

На правах рукописи

Ерицов Андрей Маркелович

**Совершенствование технологий создания заградительных и
опорных полос при тушении лесных пожаров в
зонах лесоавиационных работ**

Специальность 06.03.03 - Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними

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

Екатеринбург - 2017

Работа выполнена в ФБУ «Санкт-Петербургский
научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

Научный руководитель	доктор сельскохозяйственных наук Гусев Виталий Георгиевич
Официальные оппоненты:	Подрезов Юрий Викторович – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям», главный научный сотрудник; Годовалов Геннадий Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», кафедра лесоводства, профессор+
Ведущая организация	Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

Защита диссертации состоится 27 сентября 2017 г. 12⁰⁰ час на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, ауд.401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (www.usfeu.ru).

Автореферат разослан «_9_» августа 2017 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
канд. с.-х. наук, доцент

А.Г. Магасумова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. На территории лесов России ежегодно регистрируются десятки тысяч лесных пожаров, охватывающих миллионы гектар покрытых лесом земель. Возрастает число вышедших из-под контроля крупных лесных пожаров, имеющих катастрофический характер. На их долю приходится свыше 70 % площади лесов, пройденных огнём.

Одной из основных проблем на пути повышения эффективности тушения лесных пожаров являются устаревшие технологии и материально-техническая база охраны лесов. Поэтому актуальность темы диссертации с одной стороны обусловлена ростом горимости лесов и, соответственно, расходов на их охрану, а с другой стороны – необходимостью повышения эффективности охраны и рентабельности использования выделяемых ассигнований путём совершенствования научно-методической основы и инноваций в сфере лесопожарных технологий.

Степень разработанности темы. Диссертационная работа является продолжением и развитием теоретических и экспериментальных исследований, проводимых в течение ряда лет ФБУ «Авиалесоохрана», ФБУ «СПбНИИЛХ», ОАО НПК «ПАНХ», ООО «АСТРА», НПО «СОПОТ». О степени разработанности темы можно судить по целому ряду отечественных и зарубежных работ. В частности, диссертант опирался на труды таких отечественных учёных, как Е. С. Арцыбашев, В. П. Асовский, Э. Н. Валендик, А. М. Гришин, В. Г. Гусев, С. И. Душа-Гудым, Э. В. Конев, Г. Н. Коровин, Н. П. Курбатский, П. М. Матвеев, М. А. Софронов, А. Г. Судаков, В. В. Фуряев, Э. П. Давыденко и других.

Наряду с отечественными работами автор использовал также некоторые труды зарубежных учёных, таких как F. A. Albini, M. E. Alexander, H. E. Anderson, J. G. Goldammer, B. D. Lawson, B. J. Stocks, C. E. Van Wagner, C. W. George, A. D. Blakely, G. M. Johnson и других.

Однако в трудах этих учёных усовершенствованные и новые перспективные технологии создания противопожарных заградительных и опорных полос, обеспечивающих эффективную остановку и локализацию лесных пожаров в зонах лесоавиационных работ, объектом отдельного исследования ещё не были. Многие вопросы, касающиеся исследования закономерностей остановки огня препятствиями в различных лесорастительных зонах лесоавиационных работ и представляющие интерес, как в практическом, так и в теоретическом плане, реально не изучены, что в итоге обусловило выбор и актуальность темы диссертации.

Цель работы и задачи исследования. Цель диссертационной работы заключается в совершенствовании существующих и создании новых технологий прокладки противопожарных заградительных и опорных полос в зонах лесоавиационных работ в зависимости от лесорастительных условий.

Достижение поставленной цели обусловлено решением следующих задач:

1. Проанализировать перспективные способы и средства создания противопожарных заградительных и опорных полос в зонах лесоавиационных работ;
2. Исследовать экспериментальными методами параметры противопожар-

ных заградительных полос, создаваемых с воздуха с применением новых и усовершенствованных технологий;

3. Провести натурные экспериментальные исследования огнезадерживающей способности противопожарных заградительных полос;

4. Научно обосновать эффективность применения новых и усовершенствованных технологий создания противопожарных заградительных и опорных полос в зонах лесоавиационных работ, по результатам проведённых экспериментальных и теоретических исследований;

5. Разработать рекомендации по ограничению распространения огня в зонах лесоавиационных работ и провести их апробацию.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Результаты лётных исследований и рекомендации по применению вертолётного сливного устройства ВСУ-5А с системой дозированной подачи жидких огнетушащих составов СДП-1;

2. Результаты лётных исследований и рекомендации по применению вертолётного водопеносливного устройства ВВСУ с УКТП «Пурга» и десантируемых наземных технических средств для прокладки противопожарных заградительных и опорных полос быстротвердеющей пеной;

3. Результаты натурных экспериментальных исследований и рекомендации по применению противопожарных огнезадерживающих экранов из кремнезёмной ткани для пуска отжига и локализации лесных пожаров;

4. Результаты натурных экспериментальных исследований и рекомендации по применению детонирующего шнура ДШН-80 для борьбы с лесными пожарами в зонах лесоавиационных работ.

Методы исследований

Для проведения исследований использовалась совокупность хорошо апробированных методов, основанных на фундаментальных законах природы. В частности, при решении теоретических и экспериментальных задач использовались физические и химические методы, а также методы, принятые в лесной пирологии и метеорологии. Отдельные методы выполнения экспериментальных работ разработаны автором диссертации. Перед проведением огневых опытов прогнозировались параметры экспериментальных лесных пожаров с помощью хорошо апробированных математических моделей, разработанных ФБУ «СПбНИИЛХ».

Научная новизна

В ходе проведения исследований получены новые научные результаты:

- а) теоретического характера:
 - разработана методика применения системы дозированной подачи жидких огнетушащих составов СДП-1 в комплексе с вертолётным сливным устройством ВСУ-5А;
 - обоснованы принципы применения новых огнестойких материалов, огнетушащих химических составов и взрывчатых веществ для оперативной борьбы с лесными пожарами;
 - разработана методика применения быстротвердеющей негорючей пены

для создания заградительных и опорных полос в лесах;

- обоснована эффективность противопожарного экрана при борьбе с низовыми лесными пожарами

б) прикладного характера:

- разработаны новые и усовершенствованы существующие авиационные и наземные технологии локализации лесных пожаров;

- разработаны научно обоснованные рекомендации по применению инновационных технологий для локализации лесных пожаров и защиты от огня населённых пунктов и объектов инфраструктуры, граничащих с лесами.

Практическая ценность

Практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что её результаты позволяют:

- использовать усовершенствованные и вновь разработанные технологии создания противопожарных опорных и заградительных полос в зонах лесоавиационных работ;

- повысить оперативность борьбы с лесными пожарами с помощью новых технических средств;

- повысить эффективность применения авиации на тушении лесных пожаров за счёт использования нового противопожарного оборудования и новых химических средств;

- организовать защиту от огня населённых пунктов и объектов инфраструктуры, граничащих с лесами.

Реализация и внедрение результатов исследований

Теоретические выводы автора использованы при подготовке лесопожарных специалистов в Авиационном учебном центре ФБУ «Авиалесоохрана», в Инструкции по применению водосливного устройства ВСУ-5А в комплексе с системой дозированной подачи жидких химических добавок СДП-1, Регламенте ФБУ «Авиалесоохрана» по применению взрывчатых материалов на тушении лесных пожаров.

Все рекомендации автора апробированы им совместно со специалистами по охране лесов от пожаров организаций по авиационной и наземной охране лесов: ВСУ 5-А с системой подачи смачивателей в Республике Марий Эл, Чукотском и Ханты-Мансийском автономном округах; ВВСУ УКТП «Пурга» с твердеющей пеной в Ханты-Мансийском автономном округе; Огнезащитный экран на территориях республик Марий Эл, Бурятия, а также в Ленинградской, Ульяновской областях и Краснодарском крае; технологии с применением взрывчатых материалов ДШН-80 на территории Ханты-Мансийского автономного округа- Югра, по результатам которых в настоящее время принято решение об их применении ФБУ «Авиалесоохрана» в удаленных районах Сибири и Дальнего Востока.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследований обусловлена всесторонним анализом исследуемых процессов, использованием апробированного научно-методического аппарата, большим количеством экспериментальных данных, полученных в ходе многолетних

исследований, апробацией результатов исследований.

Материалы диссертации докладывались и обсуждались на международных и всероссийских научно-практических конференциях, форумах, симпозиумах, секции охраны и защиты лесов научно-технического совета Рослесхоза, заседаниях экспертов Европейской Комиссии по лесным пожарам, заседаниях группы консультантов по лесным пожарам Европейской экономической комиссии ЕЭК / ФАО, совещаниях международной авиационной лесопожарной рабочей группы. В частности: на Международном семинаре «Природные пожары и безопасность населения: Управление пожарами в районах загрязненных радионуклидами» (6-8 октября 2009, Чернобыль); на Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития» (9-11 октября 2013, Гомель); на Международном Паназиатском совещании по природным пожарам «Региональное развитие управления лесными пожарами 2010-2013 (22-24 октября 2013, Сеул, Республика Корея); на 31 заседании экспертной группы Европейской Комиссии по лесным пожарам в объединенном исследовательском центре Евросоюза «Совершенствование охраны лесов от пожаров в России» (11-12 ноября 2013, Брюссель, Бельгия); на Международной конференции «Горючие материалы и поведение пожаров» (1-4 июля 2013, Санкт-Петербург); IV Всероссийском съезде по охране окружающей среды «Экологические аспекты устойчивого лесопользования» (2-4 декабря 2013, Крокус-Экспо, Москва); IV Международной научно – практической конференции «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» – ITF-2014 (27-28 мая 2014, Санкт-Петербург) на IV Международном полевом симпозиуме «Торфяники западной Сибири Цикл углерода: Прошлое и настоящее» (4-17 августа 2014, Новосибирск); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» XIX Международной выставки «Российский лес» (3-5 декабря 2014, Вологда); на Международных конференциях по применению авиации на тушении лесных пожаров (21-22 октября 2008, Афины, Греция; 19-20 февраля, 2009 Аннахейм, Калифорния, США; 5 ноября 2009 Рим, Италия; 10 марта 2010 Ванкувер, Канада; 25-29 августа 2011 Виктория, Австралия; 10-11 апреля 2013, Экс-ан-Прованс, Франция; 29-30 апреля 2015 г. Задар, Хорватия); VIII Международной научно-практической конференции «Современная биология: актуальные вопросы» (22-23 мая 2015, Санкт-Петербург); на Всемирном лесном конгрессе (7-11 сентября 2015, Дурбан, ЮАР); на VI Международной конференции ООН по природным пожарам (12-16 октября 2015, Пхенчхан, Южная Корея); V Международной научно-практической конференции «Инновации и технологии в лесном хозяйстве» (31 мая – 2 июня 2016 г., Санкт-Петербург); 3 Международной выставке-конференции «Применение авиации на тушении пожаров в Азиатско-Тихоокеанском регионе» (5-6 сентября 2016 года, Аделаида, Австралия).

Публикации

Основные результаты диссертационной работы изложены в 66 научных работах общим объемом 254 авторских листов. Из них 6 статей в научных изданиях,

включенных в Перечень ВАК Российской Федерации, 60 публикаций в других изданиях.

Структура и объём диссертации

Диссертация состоит из введения, основной части, представленной четырьмя главами, заключения, списка литературы из 175 наименований, в том числе 44 на иностранных языках. Работа изложена на 215 страницах машинописного текста, проиллюстрирована 66 рисунками и 26 таблицами.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Приведён краткий анализ горимости лесов Российской Федерации. Установлено существенное увеличение по главным критериям оценки горимости в лесах. Особенно тревожит резкий рост средней площади лесного пожара и соответственно доли крупных лесных пожаров в 2014, 2015 и 2016 годах, свидетельствующий о снижении уровня охраны лесов от пожаров в регионах Российской Федерации, то есть об ослаблении потенциала лесопожарных служб, уменьшении объёмов профилактических мероприятий и снижении оперативности борьбы с лесными пожарами. Таким образом, полностью подтверждается актуальность лесопожарной проблемы в нашей стране и необходимость её решения.

Отмечены новые принципы лесопожарной политики Российской Федерации и экологическая роль огня в лесах. В частности, уже сейчас предусмотрено прекращение (приостановка) работ по тушению лесных пожаров в зоне их контроля (при отсутствии угрозы населённым пунктам или объектам экономики).

Проанализированы основные лесоавиационные работы по тушению лесных пожаров. Рассмотрены все основные лесопожарные способы и средства тушения, применяемые в зонах лесоавиационных работ. Установлено, что несмотря на существование сравнительно большого количества способов и технических средств тушения, задача оперативной локализации лесных пожаров заградительными полосами на удалённых и труднодоступных лесных территориях технически обеспечена недостаточно.

Определены современные виды и пути совершенствования авиационного сливного оборудования и огнетушащих химических агентов, а также параметров создаваемых заградительных полос. Анализ различных способов и устройств слива огнетушащей жидкости с самолётов и вертолётов при борьбе с лесными пожарами показал, что наибольший эффект достигался в результате применения вертолётных сливных устройств. Качество противопожарных заградительных полос может быть улучшено как путём создания нового, более совершенного, сливного оборудования, так и за счёт улучшения огнезадерживающих и других свойств сливаемого химического агента.

2. ПРОГРАММА, РАМКИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для достижения поставленной цели диссертационной работы, требовалось решить ряд задач. Эти задачи, расположенные в определённой последовательности, представляют собой программу исследований. Исследования по теме диссертации были ограничены в основном широко представленными и наиболее пожароопасными сосновыми лесами. В частности, огневые эксперименты и апробации проводились в приспевающих, спелых и перестойных одновозрастных сосновых насаждениях Ленинградской области, в Ханты-Мансийском АО, Краснодарском крае, Чукотском АО, Республиках Марий Эл и Бурятия, Ульяновской области. Для реализации технологии создания заградительных и опорных полос и определения их огнезадерживающей эффективности НПО «СОПОТ» был осуществлён выпуск опытно-промышленных партий новых технических средств подачи растворов огнетушащих составов и огнестойкой быстротвердеющей пены. В частности, для прокладки пенных полос с воздуха применялось вертолётное водопеносливное устройство ВВСУ УКТП «Пурга». ООО «Технозкос» была изготовлена опытная партия вертолётных систем дозированной подачи жидких огнетушащих составов СДП-1 к водосливному устройству ВСУ-5А. ФБУ «СПбНИИЛХ» был представлен опытный образец огнезащитного экрана из кремнезёмной ткани. ОАО «Новосибирский механический завод-Искра» разработан детонирующий шнур высокой мощности ДШН-80.

Лётные исследования параметров противопожарных заградительных полос состояли из двух частей: 1) исследования, проводившиеся с помощью вертолёта Ми-8Т (Ми-8 МТВ) с водосливным устройством ВСУ-5А и системой дозированной подачи жидких огнетушащих составов СДП-1 (рисунок 1, а, б);



а) Слив раствора смачивателя



б) Слив раствора антипирена

Рисунок 1 – Водосливное устройство ВСУ 5-А на внешней подвеске вертолёта Ми-8МТВ с системой СДП-1 при сливе огнетушащей жидкости на КИП

2) исследования, выполнявшиеся с помощью вертолётного водопеносливного устройства ВВСУ УКТП «Пурга» на внешней подвеске (рисунок 2, а, б). Сливы быстротвердеющей пены на КИП выполнялись в диапазоне высот 30-40 м от земли до сопла ВВСУ и при скорости полёта вертолёта 40-60 км/ч.



а) Слив на вырубку



б) Слив на лесной массив

Рисунок 2 – Водопеносливное устройство ВВСУ УКТП «Пурга» на внешней подвеске вертолета Ми-8 МТВ при прокладке заградительной пенной полосы

Исследовательские полёты со сливом воды, растворов смачивателя или пенообразователя (в различных концентрациях), выполнялись с целью определения их необходимых дозировок на создаваемой с воздуха смоченной полосе при разных режимах полёта вертолёта в различных лесорастительных условиях. При этом для проведения наземных измерений оборудовался контрольно-измерительный полигон (КИП) длиной 100-500 м и шириной не менее 30 м. На нём через каждые 10-20 м размечались поперечные (относительно направления полета вертолета при сливе) учетные линии, на которых с шагом 1-5 м, в зависимости от режима полёта, устанавливались пробоотборники. После каждого контрольного слива раствора смачивателя или пенообразователя на КИП с помощью пробоотборников производились измерения объёма раствора на земле, приходящегося на единицу площади смоченной полосы. В качестве пробоотборников обычно использовались стандартные (ГОСТ 5717.1-2003) стеклянные банки ёмкостью 1 литр. Жидкость (пена), попавшая в пробоотборник, выливалась в мерную ёмкость, и определялся её объём. Затем, по известной площади сечения отверстия пробоотборника, определялась дозировка (поверхностная плотность) жидкости или пены на заградительной полосе. Для выявления влияния полога древостоя на дозировки огнетушащей жидкости или пены на земле, сливы производились как на вырубку, так и на полог древостоя в чистом сосняке (рисунок 2 а, б).

Экспериментальные исследования огнезадерживающей способности противопожарных заградительных полос основывались на огневых опытах. Методика их проведения включала выбор, описание и подготовку экспериментального участка, обеспечение безопасности проведения работ, определение запаса и влагосодержания лесного напочвенного покрова, измерение скорости и направления ветра в лесу, прогнозную оценку интенсивности процессов горения, измерение скорости продвижения кромки горения, определение недожога, прогнозной (с помощью модифицированной модели Ротермела) и фактической интенсивности процессов горения, а также фиксацию возможных переходов огня через заградительную полосу. Образцы напочвенного покрова на запас и влагосодержание брались не менее чем в пяти характерных для данного опытного участка точках, непосредственно перед проведением эксперимента. Кромка горения создавалась зажигательным аппаратом и распространялась по ветру. Фактическая средняя скорость

кромки горения определялась путём деления пройденного кромкой расстояния на измеренное время её продвижения. Высота пламени оценивалась визуально и проверялась после опыта по высоте нагара на стволах. В ходе эксперимента определялась скорость ветра на высоте 2 м под пологом древостоя, а после него определялся недожог напочвенного покрова путём взятия образцов.

По методике автора диссертации с целью оценки огнезадерживающей способности вертикально установленного экрана из кремнезёмной ткани, на него пускалась фронтальная кромка горения низового пожара. Натурный эксперимент начинался с установки противопожарного экрана, с учётом преобладающего направления ветра, по заранее намеченной линии вдоль границы опытного участка (рисунок 3, а, б, в). Как и в экспериментах с заградительными полосами, пуск кромки горения производился с наветренной стороны с помощью зажигающего аппарата. Чтобы при пуске кромки горения на экран огонь под ним не прошёл, вдоль нижней части экрана напочвенный покров обрабатывался с помощью ранцевых лесных огнетушителей заранее приготовленным раствором антипирена ОС-5 концентрацией 8-13%. Для оценки технологической эффективности противопожарного экрана определялась производительность работ по его ручной установке (средняя скорость установки двух секций экрана) в различных лесорастительных условиях. Она определялась как частное от деления длины установленного экрана (100 м) на время его установки, включающее время обработки растительного напочвенного покрова раствором антипирена или пуска от экрана отжига.



а) – размотка и закрепление противопожарного экрана; б) – опрыскивание напочвенного покрова под экраном; в) – пуск отжига от экрана

Рисунок 3 – Установка противопожарного экрана

Методика проведения экспериментов с применением детонирующего шнура высокой мощности (ДШН-80) тоже была разработана автором работы и включала: выбор, описание и подготовку лесного участка для проведения взрывных работ, обеспечение их безопасности, регистрацию погодных условий. Подбирались участки леса в разных лесорастительных условиях с различной мощностью лесной подстилки и захламленностью. Проводилась предварительная воздушная и наземная разведка района проведения взрывных работ; осуществлялась до-

ставка детонирующего шнура ДШН-80 в заводской упаковке и прокладка линии взрыва (рисунок 4, а, б).



а) Шнур ДШН-80 в упаковке



б) Прокладка шнуровой линии

Рисунок 4 – Детонирующий шнур и прокладка линии взрыва

На каждом подобранном участке проводились взрывы линий шнуровых зарядов (от 1 до 5 шнуров в линии) до достижения эффекта создания минерализованной полосы. Отрабатывались технологические операции по прокладке шнуровых линий с катушки и соединения их скотчем. С помощью секундомера проводился хронометраж общего времени создания опорной полосы с момента начала распаковки шнура, а также времени выполнения отдельных технологических операций (прокладки линии, отхода в укрытие, взрывания, контрольного осмотра минерализованной полосы после взрыва). С помощью рулетки измерялись ширина и высота (на стволах деревьев) разброса грунта, а также глубина выемки грунта на полученной минерализованной полосе.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ЗАГРАДИТЕЛЬНЫХ И ОПОРНЫХ ПОЛОС

При активном участии автора диссертации была разработана и изготовлена вертолетная система дозированной подачи жидких огнетушащих составов (СДП-1) в водосливное устройство ВСУ-5А (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Система дозированной подачи огнетушащих составов СДП-1 в комплекте с водосливным устройством ВСУ-5А

В ходе выполненных исследований были определены параметры противопожарных заградительных полос в различных лесорастительных условиях в зависимости от скорости полёта, высоты сливного отверстия ВСУ-5А над землёй, объёма сливаемой жидкости и полноты древостоя (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты сливов огнетушащей жидкости из водосливного устройства ВСУ-5А с системой СДП-1

Номер слива	Р	V, км/ч	Н, м	Т, с	Wo, л	Kw	qс, л/м ²	q=0,8 л/м ²		q=1,5 л/м ²	
								Lq, м	Pq, м	Lq, м	Pq, м
1	0,6	60	20	3,3	1 477	0,739	6,79	65	7,5	55	4,3
2	0,4	60	20	3,2	1 537	0,769	4,88	45	7,9	35	6,6
3	0,8	60	20	3,3	1 424	0,712	3,77	60	10,3	40	4,8
4	0,6	60	20	3,2	1 665	0,833	8,14	75	7,7	65	6,2
5	0,4	60	20	3,2	1 678	0,839	3,49	60	11,3	40	6,3
6	0,8	60	20	3,2	1 605	0,802	3,49	65	11,2	50	8,0
7	0,6	60	30	3,6	1 612	0,806	3,95	60	12,5	45	8,7
8	0,8	80	30	3,5	1 601	0,801	3,49	65	11,2	50	8,0
9	0,4	100	30	3,5	1 536	0,768	4,65	80	9,0	70	7,1
10	0,6	60	10	3,8	1 547	0,774	11,16	50	7,6	50	6,0
11	0,4	60	20	3,7	1 679	0,839	7,91	50	9,6	40	9,3
12	0,8	60	20	3,7	1 222	0,611	4,19	20	11,8	20	10,3
13	0,6	60	10	3,6	1 502	0,751	10,00	65	8,9	55	6,0
14	0,4	60	20	3,8	1 491	0,746	12,09	60	10,2	50	7,0
15	0,8	60	20	4,1	1 627	0,814	10,47	40	9,9	40	8,0
16	0,6	60	20	3,7	1 507	0,753	14,65	50	8,8	40	7,8
17	0,6	60	20	3,3	1 301	0,651	8,84	40	11,6	35	8,6
18	0,4	60	20	3,4	1 407	0,704	6,05	55	9,8	35	8,3
19	0,8	60	20	3,2	1 240	0,620	9,53	45	9,1	35	7,4
20	0,6	60	30	3,2	1 267	0,634	12,56	40	10,1	30	9,0
21	0,4	80	30	3,3	1 361	0,681	5,12	60	7,0	50	5,6
22	0,8	100	30	3,2	1 382	0,691	5,12	50	10,2	35	7,7
23	0,6	60	20	3,4	1 495	0,747	6,98	40	13,3	35	10,9
24	0,4	60	20	3,5	1 554	0,777	3,72	40	12,3	30	11,7
25	0,8	60	20	3,4	1 418	0,709	5,81	70	9,0	45	8,0
26	0,6	100	30	3,4	1 475	0,738	4,19	50	12,7	45	8,2
27	0,4	60	30	3,4	1 804	0,902	4,65	55	14,2	45	9,8
28	0,8	80	30	3,6	1 372	0,686	6,51	50	10,8	35	7,7
29	0,6	60	20	3,8	1 421	0,710	6,74	45	7,3	35	7,4
30	0,4	60	20	3,7	1 457	0,729	9,07	40	11,0	35	7,1
31	0,8	60	20	3,8	1 389	0,694	5,81	60	9,8	45	7,1
32	0,6	60	20	3,7	1 417	0,708	8,14	45	6,9	40	6,3

Примечание – Р – полнота древостоя; V – скорость вертолета при сливе жидкости, км/ч; Н – высота сопла ВСУ-5А над землей при сливе, м; Т – время слива жидкости, с; Wo – объем слитой жидкости, л; Kw – отношение объема жидкости в полосе к слитому объему жидкости; qс, – средняя дозировка жидкости на полосе по данным с пробоотборников, л/м²; q – заданная пороговая дозировка жидкости на полосе, л/м²; Lq, – эффективная длина смоченной полосы (длина смоченной полосы с заданной пороговой дозировкой q), м; Pq – эффективная ширина смоченной полосы (ширина смоченной полосы с заданной пороговой дозировкой q), м.

Анализ полученных результатов подтвердил, что дозировка жидкости на смоченной полосе в лесу тесно связана с режимом полета вертолета при сливе жидкости, а также с лесорастительными и метеорологическими условиями. При этом наряду со скоростью и высотой полёта вертолётна наибольшую роль играют полнота древостоя и скорость ветра. При увеличении концентрации раствора пенообразователя до 1% и более начиналось пенообразование, и огнезащитные свойства заградительной полосы ещё более возрастали.

По результатам экспериментов было получено многопараметрическое уравнение регрессии для коэффициента проникновения (K_w) в напочвенный покров слитой жидкости:

$$K_w = 0,97 - 0,147 P - 0,0005 V - 0,0024 H - 0,031 W,$$

где W - скорость ветра в зоне выполнения слива.

Полученное выражение имеет достаточно высокий коэффициент детерминации $R^2 = 0,454$, т.е. прямо учитывает около половины значимых влияний, и, несмотря на отмеченную ранее стохастическую природу осаднения и проникновения слитой жидкости под полог леса, может быть использовано для оценки влияния режимов слива на величину K_w и выбора необходимых технологических параметров. На рисунке 6 показаны расчетные по приведённой выше формуле зависимости степени проникновения (K_w) от полноты сосняков для разных технологических режимов полета при сливе жидкости (№ 1 - $V = 60$ км/ч, $H = 20$ м; № 2 - тоже при $H = 30$ м; № 3- при $H = 40$ м; № 4- $H = 50$ м).

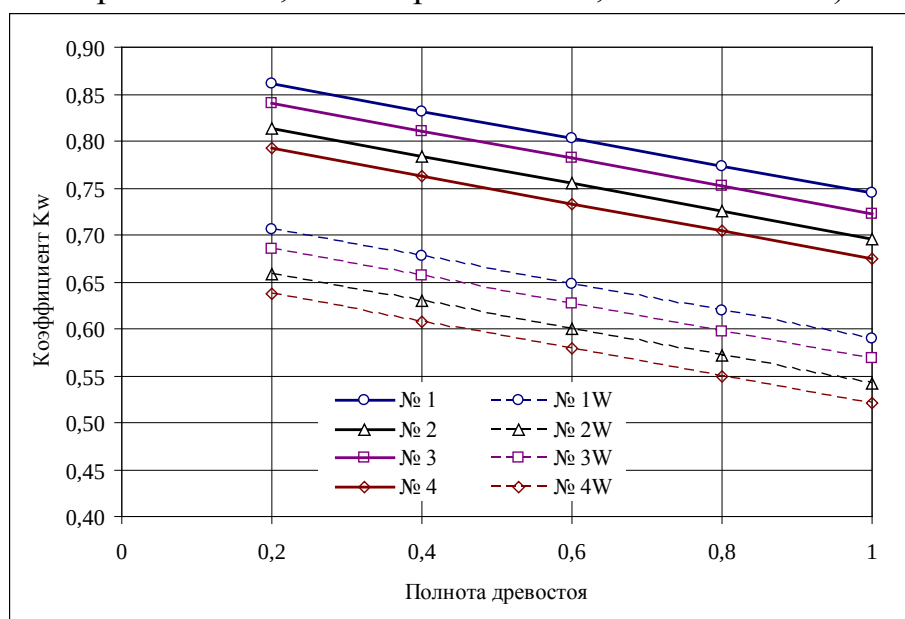


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента проникновения жидкости от полноты древостоя, режима слива и скорости ветра

Сплошными линиями показано проникновение жидкости под полог леса при безветрии, а штрихпунктирными – с учётом влияния ветра. Как видно из результатов исследований, для заданного режима полета (при сливе) с увеличением

полноты сосняков и скорости ветра происходит снижение относительного количества жидкости на смоченной полосе.

Существенным недостатком растворов смачивателя и воздушно-механической пены, применяемых при борьбе с лесными пожарами, является кратковременность их защитного действия при прокладке заградительных противопожарных полос. С целью устранения этого недостатка НПО «СОПОТ» и университетом ИТМО (г. Санкт-Петербург) была разработана новая рецептура быстротвердеющей огнезащитной пены

Она представляет собой водонаполненную специализированную двухкомпонентную композицию, предназначенную для тушения твёрдых горючих материалов. Композиция состоит из двух жидких компонентов: раствора пенообразователя и кремнезёмного отвердителя. Образование пены происходит при смешении компонентов между собой и с воздухом в пеногенераторе. Оба компонента состава являются водорастворимыми. Быстротвердеющая пена, образующаяся при их смешении, также постепенно растворяется в воде. Под руководством и при непосредственном участии автора были проведены лётные исследования возможностей водопеносливного оборудования ВВСУ с УКТП «Пурга», установленного на внешней подвеске вертолёта Ми-8МТВ, по созданию с воздуха заградительных полос из быстротвердеющей огнезащитной пены. В результате была доказана возможность создания за 1 слив с вертолёта огнестойкой заградительной полосы длиной до 500 м и шириной 7 м со средней дозировкой быстротвердеющей пены на полосе около 0,5 л/м². Указанная длина заградительной полосы в 7-9 раз превышает эффективную длину смоченного пятна, создаваемого при свободном сливе огнетушащей жидкости или воздушно-механической пены. Сливаемая химическая пена быстро твердеет на хвое и листьях, что предотвращает её разложение и стекание с обработанной поверхности. Особенно важно то, что она долго держится на кронах древостоя, защищая их от огня низового пожара, и препятствует распространению огня по пологу леса.

Результаты экспериментов с противопожарными огнезадерживающими экранами из кремнезёмной ткани (рисунок 7 а, б) позволили сделать вывод, что экраны позволяют эффективно локализовать низовые пожары, быстро пускать отжиг при борьбе с верховыми пожарами, предотвращать переход огня в насаждения с прилегающих к лесным массивам территорий и защищать от пожаров населенные пункты и объекты экономики. Экспериментально доказано, что экран многократно выдерживает воздействие пламени температурой от 700 до 1000 °С, а однократно 1500 °С.

Анализ результатов проведенных натурных исследований способа создания опорных и заградительных полос в лесах с помощью детонирующего шнура ДШН-80 показал, что он обладает достаточной мощностью взрыва для прокладки минерализованных полос шириной от 0,3 до 5 м по засыпке грунтом. На рисунке 8 (а, б) представлены результаты подрывов линий при прокладке опорной и заградительной полосы.



а) Сосняк травяной



б) Сосняк лишайниково-вересковый

Рисунок 7 – Использование противопожарного экрана в качестве заградительной полосы



а) Опорная полоса для пуска отжига



б) Заградительная полоса

Рисунок 8 – Минерализованные полосы, созданные взрывным способом

В ходе исследований установлено, что этот шнур ДШН-80 более эффективен, безопасен и технологичен по сравнению с применяемыми ранее шланговыми зарядами с патронами ПЖВ-20, АП-5ЖВ и ЭШ-1П. Он не дробится, не поддается влиянию сырости и агрессивных сред. Его можно доставлять как с вертолета, так и с самолета в специальных контейнерах. Линию подрыва можно делать практически любой длины, быстро соединяя концы шнуров скотчем, и при любом количестве шнуров в одной линии в зависимости от требуемой мощности взрыва, определяемой толщиной лесной подстилки и захламленностью лесного участка (рисунок 9).



Рисунок 9 – Прокладка линии подрыва тремя шнурами ДШН-80

В ходе проведения исследований отказов и неполной детонации шнура не зафиксировано. Средняя продолжительность прокладки линии подрыва шнурами ДШН-80 составила 15 м/мин.

Рекомендации по применению усовершенствованных технологий прокладки противопожарных заградительных и опорных полос в зонах лесоавиационных работ

На основе проведённых экспериментальных исследований автором разработаны рекомендации по применению вертолётного сливного устройства ВСУ-5А с системой СДП-1 для прокладки противопожарных заградительных полос растворами огнетушащих составов и пеной. В частности, суммируя расход времени работы двигателей вертолёт на выполнение технологических операций и задаваясь расстояниями аэродром-пожар и пожар-водоём, количество сливов огнетушащего раствора n при полной заправке вертолёт топливом можно найти из уравнения:

$$n = [M - 3,875(2 R_{ав} + R_{вп}) - 89 / (9,042 R_{вп} + 51,5)],$$

где M – максимальная масса топлива за одну заправку, кг;

$R_{ав}$ – расстояние аэродром–водоём;

$R_{вп}$ – расстояние водоём–пожар;

[] – целая часть числа.

В диссертации в табличном виде представлено расчётное количество сливов огнетушащего раствора в зависимости от количества заправленного топлива, расстояний аэродром-водоём и водоём-пожар при использовании вертолёт Ми-8Т с ВСУ-5А и системой дозированной подачи химических добавок СДП-1.

По результатам экспериментов на основе ранее разработанной при участии автора математической модели напорного слива огнетушащей жидкости и воздушно-механической пены даны рекомендации по применению быстротвердеющей пены для прокладки противопожарных полос. В частности, при сливе быстротвердеющей пены из ВВСУ «Пурга» (далее ВВСУ) рекомендации позволяют летчику-наблюдателю по заданным параметрам прокладываемой заградительной полосы, техническим характеристикам ВВСУ, свойствам сливаемой жидкости (образующей пену), известным метеорологическим условиям и характеристикам леса определять оптимальный режим полёта вертолёт. В результате экспериментальных сливов определены необходимые дозировки огнезащитной быстротвердеющей пены на заградительной полосе в зависимости от лесорастительных условий (таблица 2).

Таблица 2 – Необходимые дозировки быстротвердеющей пены на заградительной полосе в зависимости от лесорастительных условий

Лесорастительные условия	Дозировка рабочего раствора, л/м ²
Хвойные насаждения полнотой 0,2-0,3 со слабо выраженным напочвенным покровом и подстилкой, толщиной 2-3 см	0,5-0,75
Хвойные насаждения полнотой 0,4-0,6 с умеренно развитым напочвенным покровом и подстилкой, толщиной 3-5 см	0,75-1,0
Высокополнотные хвойные насаждения с мощным слоем подстилки (10-15см), хвойные молодняки, захламлинные вырубki и другие участки с повышенной природной пожарной опасностью	1,0-1,25

На основе результатов проведённых испытаний и ранее выполненных исследований разработаны практические рекомендации по применению противопожарных огнезадерживающих экранов из кремнезёмной ткани для остановки лесных пожаров и пуска отжига. Они касаются выполнения необходимых технологических операций (намотка секций экрана, приготовление антипирена, доставка к месту пожара, установка на место и пуск встречного пала и др.). В процессе локализации низового пожара огнезащитным экраном необходимо учитывать, что минимальная выгоревшая площадь локализованного пожара достигается при применении тактики охвата очага горения с фронта. Охват производится двумя командами, движущимися в противоположных направлениях, до их встречи (рисунок 10).

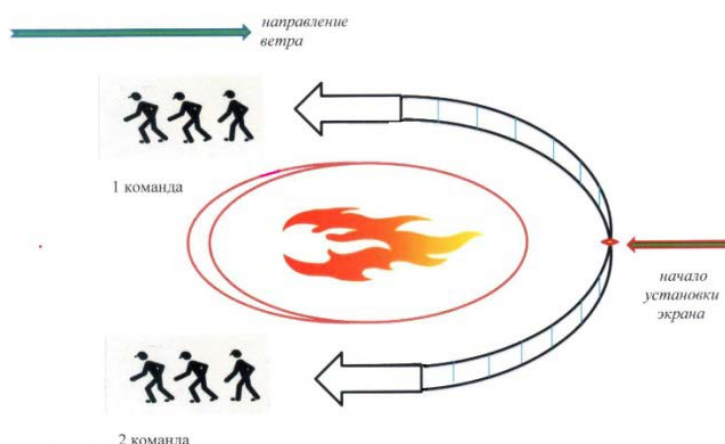


Рисунок 10 – Тактика локализации противопожарным экраном низового пожара

Безопасное расстояние от кромки горения для незащищённого человека в зависимости от длины пламени кромки представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Безопасные расстояния от кромки низового пожара

Средняя длина пламени кромки горения, м	Безопасное расстояние от кромки горения для лесных пожарных, м
0,5	5
1,5	12
2,5	20
15,0	70

В ходе экспериментальных исследований также было установлено, что производительность ручной установки огнезащитного экрана командой из двух человек на равнине составляет 9-10 м/мин, а в условиях пересеченной местности и горного рельефа – 7-8 м/мин. Кроме того, для применения противопожарного экрана практически нет ограничений по лесорастительным условиям.

Для совершенствования метода создания опорной или заградительной полосы путём применения взрывчатых веществ был предложен новый детонирующий шнур ДШН-80 высокой мощности и повышенной прочности. Проведённые взрывные эксперименты позволили разработать рекомендации по его применению для борьбы с лесными пожарами в зонах лесоавиационных работ. В частности, установлено, что на легких супесчаных и песчаных почвах достаточно прокладывать 1-2 линии шнура, а на более тяжелых почвах с мощной подстилкой и в условиях захламленности одновременный подрыв линии сразу 3-4 из детонирующих шнуров ДШН-80 позволяет получить заградительную полосу шириной до 5 м по засыпке грунтом и глубиной до 30 см. Таким образом, в зависимости от необходимой ширины минерализованной полосы могут применяться линии подрыва из 1-5 шнуров ДШН-80 (таблица 4).

Таблица 4 – Количество детонирующих шнуров ДШН-80 в линии подрыва в зависимости от типа леса и мощности лесной подстилки

Тип леса	Мощность лесной подстилки, см	Количество шнуров ДШН-80 в линии подрыва, шт.
Сосняк лишайниковый	< 5	1
Сосняк лишайниковый	< 10	2
Сосняк брусничный	< 15	3
Сосняк долгомошный	< 20	3
Сосняк сфагновый	< 25	4
Сосняк сфагновый	< 35	5

Для быстрой прокладки опорной полосы шнур ДШН-80 рекомендуется доставлять на вертолете и спускать в режиме висения вертолётa прямо на место предполагаемой опорной полосы. При этом на всех стадиях доставки и применения детонирующего шнура должна быть обеспечена радиосвязь между воздушным судном и работающими на земле, а в район проведения работ должен быть исключён доступ случайных людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе проведённых лётных исследований установлено, что вертолётное водосливное устройство ВСУ-5А в комплексе с системой дозированной подачи жидких химических добавок СДП-1 в целом обеспечивает реализацию технологии применения смачивателей и пенообразователей при проведении лесоавиационных работ по прокладке противопожарных заградительных полос. Дозировка жидкости на смоченной полосе в лесу тесно связана как с режимом полета вертолета при сливе жидкости, так и с внешними условиями. Наряду со скоростью и высотой полёта вертолётa наибольшую роль играют полнота древостоя, направ-

ление и скорость ветра. В частности, при заданной пороговой дозировке огнетушащей жидкости в смоченной зоне равной 1 л/м^2 , оптимальные параметры заградительной полосы достигались при скорости полёта вертолёта $60\text{--}80 \text{ км/ч}$ и минимально возможной (по требованиям безопасности) высоте полёта. Огнезадерживающая способность заградительных полос, покрытых слоем пены толщиной до 10 см , существенно выше в сравнении со смоченной раствором полосой. Огнезащитный эффект воздушно-механической пены еще более выражен при сбросе раствора пенообразователя на лес, так как в этом случае образующаяся пена покрывает кроны деревьев и препятствует выходу огня в полог древостоя.

2. Приведены результаты огневых опытов и экспериментальных исследований по прокладке противопожарных опорных и заградительных полос в лесах с помощью огнестойкой быстротвердеющей пены авиационными и наземными техническими средствами. В ходе исследований установлено, что заградительные полосы, созданные огнестойкой быстротвердеющей пеной, останавливают фронтальную кромку горения низового пожара, препятствуют переходу низового огня в верховой пожар и имеют ряд технологических преимуществ, таких как: экономия воды и пенообразователя за счёт более эффективного их использования; повышение дальности и высоты подачи сплошной струи пены; удобство работы с более лёгкими рукавами при подаче пены; высокая адгезия быстротвердеющей пены (прилипание к различно ориентированным в пространстве поверхностям, в частности к хвое, веточкам и растительному напочвенному покрову); высокая огнестойкость после затвердевания; долговременность действия (быстротвердеющая пена на протяжении всего засушливого периода пожароопасного сезона может служить препятствием для возникновения и распространения низового и верхового пожаров); растворимость в воде (постепенно смывается дождями). Контрольные сливы показали, имеется возможность за один слив с вертолётного водопеносливного устройства ВВСУ «Пурга» проложить в лесу огнестойкую заградительную полосу длиной до 500 м и шириной до 8 м со средней дозировкой быстротвердеющей пены на полосе около $0,5 \text{ л/м}^2$. Такая длина заградительной полосы в $7\text{--}9$ раз превышает эффективную длину смоченного пятна, образующегося при свободном сливе жидкости или воздушно-механической пены из водосливного устройства ВСУ-5А. На основе проведённых исследований предложена технология тушения лесных пожаров с помощью вертолёта Ми-8МТВ и двух водопеносливных устройств ВВСУ «Пурга» с созданием временного полевого заправочного пункта у ближайшего водоёма.

3. Исследована, испытана и апробирована новая технология применения огнезащитного противопожарного экрана из негорючей кремнезёмной ткани. Она показала высокую эффективность её использования для остановки низовых лесных пожаров на не сильно захламленных лесных участках, предотвращения перехода огня от сельскохозяйственных палов на земли лесного фонда и защиты населённых пунктов и других объектов инфраструктуры от природных пожаров. Негорючий экран может также служить опорной полосой для пуска от неё отжига. Средняя производительность работ при ручной установке огнезащитного экрана

на равнине составила 10 м/мин., а в условиях пересеченной местности и горного рельефа – 8 м/мин. В рамках технологии применения противопожарного экрана предложена оптимальная тактика его использования при локализации низового пожара.

4. Предложена современная технология быстрого создания противопожарных опорных и заградительных полос путём использования детонирующего шнура ДШН-80 с учётом возможности его десантирования с воздушного судна к месту лесного пожара. Анализ результатов проведенных натурных исследований показал, что этот шнур обладает достаточной мощностью взрыва для прокладки опорных и заградительных полос шириной от 0,3 до 5 м по засыпке грунтом. Детонирующий шнур ДШН-80 более эффективен, безопасен и технологичен по сравнению с применяемыми ранее шланговыми зарядами с патронами ПЖВ-20 и АП-5ЖВ и ЭШ-1П.

СПИСОК

основных работ, опубликованных автором по теме диссертации

а) работы в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации:

1. Ерицов, А.М. Совершенствование технологий создания заградительных и опорных полос при тушении лесных пожаров в зонах лесоавиационных работ / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – № 1(29). – С. 42-56.

2. Гусев, В.Г. Результаты экспериментальных исследований параметров противопожарных заградительных полос при свободном сливе огнетушащей жидкости с вертолета / В.Г. Гусев, А.М. Ерицов, Г.Н. Куприн, Д.С. Куприн, В.Н. Степанов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. – №2. – С. 60-74.

3. Ерицов, А.М. Катастрофические лесные пожары последних лет / А.М. Ерицов, С.Н. Волков, В.Д. Ломов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2016. – №5. – С. 106-110.

4. Ерицов, А.М. Результаты натурных исследований огнезадерживающих свойств противопожарных пенных полос долговременного действия и средств для их прокладки / В.Г. Гусев, Н.Д. Гуцев, Г.Н. Куприн, Д.С. Куприн, А.М. Ерицов, В.Н. Степанов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. – №3. – С. 50-63.

5. Ерицов, А.М. Авиалесоохрана – участник глобального мониторинга лесных пожаров / А.М. Ерицов, Й.Г. Гольдаммер // Лесное хозяйство. – 2001. – № 4. – С. 39-40.

6. Гусев, В.Г. Вертолетная система дозированной подачи пенообразователя в водосливное устройство ВСУ-5А / А.М. Ерицов, Э.П. Давыденко, В.Г. Гусев, Е.С. Арцыбашев // Лесное хозяйство. – 2005. – № 4. – С. 13-15.

б) статьи в других изданиях и публикациях конференций:

7. Kovalev, N.A. Wildfire management in Russian Federation / N.A. Kovalev, E.P. Davidenko, A.M. Eritsov // First International Central Asian Wildland. Fire Joint Conference and Consultation. – Ulaanbaatar, 2008. – P. 56. - URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/CentralAsia/ICAWFCC-2008-Programme-Abstracts.pdf> (дата обращения 15.06.2017).
8. Eritsov, A.M. Aerial Fire Management on Terrain Contaminated by Radioactivity / A.M. Eritsov, J. G. Goldammer // Wildfires and Human Security: Fire Management on Terrain Contaminated by Radioactivity, Unexploded Ordnance (UXO) and Land Mines. – Kyiv, 2009. – P.28-29. – URL: <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/SEEurope/GFMC-CoE-OSCE-Seminar-Ukraine-Brochure-Final-06-Oct-2009.pdf> (дата обращения 15.06.17).
9. Ерицов, А.М. Совершенствование информационных систем мониторинга лесных пожаров и авиационных технологий пожаротушения / А.М. Ерицов, В.П. Асовский // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – Вып. 73. – С. 502-511.
10. Ерицов А.М. Глобальные лесные пожары / А.М. Ерицов // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – Вып. 73. – С. 512–518.
11. Ерицов, А.М. Развитие авиационной охраны лесов от пожаров в России / А.М. Ерицов // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – С. 19–25.
12. Гусев, В.Г. Новые способы локализации низовых и торфяных лесных пожаров / В.Г. Гусев, Е.С. Арцыбашев, В.Н. Степанов, А.М. Ерицов // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: Материалы междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – С. 13–16.
13. Ерицов, А.М. Новые авиационные технологии создания заградительных полос при борьбе с лесными пожарами на примере Республики Марий Эл / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. ITF-2014: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. - Санкт-Петербург, 2014. – С. 44.
14. Ерицов, А.М. Новые способы тушения торфяных пожаров / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: Материалы 4 междунар. полевого симпозиума. – Новосибирск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2014. – С. 317-320.
15. Ерицов, А.М. Эффективность применения противопожарного экрана при борьбе с низовыми пожарами / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев, В.Н. Степанов // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2015. – Вып. 75. – С. 420-430.

16. Ерицов, А.М. Управление природными пожарами и авиационные технологии пожаротушения / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. – Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2015. – Вып. 75. – С. 552-562.
17. Ерицов, А.М. Результаты исследовательских испытаний и апробации новой технологии борьбы с низовыми пожарами / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев, В.Н. Степанов, Г.Е. Фомин // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства: Сб. науч. тр. – Санкт-Петербург, 2015. – Вып. 2. – С. 71-83.
18. Ерицов, А.М. Развитие авиационных технологий тушения пожаров в России / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев, Й.Г. Гольдаммер // Современная биология: актуальные вопросы: Материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург: Научный фонд «Биолог», 2015. – № 4(8). – С. 50-56.
19. Eritcov, A. Development of aerial firefighting technologies in Russia / Andrey Eritcov, Andrey Kalinin // The 6th International Wildland Fire Conference. – Pyeongchang, 2015. – P. 296–297.
20. Гусев, В.Г. Результаты исследования свойств противопожарных пенных полос долговременного действия / В.Г. Гусев, А.М. Ерицов, Г.Н. Куприн // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. ITF-2016: Материалы V междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 54. – Режим доступа: <http://spb-niilh.ru/itf2016/theses-itf-2016.pdf> (дата обращения 15.06.2017)
21. Ерицов, А.М. Совершенствование технологий создания противопожарных полос при борьбе с лесными пожарами в зонах лесоавиационных работ / А.М. Ерицов, В.Г. Гусев // Инновации и технологии в лесном хозяйстве. ITF-2016: Материалы V междунар. науч.-практ. конф. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 59. – Режим доступа: <http://spb-niilh.ru/itf2016/theses-itf-2016.pdf> (дата обращения 15.06.2017)
22. Ерицов, А.М. Развитие системы охраны лесов от пожаров в Республике Марий Эл / А.М. Ерицов, В.П. Асовский // Влияние аномальной погоды на природные, социально-экономические и искусственные системы: засуха 2010 года в Поволжье России: Материалы междунар. науч. конф. NASA и семинара GOFC-GOLD/NEESPI. – Йошкар-Ола: Поволжский гос. технолог. ун-т, 2012. – С. 57-64. URL: http://csfm.volgatech.net/files/publications/NASA_2012.pdf (дата обращения: 15.06.2017).