торфяной ствол ТС-1М

отличается от СТ-1 тем, что в нём предусмотрено автоматическое эжектирование жидкого смачивателя при подаче в него воды. При этом имеется возможность использовать разные виды смачивателей и создавать растворы различной концентрации. Подача воды может осуществляться как от пожарной машины, так и от мотопомпы МЛВ-1М [59].

В 60-х годах прошлого столетия институт установил тесные деловые связи с Центральной базой авиационной охраны лесов и ведущими конструкторскими бюро авиационной промышленности (КБ Миля, Антонова, Камова, Ильюшина). Это стало мощным импульсом в разработке новых технических средств и технологий борьбы с лесными пожарами с воздуха. Институт разрабатывал технические требования к авиационному сливному оборудованию для борьбы с лесными пожарами и участвовал в проведении испытаний самолетов-танкеров Ан-2П, Ан-26П, Ан-32П, ИЛ-76П, а также вертолетов Ми-4, Ми-6, Ми-8, Ми-26 и Ка-26 [10, 34, 60].

В результате исследований, проведенных институтом, было установлено, что наибольшая эффективность применения огнезадерживающих растворов достигается при напорном сливе. Такой слив позволяет значительно уменьшить потери жидкости вследствие её дробления в набегающем потоке воздуха и при прохождении через кроны деревьев [61]. Напорный слив был реализован с помощью разработанного институтом, совместно с Федеральным центром двойных технологий «Союз», высоконапорного сливного оборудования ЛСВУ к вертолёту Ми-8Т (МТВ), которое успешно прошло лётные испытания. Была также продемонстрирована возможность получения пенной струи при работе ЛСВУ с установкой «Пурга», выпускаемой научно-производственным объединением «СОПОТ» [10, 62]. Для вертолётного оборудования со свободным сливом жидкости была разработана система дозированной подачи химических добавок в вертолётное водосливное устройство [10, 63], разработана технология оптимального применения вертолёт-танкера с такой системой [10].

С целью повышения точности сброса огнетушащей жидкости с самолётов-танкеров и вер-

толётов со сливным оборудованием институтом, совместно с НПК «Терма», было разработано инфракрасное прицельное устройство ИКПУ. Испытания показали, что оно позволяет с достаточно высокой точностью осуществлять автоматический сброс огнетушащей жидкости на очаги горения в низкоплотных и среднеплотных лесных насаждениях [64].

Одним из наиболее эффективных способов борьбы с крупными лесными пожарами и снижения пожарной опасности на лесных территориях является искусственное вызывание осадков. Сущность его заключается во введении в верхнюю переохлаждённую часть мощных кучевых облаков специальных кристаллизующих реагентов, стимулирующих процесс образования дождя. Первые опыты по искусственному вызыванию осадков с целью тушения лесных пожаров были проведены в 1966-1969 гг. ЛенНИИЛХ совместно с ГГО им. А.И. Воейкова [65]. Для воздействия на конвективные облака использовались йодистый свинец  $PbI_2$  и йодистое серебро  $AgI$ . Выпадение осадков из конвективных облаков мощностью 2-2,5 км наблюдалось через 8-12 минут после их обработки. Из 15 опытов, проведенных в Ленинградской области, положительные результаты были получены в 12. В дальнейшем, с участием Центральной базы авиационной охраны лесов, были разработаны технология применения, практические рекомендации [66] и инструкция по тушению лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками [67]. Эффективность способа существенно повысилась, когда для оценки ресурсной облачности в районе пожара стала применяться спутниковая информация.

Для пуска отжига от опорных полос, проведения контролируемых выжиганий и сжигания порубочных остатков институтом были разработаны переносной зажигательный аппарат ЗА-1М, действующий по принципу керосиновой паяльной лампы [68], и АЗ-4 фитильно-капельного типа, заправляемый бензино-масляной смесью [21].

Чтобы обеспечить сдувание пламени кромки беглого низового пожара воздушной высокоскоростной струёй в институте были разработаны технические требования к параметрам

воздуходувок, изготовлена на Вырицком ОМЗ и испытана воздуходувка ВЛ-95-16, по отдельным параметрам превосходившая существовавшие аналоги [69].

С целью механизации трудозатратных работ при тушении крупных лесных пожаров в институте разрабатывались специализированные лесопожарные агрегаты с комплектом навесных орудий (ВПЛ-149А, ТЛП-55). Кроме основного рабочего органа (плуга или бульдозерного отвала) они имеют также насосные установки, мотопомпы с набором рукавов, зажигательные аппараты, ранцевые огнетушители и ручной инструмент [47, 53].

В отдалённых и труднодоступных районах при борьбе с пожарами заградительные и опорные полосы прокладываются с помощью взрывчатых веществ (ВВ). Этот способ был предложен ЦНИИЛХ ещё в 1935 году [70]. Высокая эффективность и портативность ВВ позволяла парашютистам-пожарным брать их с собой на лёгкие самолёты ПО-2. Позже, для прокладки заградительных полос стали применяться шланговые заряды и шпуровой способ, а для создания опорных полос — шнуровые заряды [71, 34].

Шланговые заряды не обеспечивали необходимую ширину минерализованной заградительной полосы, и их применение приводило к перерасходу ВВ. Шпуровой способ позволял, в зависимости от почвенно-грунтовых условий, получать заградительную полосу шириной 4-6 м. Однако он не нашёл широкого применения из-за низкой производительности прокладки заградительных полос (0,7–1,3 м/мин). В связи с этим возникла идея механизации шпурового способа путём последовательной установки в грунт с вертолёта зарядов ВВ фугасного действия. Эта идея была реализована СПбНИИЛХ совместно ГосНИИИ (г. Москва). Было разработано специальное оборудование для вертолёта Ми-8МТ, состоящее из подвесных контейнеров на пилоне вертолёта, содержавших кассеты с минерализующими модулями фугасного действия калибром 42 мм и массой 0,8 кг. Модули проникают в почву на глубину 30-50 см с интервалом 1-2 м. Воронки выброса грунта, образовавшиеся в результате подрыва модулей, соединяясь, образуют минерализован-

ную полосу шириной до 6 м с канавой в центральной её части шириной 1-2 и глубиной до 0,7 м [72]. Однако этот способ не был доведён до практического использования в авиационной охране лесов. Основным его недостатком считается сравнительно высокая стоимость выстрела фугасным модулем и возникающие организационные трудности по обеспечению безопасности при хранении, перевозке и применении модулей в условиях системы авиационной охраны лесов.

Для более обоснованного выделения субвенции на выполнение работ по тушению лесных пожаров и установления начальной цены на выполнение заказов по этим видам работ был разработан проект соответствующих нормативов, а также технологические карты, которые утверждены приказом Рослесхоза от 17.02.2010 № 58.

На основе технико-экономического анализа применения современных отечественных и зарубежных технологий, машин и оборудования для тушения лесных пожаров составлены перечни технических средств и предложены лесопожарные технологические комплексы для различных лесорастительных зон России. Кроме того, разработан проект программы создания системы лесопожарных машин и оборудования с учётом потребности в такой технике и объёмов её применения, определены инновационные направления технического перевооружения охраны лесов от пожаров [29].

Исходя из опыта многолетних исследований, по заданию Рослесхоза учёными института было разработано научно-техническое обеспечение Федеральной целевой программы «Охрана лесов от пожаров на 1999-2005 гг.» и её проект [73].

Подавляющее большинство указанных выше результатов теоретических исследований и технических разработок получили развитие в практике охраны лесов от пожаров. Они реализованы во многих субъектах РФ, в авиационной охране лесов и в других организациях.

В настоящее время под руководством В.Г. Гусева проводится разработка новой технологии борьбы с низовыми лесными пожарами, основанной на применении многоцветных противопожарных экранов из негорючей кремнезёмной ткани. Предлагаемый способ

локализации низового пожара не требует использования воды, землеройной техники и опасного для применения в дневное время отжига. Он предельно экономичен и высокоэффективен [74].

Разработки института в области охраны лесов от пожаров всегда отличались новизной

и эффективностью. Они получили известность и признание за рубежом. Для ознакомления с ними в институт приезжали коллеги из США, Канады, Германии, Польши, Китая, Испании и др. стран. Наши сотрудники также неоднократно выезжали в зарубежные страны для обмена опытом по рассмотренным вопросам.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серебренников, П.П. Охрана лесов от пожаров / П.П. Серебренников, В.В. Матрёнинский. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1940. – 118 с.
2. Курбатский, Н.П. Методические указания для опытной разработки местных шкал пожарной опасности в лесах / Н.П. Курбатский. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1954. – 18 с.
3. Курбатский, Н.П. Лесные почвенные пожары и борьба с ними / Н.П. Курбатский, Н.Н. Красавина, В.А. Жданко. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1957. – 31 с.
4. Нестеров, В.Г. Горимость леса и методы ее определения / В.Г. Нестеров. – М.: Гослесбумиздат, 1949. – 76 с.
5. Нестеров, В.Г. Использование температуры точки росы при расчёте показателя горимости леса / В.Г. Нестеров, М.В. Гриценко, Т.А. Шабунина // Метеорология и гидрология. – 1968. – № 9. – С. 102-104.
6. Вонский, С.М. Определение природной пожарной опасности в лесу / С.М. Вонский [и др.]: Метод. рекомендации. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1975. – 38 с.
7. Вонский, С.М. Принципы разработки метеорологических показателей пожарной опасности в лесу / С.М. Вонский, В.А. Жданко. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1976. – 48 с.
8. Вонский, С.М. Составление и применение местных шкал пожарной опасности в лесу / С.М. Вонский [и др.]. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1975. – 58 с.
9. Коровин, Г.Н. Авиационная охрана лесов / Г.Н. Коровин, Н.А. Андреев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 223 с.
10. Гусев, В.Г. Физико-математические модели распространения пожаров и противопожарные барьеры в сосновых лесах / В.Г. Гусев. – СПб.: ФГУ «СПбНИИЛХ», 2005. 199 с.
11. Мелехов, И.С. Сезоны лесных пожаров и построение географической схемы лесопожарных поясов / И.С. Мелехов // Сб. науч. тр. / Архангельский лесотехнический институт. – Архангельск, 1946. – Вып. VIII. – С. 18–56.
12. Мокеев, Г.А. Пожароопасные пояса и время наиболее сильного развития лесных пожаров / Г.А. Мокеев // Лесное хозяйство. – 1961. – № 8. – С. 53–57.
13. Вонский, С.М. Интенсивность огня низовых лесных пожаров и её практическое значение / С.М. Вонский. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1957. – 52 с.
14. Амосов, Г.А. Некоторые особенности горения при лесных пожарах / Г.А. Амосов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1958. – 30 с.
15. Коровин, Г.Н. Методика расчёта некоторых параметров низовых лесных пожаров / Г.Н. Коровин // Сб. научно-исследовательских работ по лесному хозяйству. – Л.: Лесная пром-сть, 1969. – Вып XII. С. 244-262.
16. Гусев, В.Г. Оценки условий и параметров развития лесных пожаров / В.Г. Гусев [и др.]: Метод. рекомендации. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1985. – 99 с.
17. Экономико-математическое моделирование лесохозяйственных мероприятий: Сб. науч. тр. / под ред. Г.Н. Коровина. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. – 186 с.

18. Вонский, С.М. Механизированный способ очистки мест рубок и его лесопожарная оценка / С.М. Вонский // Сб. науч. тр. / Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – С. 87–107.
19. Вонский, С.М. Пути определения ущерба от лесных пожаров и вопросы организации устройства лесной территории / С.М. Вонский [и др.] // Сб. науч. тр. / Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – С. 184–194.
20. Вонский, С.М. Пожарная технологическая характеристика лесной площади / С.М. Вонский [и др.] // Метод. реком. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. – 38 с.
21. Арцыбашев, Е.С. Охрана от пожаров лесных культур засушливой зоны: практические рекомендации / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев, А.С. Манаенков. – СПб.: СПбНИИЛХ, 2003. – 55 с.
22. Чукичев, А.Н. Плуг лесной универсальный ПЛУ-0,4 / А.Н. Чукичев [и др.] // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 130–132.
23. Чукичев, А.Н. Методика и номограммы для определения основных параметров рабочего органа грунтомета ГТ-3 / А.Н. Чукичев // Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр. / Ленинградский НИИ лесного хозяйства. – Л., 1978. – С. 79–86.
24. Ниукканен, Г.Е. Лесопожарный фрезерный агрегат АЛФ-10 / Г.Е. Ниукканен, Г.Е. Фомин // Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр. / Ленинградский НИИ лесного хозяйства. – Л., 1989. – С. 128–133.
25. Сафроненко, И.В. Фрезерное орудие для борьбы с лесными пожарами / И.В. Сафроненко, Г.Е. Фомин, Е.С. Воронина // Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр. / Ленинградский НИИ лесного хозяйства. – Л., 1986. – С. 136–138.
26. Арцыбашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев. – М.: Лесная пром-сть, 1974. – 152 с.
27. Сперанский, В.М. Пожарная наблюдательная мачта МПН / В.М. Сперанский, В.А. Белов // Лесные пожары и борьба с ними: сб. науч. тр. / Ленинградский НИИ лесного хозяйства. – Л., 1978. – С. 87–92.
28. Белов, В.А. Пожарная наблюдательная мачта МПН-40 / В.А. Белов, Г.Е. Фомин, Ю.А. Быстров // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 83–86.
29. Разработка современных лесопожарных технологических комплексов, технических требований к машинам и оборудованию для борьбы с лесными пожарами на основе оценки потребностей охраны лесов от пожаров и с учётом лесорастительных зон: отчёт о НИР (заключит.): Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства; рук. Гусев В.Г.; исполн.: Гуцев Н.Д. [и др.]. - Ч. 2. – Система машин. – СПб., 2012. – 650 с. – Библиогр.: с. 222–226.
30. Арцыбашев, Е.С., Наземные средства и способы обнаружения лесных пожаров / Е.С. Арцыбашев, Б.Г. Штучков // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними: Сб. науч. тр. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – С. 119–133.
31. Арцыбашев, Е.С. Техническое и информационное обеспечение обнаружения лесных пожаров / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев // Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 2009. – Вып. 2 (19). – С. 117–129.
32. Белая, А.Ю. Гронопеленгатор-дальномер для обнаружения молниевых разрядов / А.Ю. Белая // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 23–27.
33. Орлов, О.К. Инфракрасный лесопожарный авиадетектор «Тайга» / О.К. Орлов, Е.С. Арцыбашев. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1970. – 16 с.
34. Гусев, В.Г. Технические средства тушения лесных пожаров / В.Г. Гусев, И.Ю. Корчунова // Жизнь и безопасность. – 1997. – № 3. – С. 186–192.
35. Арцыбашев, Е.С. Применение летательных аппаратов в лесном комплексе / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев // Лесные вести СЗФО. – 2010. – № 2 (3). – С. 56–62.

36. Арцыбашев, Е.С. Перспективные наземные и авиационные технологии для борьбы с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев // Инновации и технологии в лесном хозяйстве: Материалы II Международной научно-практической конференции, 06-07 февраля 2012 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». Ч. 1 / Рослесхоз, ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб.: СПбНИИЛХ, 2012. – С. 197–204.
37. Арцыбашев, Е.С. Применение спутниковой информации в охране лесов от пожаров / Е.С. Арцыбашев [и др.]: Практические рекомендации. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. – 28 с.
38. Арцыбашев, Е.С. Использование спутниковой информации для определения координат лесных пожаров / Арцыбашев Е.С. [и др.] // Борьба с лесными: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 15–22.
39. Котельников, Р.В. Применение информационной системы дистанционного мониторинга «ИСДМ-Рослесхоз» для определения пожарной опасности в лесах Российской Федерации / Р.В. Котельников [и др.]: Учебное пособие. – Пушкино: ФГУ «Авилесоохрана», 2007. – 140 с.
40. Сборник организационно-распорядительных документов по охране лесов от пожаров. – М.: ФСЛХ Росси, 1997. – 119 с.
41. Курбатский, Н.П. Тушение лесных пожаров водой / Н.П. Курбатский. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1958. – 56 с.
42. Гусев, В.Г. Способы и средства тушения лесных пожаров водой, водными растворами огнетушащих составов и пеной / В.Г. Гусев, В.Н. Степанов // Безопасность жизнедеятельности: Приложение «Лесные и торфяные пожары». – 2013. – № 12. – Вып. 2. – С. 10–18.
43. Курбатский, Н.П. Тушение лесных пожаров химическими веществами / Н.П. Курбатский, Н.Н. Красавина. – Л.: ЦНИИЛХ, 1954. – 22 с.
44. Красавина, Н.Н. Огнезащитные и огнегасящие свойства водных растворов неорганических веществ в борьбе с лесными пожарами / Н.Н. Красавина // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними: Сб. науч. тр. – М.: Лесная пром-сть, 1965. – С. 134–153.
45. Арцыбашев, Е.С. Применение огнетушащего состава ОС-5 для борьбы с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев [и др.]. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1989. – 22 с.
46. Арцыбашев, Е.С. Разработка огнетушащего состава на основе фосфорно-аммонийных солей / Е.С. Арцыбашев [и др.] // Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр. / Ленинградский НИИ лесного хозяйства. – Л., 1989. – С. 61–68.
47. Гусев, В.Г. Новые технические средства борьбы с лесными пожарами / В.Г. Гусев // Пожарное дело. – 1998. – № 8. – С. 41–45.
48. Арцыбашев, Е.С. Разработка огнетушащих составов на основе природного сырья и технологических отходов минеральных удобрений / Е.С. Арцыбашев [и др.] // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 60–68.
49. Гуцев, Н.Д. Результаты лабораторных исследований свойств новых огнетушащих составов / Н.Д. Гуцев [и др.] // Инновации и технологии в лесном хозяйстве – 2013: Материалы III Международной научно-практической конференции, 22-24 мая 2013 г., Санкт-Петербург, ФБУ «СПбНИИЛХ». Ч. 1 / Рослесхоз, ФБУ «СПбНИИЛХ». – СПб.: СПбНИИЛХ, 2013. – С. 163–170.
50. Ранцевый лесной опрыскиватель «РЛО»: Инструкция по применению, уходу и хранению. – Л.: ЦНИИЛХ, 1950. – 15 с.
51. Вонский, С.М. Методика расчёта численности рабочих, вооружённых ранцевой аппаратурой, для тушения лесных низовых пожаров / С.М. Вонский. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1971. – 26 с.
52. Гусев, В.Г. Лесной эжекционный аэрозольно-жидкостный огнетушитель / В.Г. Гусев, И.Ю. Корчунова // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 91–101.
53. Арцыбашев, Е.С. Наземные технические средства тушения лесных пожаров / Е.С. Арцыбашев, В.А. Белов, В.Г. Гусев // Тр. ФГУ «СПбНИИЛХ»: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 2009. – Вып. 1 (18). – С. 186–208.
54. Лорбербаум, В.Г. Технические указания по тушению лесных торфяных и подстилочно-гумусовых пожаров растворами поверхностно-активных веществ / В.Г. Лорбербаум, Н.В. Башун. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1965. – 15 с.

55. Белов, В.А. Применение лесопожарных мотопомп при борьбе с лесными пожарами: Методические рекомендации / В.А. Белов, В.В. Куличенко, В.И. Модин // Метод. рек. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1992. – 32 с.
56. Белов, В.А. Применение высоконапорной лесопожарной мотопомпы МЛВ-1 / В.А. Белов [и др.]: Метод. рек. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – 31 с.
57. Замысловский, В.Д. Применение мотопомпы МЛП-02 на тушении лесных пожаров / В.Д. Замысловский, В.И. Плутов // Механизация лесохозяйственных работ в таёжной зоне. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1981. – С. 4–9.
58. Белов, В.А. Применение генератора водно-аэрозольной смеси ГВС-1 при борьбе с лесными пожарами / В.А. Белов // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 115–121.
59. Арцыбашев, Е.С. Новые технологии и технические средства для борьбы с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев // Охрана лесов от пожаров в современных условиях: сб. науч. тр. – Хабаровск: Изд-во КПБ, 2002. – С. 127–131.
60. Пуздриченко, В.Д. Техничко-экономическая оценка эффективности применения воздушных судов при тушении лесных пожаров / В.Д. Пуздриченко [и др.]: Метод. рек. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1989. – 34 с.
61. Арцыбашев, Е.С. Аналитический расчёт параметров противопожарных заградительных полос, создаваемых с воздуха / Е.С. Арцыбашев, В.М. Горышин, В.Д. Пуздриченко // Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр. / Ленинградский НИИ лесного хозяйства. – Л., 1986. – С. 81–92.
62. Гусев, В.Г. Результаты испытаний высоконапорного вертолётного сливного оборудования для прокладки противопожарных полос / В.Г. Гусев, Н.Д. Гуцев, И.Ю. Корчунова // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 39–45.
63. Арцыбашев Е.С., Гусев В.Г., Иванов К.А., Кабацкий А.Я., Судаков А.Г. Патент на изобретение № 2314974 – Устройство дозированной подачи жидких добавок в вертолётное водосливное устройство. Патентообладатель: ФГУ «СПбНИИЛХ», Приоритет изобретения с 11.04.2005 г., Зарегистрировано в Государственном реестре 20.01.2008 г.
64. Арцыбашев, Е.С. Результаты испытаний ИК-прицела для самолётов-танкеров и вертолётов / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев, Н.Д. Гуцев // Борьба с лесными пожарами: сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 45.
65. Арцыбашев, Е.С. Тушение лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками из облаков / Е.С. Арцыбашев. – М.: Лесная пром-сть, 1973. – 88 с.
66. Арцыбашев, Е.С. Ресурсная облачность для тушения лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками / Е.С. Арцыбашев, Л.В. Столярчук: Практич. рек. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1974. – 31 с.
67. Арцыбашев, Е.С. Инструкция по тушению лесных пожаров искусственно вызываемыми осадками из облаков / Е.С. Арцыбашев [и др.]. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1974. – 30 с.
68. Ершов, Е.В. Инструктивные указания по техническому обслуживанию и эксплуатации зажигательного аппарата ЗА-1М / Е.В. Ершов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1962. – 10 с.
69. Коленов, Е.В. Воздуходувка лесопожарная ВЛ-95-16 / Е.В. Коленов // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 101–106.
70. Мокеев, Г.А. Применение взрывчатых материалов при борьбе с лесными пожарами / Г.А. Мокеев. – Л.: ЦНИИЛХ, 1955. – 7 с.
71. Арцыбашев, Е.С. Применение эластичных шнуровых зарядов для борьбы с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев [и др.] // Лесное хозяйство. – 1984. – № 9. – С. 64–65.
72. Арцыбашев, Е.С. Техника и технология прокладки противопожарных минерализованных полос с воздуха / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Гусев // Борьба с лесными пожарами: Сб. науч. тр. / Санкт-Петербургский НИИ лесного хозяйства. – СПб., 1998. – С. 28–39.
73. Федеральная целевая программа «Охрана лесов от пожаров на 1999–2005 гг.». – М.: Рослесхоз, 1999. – 64 с.
74. Гусев, В.Г. Новый способ тушения низовых пожаров / В.Г. Гусев, В.Н. Степанов // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. / Ин-т леса НАН Беларуси. – Вып. 73. – Гомель, 2013. – С. 481–488.