

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Математическое моделирование повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах

УДК 614.73:519.876:614.841.42:630

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1E41	Лайком Наталья Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В.А.	Доктор физико-математических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И. В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гуляев М. В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

по направлению 200301 «Техносферная безопасность»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-5, ОК-11, ОПК-2), Критерий 5 АИОР ¹ (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС (ОК-12, ОПК-1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОК-10, ОК-11, ОК-14, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-13, ОПК-4), Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-11, ОК-15, ОПК-1, ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ОК-15, ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12)

¹ Критерии АИОР (Ассоциации инженерного образования России) согласованы с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-16, ПК-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Е.В.Ларионова
01.04.2019 г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1E41	Лайком Наталье Сергеевне

Тема работы:

Математическое моделирование повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах
Утверждена приказом директора (дата, номер) №2182/с от 21.03.19г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2019 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	<i>Объектом исследования являются процесс повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах в лесах, подверженных радиоактивному загрязнению.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1. Изучение основных данных о лесных пожарах, в том числе в лесах, подверженных радиоактивному загрязнению 2. Разработка методики решения поставленной задачи 3. Получение распределений распространения радиоактивного загрязнения при лесных пожарах в зависимости от скорости ветра и уровня загрязнения.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Таблицы, рисунки, презентация на PowerPoint на 12 слайдах
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.э.н. Подопригора Игнат Валерьевич
Социальная ответственность	Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.04.2019 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В.А.	Доктор физико-математических наук		01.04.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E41	Лайком Наталья Сергеевна		01.04.2019 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа	
КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН	
Выполнения выпускной квалификационной работы	
Срок сдачи студентом выполняемой работы:	30.05.2019г.

Дата контроля	Название раздела модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
16.02.2019	Введение	10
20.02.2019	1. Обзор литературы	10
23.03.2019	2. Расчет распространения радионуклидов при горении радиоактивных лесов	10
02.04.2019	2.1. Физико-математическая постановка задачи	10
18.04.2019	2.2. Метод решения	10
15.05.2019	2.3. Анализ результатов	10
28.05.2019	3. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
28.05.2019	4. Раздел «Социальная ответственность»	10
23.05.2019	Заключение	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов Валерий Афанасьевич	Доктор физико- математических наук		01.04.2019 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасности	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ларионова Е.В.	к.х.н.		01.04.2019 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е41	Лайком Наталье Сергеевне

Институт	ИШНКБ	Отделение школы(НОЦ)	ОКД
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Описание рабочего места (аудитория 120 корпуса №8 ТПУ, оборудованная компьютерами) на предмет возникновения: - вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шум, микроклимат); - опасных проявлений факторов производственной среды (электрической и пожарной природы); - негативное воздействие на окружающую природную среду; - чрезвычайных ситуаций.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	• ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы». • ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». • ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». • санитарные правила СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)" • Приказ Минприроды России от 08.07.2014 N 313 (ред. от 16.02.2017) "Об утверждении Правил тушения лесных пожаров" • СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)"

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности	Вредные факторы: • Загазованность воздушной среды; • Радиоактивность среды; • Огнетушащие вещества; • Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; • Воздействие ионизирующего излучения; • Превышение уровней шума и вибрации;
1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности	Опасные факторы: • Пламя и искры; • Высокий уровень радиации;

	• Токсические продукты горения и термического разложения; • Радиоактивная пыль; • Повышенная температура окружающей среды; • Пониженная концентрация кислорода; • Механические опасности;
2. Экологическая безопасность	Последствия загрязнений от радиоактивных лесных пожаров
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Порядок действий в случае возникновения ЧС и мероприятия по предотвращению ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	• ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные факторы». • ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность». • ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». • Приказ Минприроды России от 08.07.2014 N 313 (ред. от 16.02.2017) "Об утверждении Правил тушения лесных пожаров" • СП 2.6.1.2612-10 "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)"
Перечень графического материала:	
<i>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019г.
---	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель	Гуляев М.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е41	Лайком Наталья Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
3-1E41	Лайком Наталье Сергеевне

Институт	ИШНКБ	Отделение школы(НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя - 36800 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Анализ конкурентных технических решений - SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - затраты на специальные оборудования; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Гантта
3. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Подопригора И.В.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E41	Лайком Наталья Сергеевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 9 рисунков, 23 таблицы, 25 источников.

Ключевые слова: радиоактивное заражение, программа Matlab, распространение радиоактивных веществ, математическое моделирование, лесные пожары, радионуклиды.

Объектом исследования является: процесс повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах.

Цель работы: разработка математической модели процесса повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах.

В процессе исследования проводились: моделирование лесного пожара в программе Matlab, построение графиков распространения радионуклидов при лесном пожаре, исследование влияния скорости ветра на распространение радиоактивных веществ в лесном пожаре.

В результате работы изучены данные о лесных пожарах, подверженных радиоактивному загрязнению. Была разработана математическая модель прогноза распространения повторного радиоактивного загрязнения в результате лесного пожара в лесах, подверженных радиоактивному загрязнению в результате аварийных ситуаций. Дана оценка влияния скорости ветра на распространение радиоактивных веществ в лесном пожаре. Показано, что ветер может оказывать влияние на распространение радионуклидов, что приводит к изменению дальности переноса, их распространения на расстоянии.

Область применения: экологические службы, МЧС; полученная в данной работе методика решения может быть использована на практике для определения повторного радиоактивного загрязнения, распространяющегося в процессе пожаров в лесах подверженных радиоактивному загрязнению.

Экономическая эффективность/значимость заключается в уменьшении масштабов и максимально возможном предотвращении распространения радионуклидов при минимальных финансовых затратах.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Радиоактивно загрязнённая местность (РЗМ) – территория непосредственно подверженная радиоактивному загрязнению.

ЛГМ – легкогорючие материалы соснового леса, ветки, мхи, сухая трава и т.п.

Лесной пожар – это стихийное, неуправляемое распространение огня в лесу.

Лесная пирология - наука о природе лесных пожаров и вызываемых ими многообразных изменениях в лесу; о методах профилактики лесных пожаров и способах борьбы с ними; о путях использования управляемого огня в лесном хозяйстве.

Загрязнение атмосферы Земли – принесение в атмосферный воздух новых, нехарактерных для него физических, химических и биологических веществ или изменение их естественной концентрации.

В данной работе применены следующие сокращения:

ЛГМ – лесные горючие материалы;

ИСДМ – Информационная система дистанционного мониторинга;

ВОЗ – Всемирная Организация Здравоохранения;

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	15
1. ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ	16
1.1 Классификация лесных пожаров и их характеристика.....	17
1.2 Причины и условия возникновения лесных пожаров.....	25
1.3 Классификация лесного горючего материала.....	28
1.4 Пожары на территориях, загрязненных радионуклидами.....	32
2. РАСЧЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ ГОРЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЛЕСОВ	34
2.1 Физико-математическая постановка задачи	34
2.2 Результаты решения задачи и их анализ	37
3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	42
3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	42
3.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	42
3.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	42
3.2 Производственная безопасность	43
3.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	43
3.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	44
3.3 Экологическая безопасность	50
3.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	50

3.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	52
3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	52
3.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	52
3.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	53
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	56
4.1 Предпроектный анализ	56
4.2 Анализ конкурентных технических решений	56
4.3 Планирование работ	58
4.4 Определение трудоемкости выполнения работ	59
4.5 Разработка графика проведения научного исследования	60
4.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	65
4.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	65
4.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы	66
4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	70
4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	70
4.6.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки	71
4.6.6 Контрагентные расходы	71
4.6.7 Накладные расходы	71

4.6.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	72
4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

ВВЕДЕНИЕ

Лесные пожары на загрязненных радионуклидами территориях серьезная международная проблема затрагивающая благополучие тысяч людей в нескольких странах. Последствия лесных пожаров могут ухудшить состояние окружающей среды обширных регионов.

При оценке опасности лесных пожаров в загрязненных радионуклидами лесах первостепенное значение приобретают факторы, ранее практически не учитывавшиеся в противопожарной охране лесов: твердые и газообразные продукты горения лесных горючих материалов (ЛГМ), их количество, удельная радиоактивность, объемы дымовых выбросов.

Объектом исследования являются процесс повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах.

Предметом исследования является математическая модель повторного радиоактивного загрязнения.

Цель работы – разработка математической модели процесса повторного радиоактивного загрязнения при лесных пожарах.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение основных данных о лесных пожарах, в том числе в лесах, подверженных радиоактивному загрязнению;
- разработка методики решения поставленной задачи;
- получение распределений распространения радиоактивного загрязнения при лесных пожарах.

1. ЛЕСНАЯ ПИРОЛОГИЯ. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ

Роль огня в лесу неоднозначна и весьма многообразна. Огонь оказывает мощное влияние на формирование ландшафтов, поскольку обуславливает процессы смены пород, влияет на возрастную структуру древостоев, изменяет состав и численность фауны, подавляет либо, напротив, стимулирует развитие разнообразных почвенных микроорганизмов[14]. С одной стороны, огонь, поражая древесину деревьев, снижает устойчивость леса к различным заболеваниям, с другой стороны – уничтожает насекомых-вредителей, грибковые источники инфекций. Пожары в лесу приводят к коренным изменениям лесных биогеоценозов. Причем в разных географических широтах, в разных по характеру лесах и при различных видах пожаров изменения эти могут существенно отличаться друг от друга. Влияние огня на равновесие в природе столь велико, что появилась новая дисциплина: «Лесная пирология»[12].

Лесная пирология – дисциплина, изучающая природу лесных пожаров и вызываемых ими изменения в лесу, разрабатывает методы борьбы с лесными пожарами и их отрицательными последствиями, определяет возможности и пути использования положительной роли огня в лесном хозяйстве.

Пожар в лесу – это неконтролируемое горение растительности, стихийно распространяющееся по лесной территории

Основными задачами лесной пирологии являются разработка методов и способов предотвращения, обнаружения, прекращение и устранение последствий лесных пожаров[15].

1.1 Классификация лесных пожаров и их характеристика

Лесной пожар – это неуправляемое горение, распространяющееся по лесной площади, окруженной не горящей территорией.

Данное определение следует понимать следующим образом: если два очага горения соединятся, то образовавшийся общий очаг горения считают одним пожаром, а в том случае, если пожар перебросит огонь через широкую пойму реки и там возникнет другой очаг горения, то его рассматривают как новый, самостоятельный пожар.

Терминология относительно различных элементов пожара, выработанная практикой работ при тушении пожаров, приведена на рис. 1. Единый подход к названиям отдельных элементов пожара обеспечивает взаимопонимание при организации его тушения.

Наиболее интенсивное горение при лесном пожаре происходит на его кромке, в то время как внутри площади, пройденной огнем, догорают отдельные пни, валежины, дуплистые деревья, муравьиные кучи и др[16].

Фронт пожара – часть кромки пожара, которая продвигается с высокой скоростью и горит наиболее интенсивно.

Тыл пожара – часть кромки пожара, противоположная фронту и распространяющаяся с наименьшей скоростью.

Фланги пожара – части кромки между тылом пожара и его фронтом. На равнине фронт пожара всегда движется по ветру, а тыл – против ветра. В горах фронтальной кромкой будет та, которая поднимается вверх по склону.



Рисунок 1 – Элементы лесного пожара

В зависимости от обстоятельств распространения, лесной пожар может иметь различную форму:

- округлую (наблюдается при равномерном распространении огня в безветренную погоду при однородных горючих материалах и относительно ровной местности);
- неравномерную (отмечается при переменном ветре, разнородных горючих материалах, сильно пересеченной местности);
- эллиптическую (наблюдается при устойчивом ветре, относительно ровной местности, однородности горючих материалов).

Форма пожара и его площадь определяют длину кромки лесного пожара. Классификация лесных пожаров построена по принципу воздействия огня на различные ярусы биогеоценоза[19].

Лесные пожары делят на группы:

- низовые;
- верховые;
- почвенные;

Низовой пожар

Низовой пожар характеризуется горением нижних ярусов растительности лесного биоценоза (Рис2). Распространение огня происходит по напочвенному покрову. Горит лесной опад, состоящий из мелких ветвей, коры, хвои, листьев, лесная подстилка, сухая трава и травянистая растительность, живой напочвенный покров из трав, мхов, мелкий подрост и кора в нижней части древесных стволов.



Рисунок 2 – Низовой пожар

По скорости распространения огня и характеру горения низовые пожары характеризуют как беглые и устойчивые. Беглый низовой пожар возникает чаще всего в весенний период, когда подсыхает лишь самый верхний слой мелких горючих материалов напочвенного покрова и прошлогодняя травянистая растительность. Скорость распространения огня достигает 180–300 м/ч (3–5 м/мин) и находится в прямой зависимости от скорости ветра в приземном слое. Лесная подстилка сгорает на 2–3 см вглубь. При этом участки с повышенной влажностью напочвенного покрова остаются нетронутыми огнем и площадь, пройденная беглым огнем, имеет пятнистую форму. Беглый огонь сравнительно мало повреждает древостой, поскольку не задерживается долго на одном месте. Поэтому термин «беглый» было бы правильнее понимать как поверхностный. При беглом пожаре уничтожается самосев леса, обгорает кора нижней части деревьев и выходящих на поверхность почвы корней, повреждаются подрост и подлесок. Такие пожары причиняют наименьший вред лесу, поскольку количество сгорающих горючих материалов невелико. Наблюдается мозаичность в распространении огня по площади, участки с повышенной влажностью напочвенного покрова не горят[17].

Устойчивый низовой пожар характеризуется полным сгоранием напочвенного покрова и лесной подстилки. Устойчивые низовые пожары развиваются в середине лета, когда подстилка просыхает по всей толщине залегания. На участках, пройденных устойчивым пожаром, полностью сгорает лесная подстилка, подрост и подлесок. Обгорают корни и кора деревьев, в результате этого насаждение получает настолько серьезные повреждения, что часть деревьев гибнет. Скорость распространения огня при устойчивом низовом пожаре от нескольких метров достигает 180 м/ч (1–3 м/мин). Минимальная скорость пламенного горения составляет 0,2 м/мин. По высоте пламени горения кромки низовые пожары характеризуются как слабые (высота пламени до 0,5 м), средние (высота пламени до 1,5 м) и сильные (высота пламени более 1,5 м).

Разновидностью устойчивого низового пожара является валежный пожар. В Восточной Сибири опасность возникновения валежных пожаров чрезвычайно высока, так как в лесах имеются огромные площади старых гарей, неочищенных лесосек и других захламленных территорий. Такие участки почти непроходимы для техники. Валежные пожары распространяются очень быстро и охватывают значительные территории. Вследствие высокой интенсивности горения уничтожается органический слой почвы. Борьба с валежными пожарами крайне затруднена. В условиях Восточной Сибири, где распространены зеленомошные леса, такие пожары возникают в засушливый летний период. Средняя скорость продвижения фронта пожара 1–3 м/мин, огонь дольше задерживается на одном месте и оказывает сильное локальное воздействие. Длительность горения объясняется не уменьшением скорости продвижения кромки пожара, а увеличением ее ширины, которая составляет около 1 м. При устойчивых пожарах лесная подстилка толщиной до 15 см и влажностью 7–20 % выгорает до минерального слоя и вместе с ней сгорает или повреждается поверхностная корневая система деревьев. Особенно сильно страдают ельники, а в сосняках и лиственничниках наблюдается отпад до 30 % по

запасу, в зависимости от возраста и типа леса. На таких участках создаются условия для последующих высокоинтенсивных пожаров. Деление низовых пожаров на беглые и устойчивые имеет большое практическое значение. Отличаются не только последствия этих видов пожаров, но различны и тактические приемы их тушения[13].

Верховой пожар

Верховой пожар отличается от низовых тем, что наряду с горением напочвенного покрова и лесной подстилки горят и кроны деревьев.



Рисунок 3 – Верховой пожар

Они возникают чаще в засушливую погоду и при ветрах средней и большой скорости, за исключением хвойных молодняков, в которых низовой пожар легко переходит в верховой из-за низко опущенных крон даже при слабом ветре. Причины возникновения и разрастания верховых пожаров: переход огня низовых пожаров на кроны хвойных древостоев с низко опущенными ветвями, в многоярусных древостоях с обильным подростом, молодняках, а также в горных лесах. Возникновению верховых пожаров в значительной степени способствуют засухи и сильные ветры[18].

Верховой пожар также подразделяют на беглый и устойчивый. При беглом или вершинном верховом пожаре огонь распространяется по кронам деревьев скачкообразно со скоростью 250–330 м/мин. Такие пожары наблюдаются при скорости ветра более 15 м/с. Во время скачка горят только кроны деревьев, горение длится 15–20 сек, но за это время пламя уходит вперед на расстояние до 100 м. После каждого скачка распространение огня по кронам прекращается до очередного подхода кромки низового пожара. Как только низовой пожар пройдет участок, на котором сгорели кроны, начинается подогрев крон на следующем участке и процесс повторяется. С физической точки зрения такое распространение верхового огня объясняется тем, что тепло от горящих крон, поднимаясь наклонно по ветру, лишь частично попадает на соседние кроны и его оказывается недостаточно для подогрева хвои и подготовки ее к воспламенению. Полог древостоя подогревается в основном за счет тепла от низового пожара, под действием ветра тепло подогревает кроны впереди на довольно значительном расстоянии. Затем происходит вспышка, и огонь быстро охватывает подогретые кроны. Средняя скорость продвижения фронта беглого верхового пожара до 40 м/мин. При беглом верховом пожаре огонь быстро распространяется по кронам деревьев в направлении ветра. 68 При устойчивом верховом пожаре ширина горящей кромки составляет 6–8 м. Такие пожары имеют еще одно название: повальные, так как они приводят к полной гибели растительности. При устойчивом (повальном) горении огонь распространяется по всему древостою: от подстилки до крон. Скорость верховых пожаров: устойчивого – 300–1500 м/ч (5–25 м/мин), беглого – 4500 м/ч и более (75 м/мин и более). Минимальная скорость распространения верхового огня составляет около 4500–4800 м/ч (75–80 м/мин). Верховым пожарам наиболее подвержены хвойные молодняки, заросли кедрового стланика и дуба кустарниковой формы (весной при наличии сухих прошлогодних листьев)[19].

Почвенный пожар

Почвенный пожар возникает и распространяется в результате «заглубления» огня низового пожара в подстилку и торфяной слой почвы.



Рисунок 4 – Почвенный пожар

Почвенные пожары дифференцируют на:

- подстильно-гумусный (горение распространяется на всю толщину лесной подстилки и гумусного слоя);
- подземный, или торфяной (горение распространяется по торфянистому горизонту почвы или торфяной залежи под слоем лесной почвы).

Торф – это продукт неполного разложения растительной массы в условиях избыточной влажности и недостаточной аэрации. Торф имеет самый высокий из всех твердых топлив показатель влагоемкости. Усредненный элементный состав торфа (С 52–56 % масс.; Н 5–6 % масс.; О 30–40 % масс.), высокая теплотворная способность (23 045 кДж/кг) и коэффициент теплопроводности (1,6–2,09 кДж/кг•°С) свидетельствуют о том, что он способен гореть и без доступа кислорода воздуха. При нагревании торф высушивается, затем происходит его пиролиз с образованием горючих газообразных компонентов и кокса. При торфяных

пожарах на больших массивах фронт горения очень неоднороден, оно происходит в основном очагами различного размера. Цвет очагов белый, поверхность горения со временем заглубляется под негорящую поверхность, т. е. происходит образование внутренних полостей в торфе. При торфяном пожаре сгорают корни, деревья вываливаются и падают вершинами к центру пожара. Пожарище в большинстве случаев имеет круглую или овальную форму. Скорость распространения огня незначительна – от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров в сутки. Торфяная залежь обычно имеет относительную влажность 92–95 %, что делает ее сравнительно безопасной в пожарном отношении. Торфяные пожары чаще случаются во второй половине лета, когда в результате длительной засухи верхний слой торфа просыхает до относительной влажности 25–100 %. Глубина прогорания торфяной залежи определяется уровнем залегания грунтовых вод. Горение обычно происходит в беспламенной фазе, т. е. в режиме «тления», как за счет кислорода, поступающего вместе с воздухом, так и за счет его выделения при термическом разложении торфа. Хотя скорость продвижения кромки торфяного пожара составляет всего несколько метров в сутки, они отличаются устойчивостью горения, которое при заглублении на 1,0– 1,5 м не могут ликвидировать даже обильные осадки. Процесс горения в нижней части происходит значительно интенсивней, чем сверху. Это можно объяснить тем, что свежий холодный воздух, как более тяжелый, поступает в нижнюю часть зоны горения, где реагирует с горящим торфом. Углекислый и угарный газы, а также продукты пиролиза торфа, находясь в верхней части зоны горения, препятствуют доступу к ней кислорода. Распространению горения на верхние слои почвы препятствует также повышенная влажность в задернелом корнеобитаемом слое почвы, хорошо удерживающем влагу от выпадения осадков и капиллярного подъема грунтовых вод. Заглубляясь в нижние слои торфа до минерального грунта или уровня грунтовых вод, горение может распространяться на десятки и сотни метров от входного отверстия, лишь местами выходя на

поверхность[19]. Торф с абсолютной влажностью 500% в 1 дм³ при плотности 0,1 кг/дм³ содержит 0,5 дм³ воды. На ее нагрев до 100°C расходуется 210 кДж, на испарение – 1131 кДж, на подогрев торфа до температуры воспламенения – 126 кДж. Теплота, выделяющаяся при сгорании 1 кг торфа, составляет 20 950 кДж/кг. При плотности, равной 0,1 кг/дм³ она составит 2095 кДж. Этого достаточно для поддержания процесса горения при влажности торфа 500%. Указанное явление объясняется низкими значениями коэффициента теплопроводности торфа в залежи, которое составляет 0,07–0,13 Вт/м²·град, и возрастает с увеличением степени разложения торфа. В очаге горения температура достигает 700 °С. Горение в верхнем слое может распространяться при влажности торфа 300–400 %. Несмотря на отсутствие пламенного горения, торфяные пожары очень опасны, поскольку поверхностный слой почвы часто остается несгоревшим, а под ним располагается горящая пещера («печка»), куда в случае неосторожного поведения может провалиться человек, техника и др. Силу пожара, определяют по наиболее интенсивно горящей части кромки. Она зависит от многих факторов: вида и состояния горючих материалов, условий погоды, времени суток и др., и потому при тушении пожара очень важно правильно учесть вероятные изменения силы пожара.

1.2 Причины и условия возникновения лесных пожаров

Возникновение пожара возможно лишь при сочетании определенных условий: 1) наличие горючих материалов; 2) погодные условия, способствующие возгоранию горючих материалов; 3) источник огня. Комплекс данных условий называется триадой возгорания. При отсутствии одного из условий пожар невозможен[13].

Причины возникновения лесных пожаров могут быть связаны или не связаны с антропогенным фактором, но обычно в 9 случаях из 10 пожар происходит по вине человека. Большинство пожаров возникает в густонаселенных промышленных районах при активном посещении лесов населением. Развитая сеть дорог, повышающая доступность лесов, усиливает

опасность возникновения очагов загораний. На расстоянии до 10-15 км от населенных пунктов возникает не менее 70% всех пожаров. Вместе с тем, наиболее крупные пожары характерны для удаленных малонаселенных районов, где зачастую не удается принять своевременных мер для борьбы с огнем. В таких лесах меньше вероятность возникновения пожаров по вине человека: в малонаселенных таежных районах до 30-50% возгораний связывают с грозовыми разрядами.

Главные антропогенные источники загорания:

- а) Костры (оставленные, плохо затушенные; искры от больших костров, вызывающие длительное тление подстилки вблизи костра и последующее возгорание).
- б) Брошенные не затушенные окурки и спички.
- в) Искры от работающих машин и механизмов (тепловозы, трактора и т.д.).
- г) Неумелое пользование огнем (сжигание порубочных остатков на вырубках, весеннее выжигание сухой травы, сжигание стерни и соломы на полях).
- д) Не дотушенные, плохо контролируемые пожары (особенно почвенные).
- е) Умышленные поджоги (преступные побуждения – отвлечение внимания лесной охраны от незаконных рубок леса, месть и т.п., хулиганство, баловство детей).

Среди антропогенных источников загорания первое место занимает разведение костров – 36%. Затем следует выжигание сухой травы (на сенокосах, пастбищах, полянах, в лесу) – 25%; выжигание стерни и соломы – 11%; неосторожное курение – 7%; шалость детей – 6%; сжигание в кучах соломы, порубочных остатков и проч. – 4%; выжигание травы вдоль железных и автомобильных дорог – 2%; неисправность технических средств (искрение) – 2%; умышленные поджоги – 1%; прочие причины – 5% [12].

Чаще всего пожары возникают во второй половине дня, когда воздух хорошо прогрет и его влажность минимальна. Около 70% лесных пожаров возникает между 12 и 17 часами по местному времени. Активное подсушивание лесной подстилки, сухой травы и мха делают их воспламенение наиболее вероятным именно в это время. В утренние и вечерние часы вероятность возникновения пожара в лесу заметно уменьшается. Ночью лесные пожары практически не возникают.

Пожароопасность в лесу возрастает по мере накопления отмирающего органического вещества (хвое-листовой опад, древесный опад – сучья, кора и т.п., отпад деревьев, увеличение толщины лесной подстилки, ее оторфованности), при атмосферной и почвенной засухе. Своевременная уборка захламленности, регулирование состава и структуры насаждений, специальные противопожарные и лесозащитные мероприятия снижают опасность возникновения и распространения пожаров.

При прочих равных условиях, чем меньше влажность лесных горючих материалов, тем слабее может быть источник огня, вызывающий загорание:

1. Влажность лесной подстилки 26-33% – загорание может вызвать только костер.
2. Влажность 19-25% – костер, горящая спичка.
3. Влажность 12-18% – то же и горячий пепел из трубки.
4. Влажность 7-11% – то же и тлеющий окурок.
5. Влажность 5-6% – то же и еще искры от двигателей внутреннего сгорания.

Поэтому запрещено посещение лесов людьми во время сильной засухи, когда любая искра может стать источником загорания.

Грозы обычно сочетаются с дождями, поэтому не всякий удар молнии в почву вызывает загорание. Редко, но бывают “сухие” грозы, пожары от которых возникают во время грозы или сразу после ее окончания. Обычно после удара молнии образуется тлеющий очаг в подстилке, который

развивается в пожар лишь после ее высыхания. Высыхание может длиться долго (до 10 дней), поэтому большая часть загораний, вызванных молниями, развивается в пожары спустя несколько дней после грозы. Вследствие этого большая часть пожаров, вызванных молниями, при учете относится к антропогенным или возникшим от неизвестных причин, т.е. количество пожаров от молний, по некоторым данным, занижается в 3-4 раза. Принято считать, что молнии вызывают в среднем около 10% пожаров, хотя на самом деле их доля составляет, вероятно, более 30%[15].

Влиять на молнии человек не может, поэтому наиболее действенные меры снижения горимости от гроз – выявление “грозобойных” участков территории, слежение за перемещением сухих гроз, организация целевого патрулирования.

Предпосылками к чрезвычайной лесопожарной ситуации являются: малоснежная зима, длительный бездождевой период (15-20 дней) с высокой (выше средней многолетней) среднесуточной температурой воздуха и малой относительной влажностью в начале пожароопасного сезона, когда степень пожарной опасности в лесу по условиям погоды характеризуется IV, V классами пожарной опасности, длительный период с IV, V классами пожарной опасности, атмосферная засуха в любое время пожароопасного сезона.

1.3 Классификация лесного горючего материала.

По роли ЛГМ в распространении горения они разделены на 3 категории:

- а) проводники горения;
- б) поддерживающие горение;
- в) задерживающие горение.

Проводник горения – это всегда непрерывный слой ЛГМ с запасом больше минимального. При низовых пожарах проводниками пламенного горения служат слои из мхов, лишайников, опада, травяной ветоши. При верховых пожарах проводниками горения являются хвоя и мелкие ветви в

пологе древостоя – при наличии горящих нижних ярусов и сильном ветре. Проводники беспламенного горения – лесная подстилка, перегнойные горизонты, торф[18].

К ЛГМ, поддерживающим горение, относятся: валежник, сухостой, кустарнички (багульник, вереск, брусника и др.), хвойный подрост и подлесок (можжевельник), пни, мертвые корни, сучья и вершинки деревьев, лежащие на земле.

Активно задерживают горение травы с высоким влагосодержанием, листва деревьев и кустарников. Низовые пожары не могут распространяться, когда запас зеленых трав превышает запас отмерших трав (в абсолютно сухом весе).

Классификация ЛГМ применима исключительно к условиям пожароопасного периода. При этом некоторые ЛГМ могут изменять свою функцию и категорию в зависимости от конкретных условий горения.

Кроме рассмотренных категорий, лесные горючие материалы разделены на 7 групп:

I – слои из мхов, лишайников и мелких растительных остатков (опада, травяной ветоши);

II – лесная подстилка, перегнойный и торфяной горизонты;

III – травы и кустарнички;

IV – крупные древесные остатки (валежник, сухостой, пни, сухие сучья, порубочные остатки);

V – подрост и подлесок;

VI – хвоя и листва растущих деревьев (вместе с мелкими веточками до 7 мм толщиной);

VII – стволы растущих деревьев и живые сучья толщиной более 7 мм[17].

Первая группа ЛГМ – это группа основных проводников горения, потому что их наличие и состояние (запас, влажность и т.п.) предопределяет возможность загорания и дальнейшего горения в лесу. Это непрерывный

слой на поверхности почвы, состоящий из гигроскопичных горючих материалов, по которому может самостоятельно распространяться пламенное горение. ЛГМ первой группы – главное горючее при низовых пожарах.

Вторая группа – проводники беспламенного горения, тления.

Роль трав и кустарничков (третья группа) в горении существенно различается. Живые травы отличаются высоким абсолютным влагосодержанием, которое обычно превышает 200%. Все виды вегетирующих трав тормозят распространение огня. После отмирания травы становятся основным проводником горения (первая группа). Среди кустарничков имеются высокорослые (вереск, багульник болотный), густые заросли которых чрезвычайно пожароопасны. Такие заросли вполне возможно относить к пятой группе ЛГМ, т.е. объединять с горючими кустарниками.

Четвертая группа ЛГМ представляет собой растительные остатки крупных размеров, совокупность которых называется захламленностью. Она может усиливать интенсивность горения при низовых пожарах. Так, в сосняках с захламленностью в 80 м³/га послепожарный отпад живых деревьев в 4 раза выше, чем при захламленности 20 м³/га. Охвоенные порубочные остатки на сплошных вырубках при равномерном распределении их по площади могут быть даже проводником горения. Следует отметить, что такой характер распределения порубочных остатков характерен, в частности, для сплошных вырубок в Финляндии, но лесные пожары там практически полностью отсутствуют даже в самые засушливые годы. В триаде возгорания отсутствует источник огня.

В пятой группе роль ЛГМ в развитии пожаров различна, потому что велико разнообразие древесных и кустарниковых пород, характер их распространения под пологом леса и сомкнутость. При высокой сомкнутости подрост и подлесок лиственных пород затеняют почву и замедляют высыхание основных проводников горения. Горючие виды подроста и

подлеска при сомкнутости более 0,3 могут усиливать низовые пожары; негорючие – наоборот, препятствуют его усилению.

Шестая группа ЛГМ – полог хвойного древостоя служит проводником горения при самых опасных верховых пожарах. Листва в пологе лиственных насаждений обычно не горит.

У ЛГМ седьмой группы при сильных пожарах обычно обгорает поверхность коры. Активно горят засмоленные участки на стволах (смоляные потеки, карры, засмоленные подсушины). Живые древесные стволы не горят, за исключением случаев, когда в стволе имеется дупло или трухлявая гниль.

Количество опада зависит от породного состава, возраста и густоты древостоя. Наименьшее количество опада – в хвойных насаждениях, несколько большее – в мелколиственных из березы и осины, максимальное – в широколиственных лесах из дуба, липы и других пород. Ежегодный опад в средневозрастном сосняке составляет 1,5-3, ельнике – 1,8-2,5, дубраве – 3,5-4,5 т/га абсолютно сухого вещества. Запас, мощность и сложение лесной подстилки зависят от типа леса, породного состава лесов, их возраста, сомкнутости полога, развития живого напочвенного покрова, водного режима почвы и других факторов. В спелых лиственных лесах масса подстилки редко достигает 3 т/га, в сухих типах хвойных лесов она составляет 3-6, в сырых – 100 т/га и более (табл. 1). Однако следует учитывать значительную вариабельность запасов в связи с географическим фактором. Так, в одном и том же типе леса сосняк-брусничник запас ЛГМ может составлять от 8 (Брянская область) до 40 т/га (Ленинградская область)[19].

Процесс высыхания лесной подстилки идет сверху послойно и заканчивается только в период продолжительной засухи, когда влажность подстилки достигает минимальных величин. Например, в типе леса сосняк-черничник она снижается до 6%. В этом случае подстилка выгорает

полностью. В годы средней пожарной опасности по погодным условиям сгорает лишь часть подстилки.

Запасы вегетирующей хвои варьируют в зависимости от породы дерева, типа леса, возраста и полноты древостоя. Максимальное количество хвои и тонких веточек характерно для молодняков и жердняков. Например, в культурах сосны высотой 2 м масса древесной зелени составляет 13,5 т/га в абсолютно сухом состоянии. В культурах высотой 10 м – 14 т/га, а высотой 18 м – лишь 10 т/га. У листопадных пород в конце вегетации запасы листвы не превышают 5 т/га в абсолютно сухом состоянии.

1.4 Пожары на территориях, загрязненных радионуклидами

В загрязненном радиоактивными веществами лесу постепенно увеличивается поступление радионуклидов в растения, в том числе и в древесину, из почвы через корни, и этот источник становится главным в загрязнении древесины. Основная масса радионуклидов сосредотачивается в лесной подстилке и верхнем слое почвы. Особенно хорошо радионуклиды адсорбируются глинистыми материалами и органогенным веществом почвы. В растения эти элементы поступают главным образом через корни.

Наиболее чувствительны к облучению хвойные породы, лиственные породы по-разному реагируют на воздействие проникающей радиации.

Источниками радиоактивного загрязнения природной среды на территории РФ выступают продукты испытаний ядерного оружия, плановые и аварийные выбросы радиоактивных веществ от предприятий атомной промышленности и т.д.

По данным Рослесхоза леса занимают около 30% загрязненной территории, а в отдельных субъектах Федерации - до 50%.

При радиоактивном загрязнении территории главную опасность несут долгоживущие радионуклиды (радио - излучать, испускать лучи; нуклиды - общее название атомов, различающихся числом нейтронов и протонов), в числе которых выделяют цезий - 137, стронций - 90, плутоний - 239 и др.

При радиоактивных выбросах лесные насаждения задерживают значительно больше радионуклидов, чем открытые пространства. Лесной пожар высвобождает находившиеся в связанном состоянии радионуклиды и сильно меняет их горизонтальную подвижность. Поэтому лесные пожары, даже если их интенсивность не велика, способствуют вторичному загрязнению прилегающих территорий[24].

2. РАСЧЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ ГОРЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ ЛЕСОВ

2.1 Физико-математическая постановка задачи

Рассмотрим лесной массив, подверженный радиоактивному загрязнению, в котором распространяется верховой лесной пожар. Под его воздействием в атмосферу выделяются продукты горения, содержащие радионуклиды. По мере распространения процесса горения под воздействием ветра радиоактивные частицы осаждаются на близлежащей территории. Представляет интерес определение уровня повторного (дополнительного) радиоактивного загрязнения в лесном массиве.

Предполагается, что: 1) течение является турбулентным; 2) известна скорость на верхней границе полога леса; 3) считается, что среда газодисперсная и состоит из конденсированных частиц, в том числе радиоактивных аэрозолей, а также газовой фазы, состоящей из кислорода, газообразных продуктов пиролиза и инертных компонентов. Очаг лесного пожара располагается в начале декартовой системы координат. Ось x_3 расположена перпендикулярна поверхности земли, x_1 (соответствует направлению ветра), x_2 - направлена вдоль земной поверхности (рисунок 5).

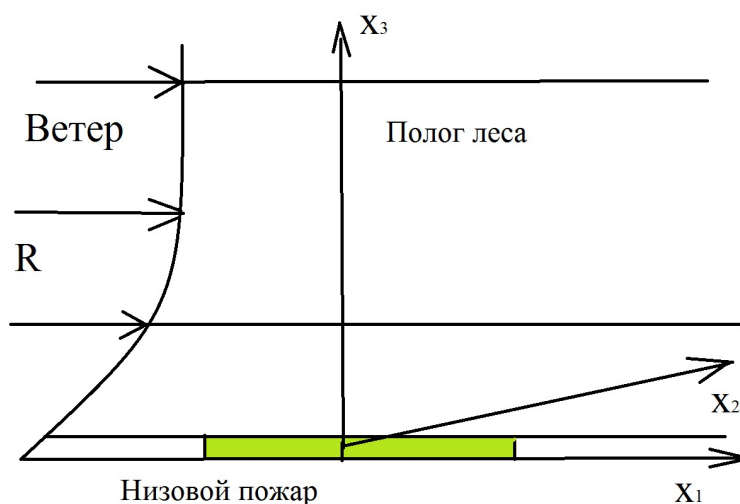


Рисунок 5 – Очаг лесного пожара.

Так как размеры верхового лесного пожара в направлении оси x_2 значительно больше ширины, то рассмотрим задачу в двумерной постановке

в системе координат $0x_1x_3$. Математически данная задача сводится к решению системы дифференциальных уравнений в частных производных, полученные на основе общей математической модели лесных пожаров, разработанной А.М. Гришиным [20]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho v_j) = Q, \quad j = 1, 3, \quad i = 1, 3; \quad (1)$$

$$\rho \frac{dv_i}{dt} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho \overline{v'_i v'_j}) - \rho s c_d v_i |\vec{v}| - \rho g_i - Q v_i; \quad (2)$$

$$\rho c_p \frac{dT}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho c_p \overline{v'_j T'}) + q_5 R_5 - \alpha_v (T - T_s) + k_g (c U_R - 4\sigma T^4) \quad (3)$$

$$\rho \frac{dc_\alpha}{dt} = \frac{\partial}{\partial x_j}(-\rho \overline{v'_j c'_\alpha}) + R_{5\alpha} - Q c_\alpha, \quad \alpha = 1, 3; \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{c}{3k} \frac{\partial U_R}{\partial x_j} \right) - k(c U_R - 4\sigma T_s^4) = 0; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^4 \rho_i c_{pi} \varphi_i \frac{\partial T_s}{\partial t} = q_3 R_3 - q_2 R_2 + k_s (c U_R - 4\sigma T_s^4) + \alpha_v (T - T_s); \quad (6)$$

$$\rho_1 \frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = -R_1, \quad \rho_2 \frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = -R_2, \quad \rho_3 \frac{\partial \varphi_3}{\partial t} = \alpha_c R_1 - \frac{M_c}{M_1} R_3, \quad \rho_4 \frac{\partial \varphi_4}{\partial t} = 0; \quad (7)$$

$$\sum_{\alpha=1}^4 c_\alpha = 1, \quad p_e = \rho R T \sum_{\alpha=1}^4 \frac{c_\alpha}{M_\alpha}, \quad \vec{v} = (v_1, v_3), \quad \vec{g} = (0, g). \quad (8)$$

$$Q = (1 - \alpha_c) R_1 + R_2 + \frac{M_c}{M_1} R_3, \quad (9)$$

$$R_{51} = -R_3 - \frac{M_1}{2M_2} R_5, \quad R_{52} = v(1 - \alpha_c) R_1 - R_5, \quad R_{54} = 0,$$

$$R_1 = k_1 \rho_1 \varphi_1 \exp\left(-\frac{E_1}{RT_s}\right), \quad R_2 = k_2 \rho_2 \varphi_2 T_s^{-0.5} \exp\left(-\frac{E_2}{RT_s}\right),$$

$$R_3 = k_3 \rho \varphi_3 s_\sigma c_1 \exp\left(-\frac{E_3}{RT_s}\right), \quad R_5 = k_5 M_2 \left(\frac{c_1 M}{M_1}\right)^{0.25} \frac{c_2 M}{M_2} T^{-2.25} \exp\left(-\frac{E_5}{RT}\right).$$

Данная система уравнений решается с учетом следующих начальных и граничных условий:

$$t = 0: v_1 = 0, v_3 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{\alpha e}; \quad (10)$$

$$x_1 = -x_{1e}: v_1 = V_e, v_3 = 0, T = T_e, c_\alpha = c_{\alpha e}; \quad (11)$$

$$x_1 = x_{1e}: \frac{\partial v_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial v_3}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0; \quad (12)$$

$$x_3 = 0: \frac{\partial v_1}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial v_3}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0; \quad (13)$$

$$x_3 = x_{3e} : \frac{\partial v_1}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial v_3}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial c_\alpha}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0; \quad (14)$$

Начальный очаг лесного пожара задается в следующем:

$$T = \begin{cases} T_e + (T_0 - T_e) \frac{t}{t_0} \exp\{-(x_1^2 + x_2^2)/\Delta^2\}, t < t_0 \\ T_e + (T_0 - T_e) \exp\{-(x_1^2 + x_2^2)/\Delta^2\}, t > t_0, \end{cases} \quad (15)$$

$$c_3 = \begin{cases} 0, T \neq T_\Gamma \\ c_{30}, T = T_\Gamma \end{cases}.$$

Здесь R_l - R_5 , $R_{5\alpha}$ - массовые скорости пиролиза ЛГМ, испарения влаги, горения конденсированных и летучих продуктов пиролиза, образования сажи и пепла и образования α - компонентов газодисперсной фазы; t_0 - время зажигания, c_{pi} , ρ_i , ϕ_i - удельные теплоемкости, истинные плотности и объемные доли i - ой фазы (1 - сухое органическое вещество, 2 - вода в жидко-капельном состоянии, 3 - конденсированные продукты пиролиза, 4 - минеральная часть, 5 - газовая фаза); T , T_s - температура газовой и конденсированной фаз; c_α - массовые концентрации ($\alpha=1$ - кислород, 2 - CO, 3 - твердые частицы, содержащие радиоактивное загрязнение, 4 - инертные компоненты газовой фазы); p - давление; U_R - плотность энергии излучения; σ - постоянная Стефана-Больцмана; k - коэффициент ослабления излучения; k_g , k_s - коэффициенты поглощения для газодисперсной и конденсированной фаз; α_V - коэффициент обмена фаз, q_i , E_i , k_i - тепловые эффекты, энергии активации и предэкспоненты реакций пиролиза, испарения, горения кокса и летучих продуктов пиролиза; s - удельная поверхность элемента лесных горючих материалов; M_α , M_c , M - молекулярные веса индивидуальных компонентов газовой фазы, углерода и воздушной смеси; s , c_d - удельная поверхность фитомассы и эмпирический коэффициент сопротивления полого леса; c - скорость света; v_i - проекции скорости на оси x_i ; V_e - скорость ветра над пологом леса; α_c , ν - коксовое число и массовая доля горючих газов в массе летучих продуктов пиролиза;

$\dot{m}$ -массовая скорость образования газодисперсной фазы; w_* - характерная скорость выдува из очага лесного пожара; α_4, α_6 - эмпирические константы; g - ускорение свободного падения. Индексы "0" и "e" относятся к значениям функций в очаге горения и на большом расстоянии от зоны пожара соответственно. Верхний индекс " ' " относится к пульсационной составляющей данной величины. Термодинамические, теплофизические и структурные характеристики соответствуют ЛГМ соснового леса [18] и численно равны: $E_1/R = 9400\text{K}$, $k_1 = 3.36 \cdot 10^4 \text{ c}^{-1}$, $q_1 = 0$, $E_2/R = 6000\text{K}$, $k_2 = 6 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$, $q_2 = 3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$, $E_3/R = 10^4 \text{ K}$, $k_3 = 10^3 \text{ c}^{-1}$, $q_3 = 1.2 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$, $E_5/R = 11500 \text{ K}$, $k_5 = 3 \cdot 10^{13}$, $q_5 = 10^7 \text{ Дж/кг}$, $c_{p1} = 2000$, $c_{p2} = 4180$, $c_{p3} = 900$, $c_{p4} = 1000$, $c_{p5} = 1000 \text{ Дж/(кг·K)}$, $s = 1000 \text{ м}^{-1}$, $sc_d = 0.1$, $\alpha c = 0.06$, $\rho_4 \varphi_4 = 0.08 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 0.7$, $\rho_1 = 500$, $\rho_2 = 1000$, $\rho_3 = 200$, $\rho_e = 1.2 \text{ кг/м}^3$, $c_{2e} = 0$, $\varphi_{3e} = 0$, $pe = 10 \text{ н/м}^2$, $Te = 300 \text{ K}$, $c_{1e} = 0.23$, $c_{30} = 0.09$, $\alpha_4 = 0.66$, $\alpha_6 = 10^{-4}$.

В уравнениях (4) для газовой фазы используется следующее обозначение ($\alpha = 1, 2$):

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + v_1 \frac{\partial}{\partial x_1} + v_3 \frac{\partial}{\partial x_3}$$

а для компонентов переноса радионуклидов ($\alpha = 3$):

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + v_1 \frac{\partial}{\partial x_1} + (v_3 - v_{3\alpha}^{(s)}) \frac{\partial}{\partial x_3},$$

здесь $v_{3\alpha} = 18g\mu / \rho_\alpha^{(s)} d_\alpha^2$ - уравнение Стокса для скорости оседания частиц, μ - молекулярная динамическая вязкость, g - ускорение свободного падения, $\rho_\alpha^{(s)}$ и d_α^2 - плотность и диаметр дисперсных частиц [23].

2.2 Результаты решения задачи и их анализ

В ходе численного решения поставленной задачи для получения дискретного аналога используется метод контрольных объемов [25]. Для этого расчетная область разбивается на контрольные объемы, по которым интегрируется вышепредставленное дифференциальное уравнение. Полученная система алгебраических уравнений решается численно, с помощью компьютерной программы.

В результате этого получаем распределение искомых функций (температуры, скорости, концентрации) в расчетной области в различные моменты времени, а так же зависимости уровней повторного радиоактивного загрязнения для различных скоростей ветра и других параметров.

В программе Matlab получаем наглядные графики распространения радионуклидов, посредством лесного пожара, на прилегающей территории.

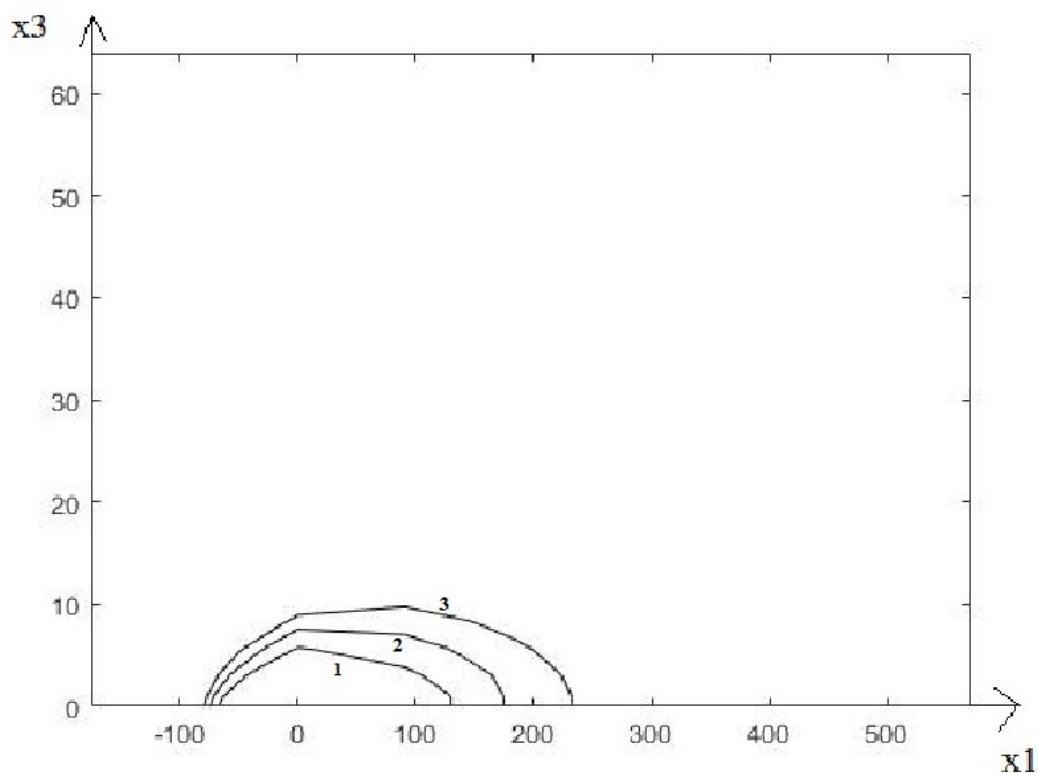


Рисунок 6 – График распространения радионуклидов, при скорости ветра $U = 5$ м/с:

1 – $C_3=0,1 \text{ кг/м}^3$; 2 – $C_3=0,05 \text{ кг/м}^3$; 3 – $C_3=0,02 \text{ кг/м}^3$;

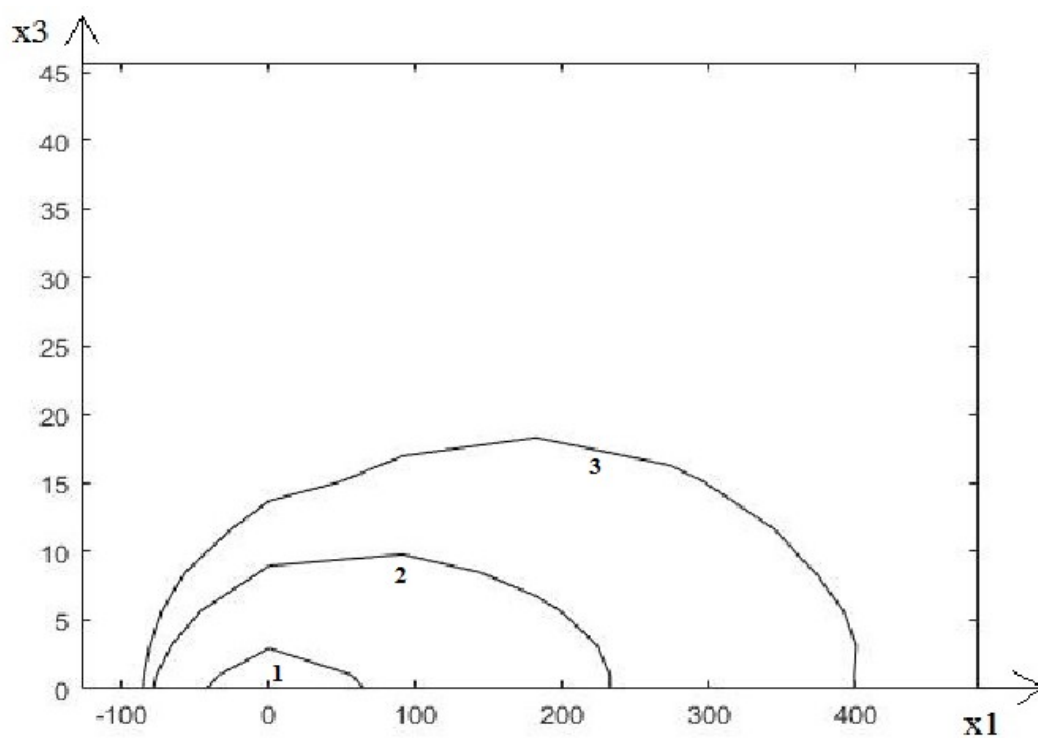


Рисунок 7 – График распространения радионуклидов, при скорости ветра $U = 7$ м/с:

1 – $C_3=0,1$ кг/м³; 2 – $C_3=0,05$ кг/м³; 3 – $C_3=0,02$ кг/м³;

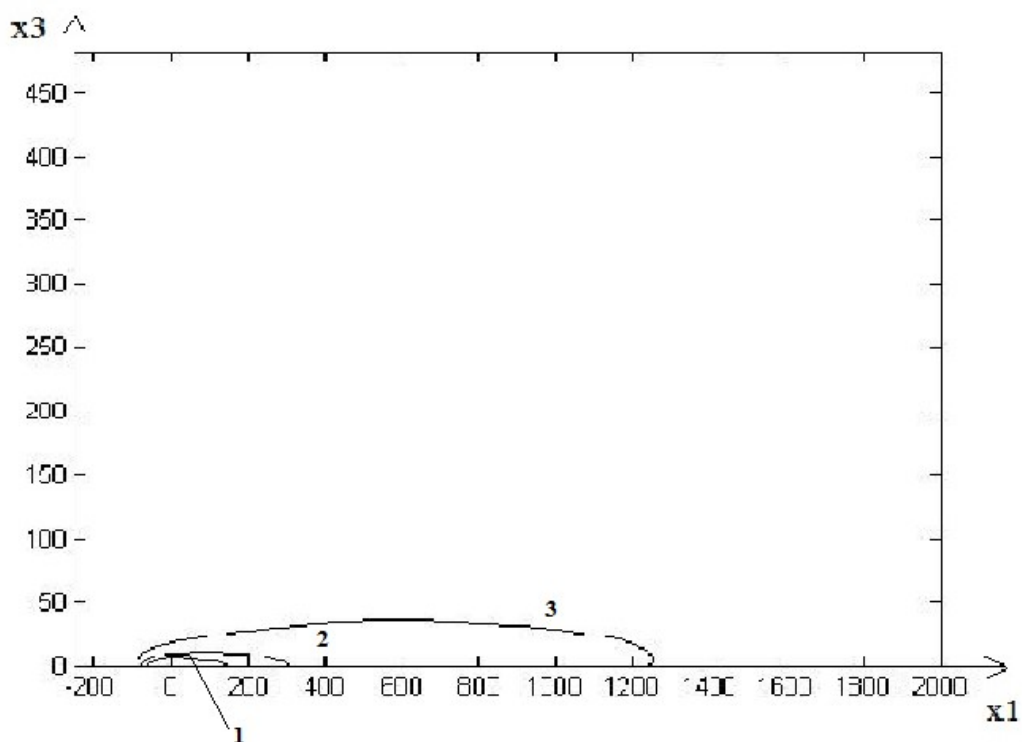


Рисунок 8 – График распространения радионуклидов, при скорости ветра $U = 10$

м/с: 1 – $C_3=0,1$ кг/м³; 2 – $C_3=0,05$ кг/м³; 3 – $C_3=0,02$ кг/м³;

Модели распространения радиоактивных веществ будут меняться вследствие изменения скорости ветра над пологом леса, что видно по графикам. По истечении определённого времени, происходит осаждение радионуклидов на территории. Программой производится расчёт концентраций радионуклидов в определённых точках на территории. Дискретный аналог для системы уравнений (1-9) получен с помощью метода контрольного объема. Получены поля массовых концентраций (компонент газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы).

Графики распределения радиоактивного загрязнения будут меняться при изменении скорости ветра. Распределение радионуклидов на исследуемой территории происходит в течение определенного времени. Рассчитывается уровень радиоактивного загрязнения в зависимости от расстояния места пожара.

На рисунках 9 и 10 представлено распределение уровня радиоактивного загрязнения в зависимости от расстояния от очага лесного пожара. При увеличении скорости ветра до 5 м/с увеличиваются размеры зоны радиоактивного загрязнения.

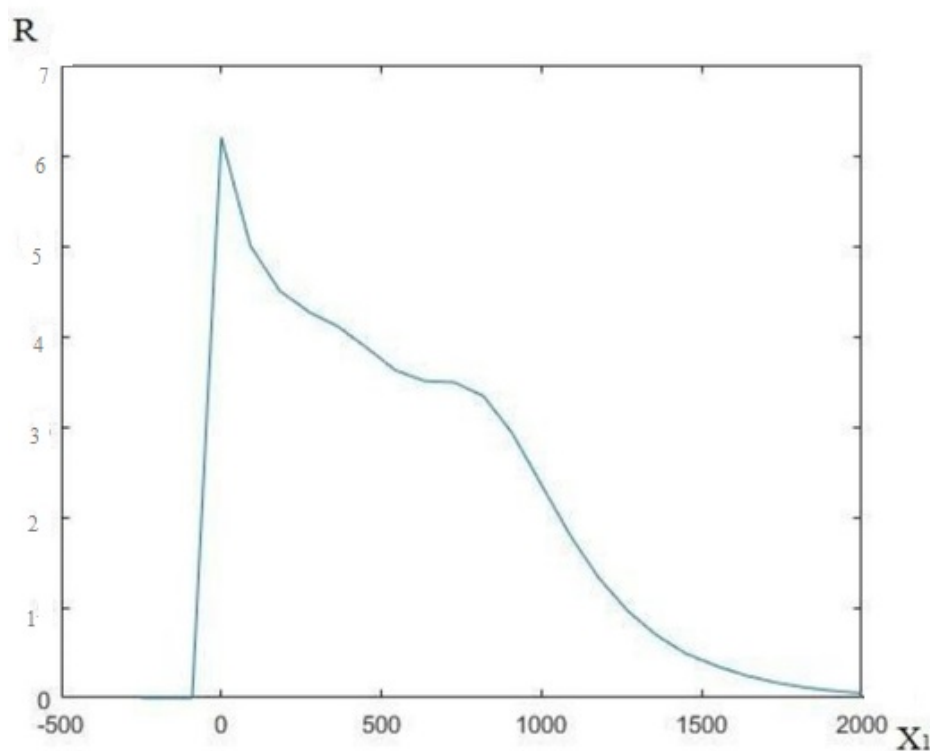


Рисунок 9 – График зависимости уровня радиоактивного загрязнения от расстояния до места пожара, при скорости ветра $U = 3$ м/с и времени $t=100$ с

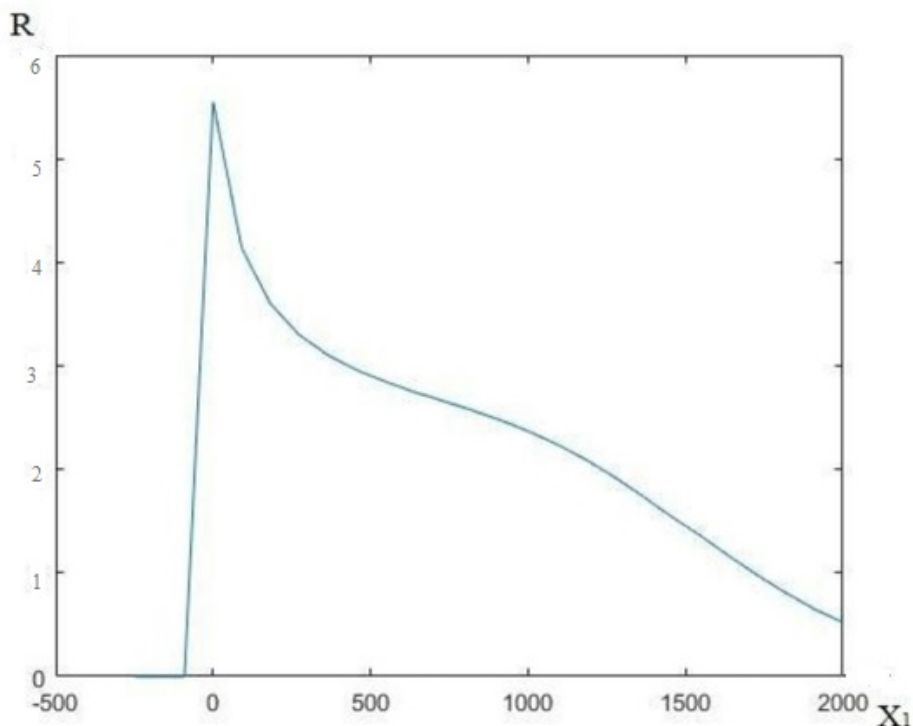


Рисунок 10 – График зависимости уровня радиоактивного загрязнения от расстояния до места пожара, при скорости ветра $U = 5$ м/с и времени $t=100$ с

$$R = \gamma \int_0^h \rho c_3 dx_3,$$

Где γ – уровень радиоактивного загрязнения единицы массы продуктов горения, Ку/кг;

h – высота полога леса, м

R – уровень радиоактивного загрязнения от расстояния до места пожара, Ку/км²

Среда считается односкоростной, что позволяет учесть оседание частиц под действием силы тяжести. Значит система уравнений (1-14) являются соотношениями количества движения, массы и энергии. Тем самым система уравнений представляет собой постановку задачи, при решении которой можно найти характеристики данного процесса распространения лесного пожара.

3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Данная работа связана с исследованием оценкой риска возникновения чрезвычайной ситуации при горении радиоактивных лесов.

Дипломная работа выполнялась в аудитории 408, 18 учебного корпуса.

Работа выполнялась с использованием современной вычислительной техники, что позволило достичь высокой эффективности процесса и уменьшения временных затрат на его проведение.

3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

3.1.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 – ФЗ работник аудитории 408, 18 корпуса ТПУ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

3.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а

объем – не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 х 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина – 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея должно составлять 40 – 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключающий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте.

Рабочее место сотрудника аудитории 408, 18 корпуса ТПУ соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

3.2 Производственная безопасность

Данная научная работа предусматривает использование персональной электронно-вычислительной машины и с точки зрения социальной ответственности, целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при оценке риска возникновения аварии, а также требования по организации рабочего места.

3.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [1]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 15:

Таблица 15 – Опасные и вредные факторы при исследовании загрязненности водных объектов техногенными радионуклидами

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при горении радиоактивных лесов, работа с ПЭВМ. 2) Оценка радиационной опасности.	1. Повышенный уровень электромагнитных полей [1,2] 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны [1,2,3] 3. Неудовлетворительные показатели микроклимата [1,2] 4. Повышенный уровень ионизирующего излучения [1,4]	1. Поражение электрическим током [1,2] 2. Пожаровзрывозащита [1,2]	СанПиН 2.2.2.542-96 СП 52.13330.2011 СанПиН 2.2.4.1191-03 СанПиН 2.2.1/2.1.1.127 8-03 СанПиН 2.2.2/2.4.1340 -03 СанПиН 2.2.4.548-96 НРБ-99/2009, ОСПОРБ 99/201

3.2.2. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Основным из источников потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ), возможность поражения электрическим током. Использование оборудования может привести к наличию такого вредного фактора, как повышенный уровень электромагнитных полей.

К основной документации, которая регламентирует вышеперечисленные вредные факторы, относится СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03

"Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы":

ПЭВМ должны соответствовать требованиям настоящих санитарных правил и каждый их тип подлежит санитарно-эпидемиологической экспертизе с оценкой в испытательных лабораториях, аккредитованных в установленном порядке[5].

Допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, создаваемых ПЭВМ, не должны превышать значений [6], представленных в таблице 16:

Таблица 16 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров	Диапазон	ДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25нТл
Напряженность электростатического поля		15кВ/м

Уровни ЭМП, ЭСП в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, перечисленные в таблице 2 соответствуют нормам [2].

Электробезопасность:

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ПЭВМ в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [7]. Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия: 1) оформление работы нарядом или устным распоряжением; 2) проведение инструктажей и допуск к работе; 3) надзор во время работы. Уровень

напряжения для питания ПЭВМ в данной аудитории 220 В. По опасности поражения электрическим током помещение 408, 18 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [7].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются: 1) прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением; 2) прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением; 3) ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала; 4) поражение шаговым напряжением и др.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности.

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ [5].

Разработанные мероприятия обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ.

Освещение:

В аудитории 408, 18 корпуса ТПУ имеется естественное (боковое одностороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 – 500 лк [8]. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [8].

В качестве источников света применяются светодиодные светильники или галогенные лампы (используются в качестве местного освещения) [8].

Таблица 17 – Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения помещений жилых зданий [8]

Помещение		Кабинет
Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м		Г-0,0
Естественное освещение, КЕО $e_n, \%$	При верхнем или комбинированном освещении	3,0
	При боковом освещении	1,0
Совмещенное освещение, КЕО $e_n, \%$	При верхнем или комбинированном освещении	1,8
	При боковом освещении	0,6
Искусственное освещение	Освещенность рабочих поверхностей, лк	300
	Показатель дискомфорта М, не более	–
	Коэффициент пульсации $K_p, \%$, не более	$\leq 5\%$ (работа с ЭВМ) $\leq 20\%$ (при работе с документацией)

Согласно [2], освещение в аудитории 408 18 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Микроклимат:

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 408, 18 корпуса ТПУ независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Аудитория 408, 18 корпуса ТПУ является помещением I б категории. К категории Iб относятся работы с интенсивностью энерготрат 121 – 150 ккал/ч (140 - 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением. Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) [9].

Таблица 18 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Катег. работ по уровню энерготрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб	21-23	20-24	40-60	0,1
Теплый	Iб	22-24	21-25	40-60	0,1

Таблица 19 – Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м ² , не более
50 и более	35
25-50	70
не более 25	100

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Согласно [2], микроклимат аудитории 408, 1 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

Ионизирующее излучение:

Потенциально вредным фактором в процессе работы, является фактор, связанный с повышенным уровнем ионизирующих излучений, вызванным потоками частиц. Кроме того, распад отдельных химических элементов сопровождается выбросом частиц, которые вредно воздействуют на организм человека, поэтому в обстоятельствах широкого употребления этих веществ, включая атомную энергию, радиационной безопасности нужно уделять особое внимание. В нормах радиационной безопасности и правилах работы с радиоактивными веществами установлены предельно допустимые дозы облучения и предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воздухе рабочих помещений (НРБ-99/2009) [4].

Необходимо применять защитные меры, которые должны предотвращать радиоактивное загрязнение воздуха, поверхности рабочих помещений, кожи и одежды персонала.

Для этого существуют допустимые уровни доз, которые может получить человек. Уровни разделяются в соответствии с категорией по нормам радиационной безопасности, данные представлены в таблице 6 [4].

Таблица 20 – Пределы допустимых доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	Персонал группы А	Население
Эквивалентная доза	20мЗв	1мЗв
Эквивалентная доза за год: в хрусталике в коже в кистях и стопах	150мЗв 500мЗв 500мЗв	15мЗв 50мЗв 50мЗв

Персонал (группа А) – лица, работающие с техногенными источниками, ионизирующими излучением, или находящиеся по условиям

работы в сфере их воздействия (группа Б). Население – все лица, включая персонал вне работы.

Пределы доз и допустимые уровни для персонала группы Б равны 1/4 от группы А. В таблице 21 указана максимальная продолжительность облучения в год [4].

Таблица 21 – Мощность эквивалентной дозы используемой при проектировании защиты

Категория облучаемых лиц		Назначение помещения	Продолжительность облучения, ч/год	Проектируемая мощность дозы, мкЗв/ч
Персонал	Гр. А	Постоянное пребывание	700	6,0
		Временное пребывание	850	12
	Гр. Б	Помещение организации и территория С.З.З., где нах-ся. пер.гр. Б	2000	1,2
Население		Любое другое помещение и территория	8800	0,06

Согласно данным таблицы, условия рабочей среды соответствуют допустимым нормам.

3.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в процессе разработки предлагаемых в ВКР решений.

3.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Горение радиоактивных лесов может нанести огромный ущерб всей окружающей среде.

Для предотвращения попадания радионуклидов в гидросферу, атмосферу и литосферу, существует комплекс превентивных мероприятий,

включающий в себя как глубокоэшелонированное строительство самого пункта, так и постоянный контроль необходимых параметров.

С другой стороны, необходимо также отметить, что после использованию большинства компьютерной техники, которая содержит бериллий, кадмий, мышьяк, поливинилхлорид, ртуть, свинец, фталаты, огнезащитные составы на основе брома и редкоземельные минералы, образуются токсичные отходы, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

- На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
- Разрабатывается приказ о списании устройств. Для проведения экспертизы привлекается квалифицированное стороннее лицо или организация.
- Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
- Формируется приказ на утилизацию. Все сопутствующие расходы должны отображаться в бухгалтерии.
- Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.
- Получается специальная официальной формы, которая подтвердит успешность уничтожения электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все

полученные в ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах [10].

3.3.2. Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет собой работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация. Таким образом, процесс исследования не имеет влияния негативных факторов на окружающую среду.

3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

3.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 ЧС – это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям".

С точки зрения выполнения проекта основными ЧС, которые могут нанести существенный ущерб окружающей среде и человеку являются:

- пожары;
- радиоактивное заражение местности.

Степень огнестойкости ячеек для захоронения РАО – II, класс пожарной опасности – СО. В зданиях и сооружениях ПЗРО применяются строительные конструкции, не способствующие скрытому распространению горения, с соответствующими пределами огнестойкости заполнения проёмов в противопожарных преградах. Общая устойчивость и геометрическая неизменяемость зданий при пожаре обеспечивается соответствующими пределами огнестойкости несущих конструкций и узлов их сопряжений. В соответствии с требованиями п. 8.1 СНиП 21-01-97 все проезды, подъезды и пешеходные пути к объектам обеспечиваются возможностью проезда

пожарных машин к зданиям и доступ пожарных автолестниц в любое помещение объектов при тушении пожара и проведении спасательных работ. Молниезащита зданий выполнена с учётом требований СО 153- 34.21.122-2003 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [11].

При выполнении всех защитных мероприятий, вероятность наступления данных видов ЧС крайне мала.

3.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 408, 18 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- 1) Неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.
- 2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.
- 3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов

задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;
- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 408, 18 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

Таблица 22 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	порошковый (серии ОП)
До 10,0	углекислотный (серии ОУ)

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а.

Таблица – 23 Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 18 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Предпроектный анализ

Оценка риска возникновения чрезвычайных ситуаций при горении радиоактивных лесов является неотъемлемой частью предпроектного анализа. Полученные результаты могут быть использованы для расчета надежности предупреждения ЧС.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-эффективность		
		Б ₀	Б ₁	Б ₂	К ₀	К ₁	К ₂
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,025	5	4	4	0,125	0,1	0,1
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,003	4	3	3	0,012	0,009	0,009
3. Помехоустойчивость	0,018	4	3	3	0,072	0,054	0,054
4. Энергоэкономичность	0,029	5	4	4	0,145	0,116	0,116

5. Надежность	0,111	5	5	4	0,555	0,555	0,444
6. Уровень шума	0,012	4	3	4	0,048	0,036	0,048
7. Безопасность	0,281	5	5	4	1,405	1,405	1,124
8. Потребность в ресурсах памяти	0,015	4	3	4	0,06	0,045	0,06
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,012	5	4	5	0,06	0,048	0,06
10. Простота эксплуатации	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,13	4	4	3	0,52	0,52	0,39
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,016	5	5	5	0,08	0,08	0,08
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,031	4	4	4	0,124	0,124	0,124
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
3. Цена	0,006	5	3	3	0,03	0,018	0,018
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,045	5	4	3	0,225	0,18	0,135
5. Послепродажное обслуживание	0,08	5	3	4	0,4	0,24	0,32
6. Финансирование научной разработки	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
7. Срок выхода на рынок	0,004	4	4	4	0,016	0,016	0,016
8. Наличие сертификации разработки	0,012	5	4	5	0,06	0,048	0,06
Итого	1	91	7	5	4,697	4,274	3,668

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из

выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

4.3 Планирование работ

Задачей планирования разработок является оптимальный расчет использования времени и ресурсов, обеспечивающий выполнение работ в срок при наименьших затратах средств.

На данном этапе работы определяются:

- Структура выполняемых работ в рамках исследования;
- Состав рабочей группы;
- Определение роли каждого участника в данном проекте;
- Обозначение функций, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Планирование работ

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель

Продолжение таблицы.

Основные этапы	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, студент

Теоретические и Экспериментальные исследования	Построение модели, оценка риска	Студент
	Проведение расчетов и их анализ	Научный руководитель, студент
	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Студент
Обобщение и оценка результатов	Подведение итогов и оценка результатов	Научный руководитель, студент
	Оформление отчетов	Студент

4.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, (1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i – ой работы чел.- день;

t_{mini} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{maxi} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_r , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i}, (2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.5 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным инструментом для построения ленточного графика проведения научных работ является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi}k_{\text{кал}}, (3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} (4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

где, $T_{\text{кал}}$ – календарные дни ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{вых}}$ – выходные дни ($T_{\text{вых}} = 104$);

$T_{\text{пр}}$ – праздничные дни ($T_{\text{пр}} = 14$).

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48(5)$$

В таблице 3 приведены длительность этапов работы и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 3 –Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ, дни			Длительность работ, чел/дн.	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
Составление и утверждение технического задания	НР	1	3	1,8	1,8	2,66
Подбор и изучение материалов по теме	Студент	5	0	7	7	10,36
Выбор направления исследований	НР, студент	3	5	3,8	1,9	2,8

Продолжение таблицы.

Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ, дни			Длительность работ, чел/дн.	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_p	T_k
Календарное	НР,	2	5	3,2	1,6	2,37

планирование работ по теме	студент					
Построение модели, оценка рисков	Студент	10	15	12	12	17,76
Проведение расчетов и их анализ	НР, студент	7	10	8,2	4,1	6
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Студент	5	7	5,8	5,8	8,59
Подведение итогов и оценка результатов	НР, студент	3	5	3,8	1,9	2,8
Оформление отчетов	Студент	4	7	5,2	5,2	7,7
Итого:				50,8	41,3	61,04

На основе табл. 3 строится календарный план-график (табл. 4). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

Таблица 4 – Календарный план-график проведения работ НИОКР по теме

№ ра-бот	Вид работ	Исполнители	, а л. н.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			июнь		
1	Составление и утверждение технического задания	Н Р															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	1														
3	Выбор направления исследований	Н Р, студент															
4	Календарное планирова	Н Р, студент															

	ние работ по теме	нт															
5	Постр оение модели, оценка рисков	С туден т	8														
6	Прове дение расчетов и их анализ	Н Р, студе нт															
7	Сопос тавление результато в экспериме нтов с теоретичес кими данными	С туден т															
8	Подве дение итогов и оценка результато в	Н Р, с туден т															

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, ($З_m$), руб.
Канцелярское принадлежности (ручки)	шт.	2	35	70
Канцелярские принадлежности (бумага, пачка)	шт.	0,3	270	90
Компьютер	шт.	1	21000	21000
Услуги по доставке и монтажу компьютера	шт.	1	3150	3150
Итого:				24310

4.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы

включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20–30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников (табл. 7), непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (7)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор;

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. 3) иные выплаты; районный коэффициент.

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (8)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} T_p, \quad (9)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{мМ}}{F_d}, \quad (10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 8).

Таблица 7 – Расчет основной заработной платы

п/п	Наименование этапа	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Составление и утверждение технического задания	НР	2,66	2680,2	7129
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	10,36	126	1305
3	Выбор направления исследований	НР	2,8	2680,2	7504
		Студент	2,8	126	352
4	Календарное планирование работ по теме	НР	2,37	2680,2	6352
		Студент	2,37	126	298
5	Построение модели, оценка рисков	Студент	17,76	126	2237

6	Проведение расчетов и их анализ	НР	6	2680,2	16081
		Студент	6	126	756
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Студент	8,59	126	1082
8	Подведение итогов и оценка результатов	НР	2,8	2680,2	7504
		Студент	2,8	126	352
9	Оформление отчетов	Студент	7,7	126	970
Итого:					51919

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
– выходные дни	104	104
– праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени	48	48
– отпуск	48	48
– невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}}(1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}})k_{\text{р}}, \quad (11)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
НР	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2680,2	16,63	44572
Студент	1854	-	-	1,3	2410,2	126	58,32	7347
Итого:								51919

4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} Z_{осн}, (12)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12–0,15).

Дополнительная заработная плата составит: у научного руководителя 5348,6 рублей, у студента 881,6 рублей.

4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}), (13)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2019 год установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 6 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году вводится пониженная ставка – 28%.

В таблице 10 приведен расчет отчислений во внебюджетные фонды.

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	$З_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	44572	5348,6	13528,5
Студент	7347	881,6	2230
Итого:			15758,5

4.6.5 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

По данной теме командировки не осуществлялись.

4.6.6 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями.

В данном проекте контрагентные расходы отсутствуют.

4.6.7 Накладные расходы

Накладные расходы (табл. 11) учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) k_{\text{нр}}, \quad (14)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таблица 11 – Расчет накладных расходов

$З_{\text{мат.з.}}$	$З_{\text{спец.об}}$	$З_{\text{осн.}}$	$З_{\text{доп.}}$	$З_{\text{внеб.}}$	$З_{\text{накл.}}$
1142,5	561200	51919	6230	15758,5	101800

4.6.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	24310	Пункт 6.5.1.
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	51919	Пункт 6.5.3.
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6230	Пункт 6.5.4.
4. Отчисления во внебюджетные фонды	15758,5	Пункт 6.5.5.
5. Затраты на научные и производственные командировки	0	Пункт 6.5.6.
6. Контрагентные расходы	0	Пункт 6.5.7.
7. Накладные расходы	101800	Пункт 6.5.8.
8. Бюджет затрат НТИ	200017,5	Сумма ст. 1–7

Вычисленный бюджет научно-исследовательской работы составил 200017,5 рублей.

4.7 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат исполнения научного исследования (см. табл. 13). Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^1 = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 13 - Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3
4. Энергосбережение	0,20	5
5. Надежность	0,25	5
6. Материалоемкость	0,15	4
ИТОГО	1	

$$I_{p-ucn1} = 5 \times 0,1 + 3 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 5 \times 0,2 + 5 \times 0,25 + 4 \times 0,15 = 4,25;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (I_{ucni}) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}},$$

$$I_{исп.1} = 4,25/1=4,25$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}$$

Таблица 14 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25
3	Интегральный показатель эффективности	4,25
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

В ходе оценки бюджета затрат варианта исполнения научного исследования и определения интегрального финансового показателя, показателя ресурсоэффективности можно сделать вывод, что рассчитанные финансовые показатели варианта исполнения и сравнительная эффективность разработки показали эффективность проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучены основные данные о лесных пожарах, в том числе в лесах, подверженных радиоактивному загрязнению.

Таким образом на основе метода контрольных объемов разработана методика решения поставленной задачи. Получены результаты распределений распространения радиоактивного загрязнения при лесных пожарах и проведен анализ полученных данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.
2. Специальная оценка условий труда в ТПУ. 2018.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий, 2003.
4. СанПиН 2.6.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» от 7 июля 2009 года, N 47: Зарегистрировано в Минюсте РФ 14 августа 2009 года, N 14354, 2009.
5. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.
6. СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях, 2003.
7. Правила устройства электроустановок. Седьмое издание, 2002.
8. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение, 2011.
9. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996.
10. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.
11. СО 153- 34.21.122-2003 «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».
12. Матвеев П.М., Матвеев А.М. Лесная пирология: Учебное пособие для студентов специальности 260400 всех форм обучения. – Красноярск: Сиб ГТУ, 2002.
13. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 470 с.
14. Пахучий, В. В. Лесная пирология : учебное пособие / В. В. Пахучий, В. А. Дробахин ; Сыкт. лесн. ин-т. – Сыктывкар: СЛИ, 2013. – 60 с.

15. Смирнов А.П., Мельников Е.С. Лесная пирология: Учебное пособие. СПб: СПб ГЛТА, 2006. 60 с.
16. Б.Л. Щербов, Е.В. Лазарева, И.С. Журкова. Лесные пожары и их последствия (на примере сибирских объектов) .
17. Курбатский Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. – М., 1962. – 154 с. 11. Червонный М.Г. Охрана лесов. – М., 1981. – 240 с.
18. Валендик, Э. Я. Об интенсивности лесного пожара Текст. / Э. Я. Валендик, Р. В. Исаков // Прогнозирование лесных пожаров/ ИЛИД СО АН СССР. — Красноярск, 1978. — С. 36—42.
19. Воробьев, Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы Текст. / Ю.Л. Воробьев, В.А. Акимов, Ю.И. Соколов; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева // МЧС России.- М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004.- 312 с.
20. Гришин, А. М. Математические модели лесных пожаров Текст. / А.М. Гришин. — Томск: Изд-во Томского ун-та, 1981. — 278 с.
21. Доррер, Г. А. Математические модели лесных пожаров: основные понятия, классификация, требования Текст. / Г. А. Доррер, Н. П.
22. Курбатский // Прогнозирование лесных пожаров/ ИЛИД СО АН СССР. — Красноярск, 1978. — С. 5—26.
23. Адамчиков А. А. Математическое моделирование процессов переноса радионуклидов во время лесных пожаров на радиоактивно загрязненных территориях / А. А. Адамчиков, А. М. Дворник //Проблемы лесоведения и лесоводства: сборник научных трудов / Институт леса НАН Беларуси. - Гомель, 2006.
24. Гроздов Г.М., Москвлин Е.А. Исследования процессов переноса радионуклидов при пожарах в зонах радиоактивного загрязнения. Материалы 12-й Всероссийской научно-практической конференции: Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ. - М.: ВНИИПО МВД РФ.-1993.с.140.
25. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. -М.: Энергоатомиздат, 1984.-152с.

