

На правах рукописи

Куксин Григорий Валерьевич

**ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДТОПЛЕНИЯ ОЧАГОВ ТЛЕНИЯ
И ПОДЪЕМА УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД**

4.1.6 – Лесоведение, лесоводство,
лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение,
лесная пирология и таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2024

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Научный руководитель:	доктор сельскохозяйственных наук, профессор Залесов Сергей Вениаминович
Официальные оппоненты:	Иванова Галина Александровна, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» – обособленное подразделение Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория лесной пирологии, заведующая лабораторией; Ерицов Андрей Маркелович, кандидат сельскохозяйственных наук, ФБУ «Авиалесоохрана», заместитель начальника.
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева».

Защита состоится 26.09.2024 в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 24.2.424.02 на базе ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, ауд. 401.

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

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

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

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Россия – один из мировых лидеров по площади торфяных болот и по масштабам их осушения. Общая площадь зарегистрированных осушенных торфяников в РФ превышает 5 млн га. В связи с изменениями в экономической ситуации большинство добывающих торф предприятий обанкротилось, и осушенные земли заброшены и зарастают травянистой и древесно-кустарниковой растительностью. Указанное, в сочетании с изменениями климата в сторону аридизации, резко повышает вероятность развития низовых природных пожаров в торфяные.

Существующие способы тушения торфяных пожаров чрезвычайно трудоемки и малоэффективны, что создает реальную угрозу со стороны торфяных пожаров экологии регионов, объектам экономики, имуществу граждан и наконец, что наиболее важно, здоровью и жизни населения.

Указанное свидетельствует о несомненной актуальности совершенствования способов тушения торфяных пожаров с целью их оперативной ликвидации и минимизации негативных последствий.

Степень разработанности темы исследований. Литература по проблеме тушения лесных пожаров в целом и торфяных пожаров, в частности, насчитывает тысячи работ, выполненных как в нашей стране, так и в странах ближнего и дальнего зарубежья. Однако, несмотря на выполненные исследования, совершенствование способов тушения и противопожарной техники, не удается даже создать тенденцию к сокращению количества природных пожаров и пройденной ими площади. Применяемые в настоящее время способы тушения торфяных пожаров трудозатратны и малоэффективны. Указанное определило направление исследований.

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель и задачи исследований. Целью исследования является разработка предложений по совершенствованию тушения лесных торфяных пожаров на осушенных болотах с использованием подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод.

В процессе работы по достижению поставленной цели решались следующие задачи:

- анализ существующих способов тушения торфяных пожаров;
- анализ специфики болот, осушенных под фрезерную добычу торфа;
- анализ способов обнаружения и обследования лесных пожаров;
- оценка влияния уровня подготовленности и мотивации участников тушения торфяных пожаров на результат работ;
- изучение эффективности тушения торфяных пожаров подтоплением очагов тления и подъемом уровня грунтовых вод;
- разработка предложений по совершенствованию тушения торфяных пожаров на осушенных болотах.

Научная новизна. Впервые проанализирована эффективность тушения торфяных пожаров с использованием подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод; определены критические уровни грунтовой воды и влажности торфа для остановки развития очагов тления при лесных торфяных пожарах; проанализированы различные способы обнаружения и обследования торфяных пожаров; зафиксирована роль жизнедеятельности бобров в потенциальной горимости осушенных торфяников и при организации ликвидации торфяных пожаров. Определены условия и стадии торфяных пожаров, при которых применение методов подтопления наиболее экономически целесообразно. Впервые проанализировано влияние компетенции и мотивации участников на результативность тушения таких сложных пожаров как многоочаговые торфяные.

Теоретическая и практическая значимость. Полученные в ходе исследований материалы расширяют современные знания о специфике тушения торфяных пожаров на осушенных площадях. Выполненная оценка экономической целесообразности и эффективности тушения торфяных пожаров на различных стадиях их развития позволяет оптимизировать сроки и подходы с целью ускорения ликвидации и минимизации затрат на тушение, а также сокращения причиняемого ущерба. Определены способы оценки (методики расчётов) необходимых объёмов воды для ликвидации торфяных пожаров методом подтопления и необходимого времени для такого тушения.

Полученные в ходе исследований данные использованы при тушении торфяных пожаров на осушенных болотах в Московской, Смоленской, Ивановской, Свердловской, Омской, Ленинградской областях, республике Бурятия, а также вошли в курсы лекций для бакалавров и магистров направления 35.03.01 и 35.04.01 «Лесное дело», программы повышения квалификации «Руководитель и специалист тушения лесных пожаров», «Руководитель тушения крупных лесных пожаров» (имеются справки о внедрении).

Результаты научного исследования использованы отделом лесной пирологии ФБУ ВНИИЛМ при разработке научно обоснованных предложений по внесению изменений в нормативно-правовые акты, регулирующие тушение лесных пожаров. В частности, использованы для обоснования формулировок п.84 Правил тушения лесных пожаров, утвержденных Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 01.04.2022г. № 244 (имеется справка о внедрении). Впервые установлены такие новые полномочия для руководителя тушения лесного торфяного пожара как создание временных водоисточников вблизи пожара, проведение мероприятий по удержанию воды в осушительных каналах путем создания временных некапитальных перемычек (плотин), препятствующих стоку воды, с целью подтопления очагов горения, повышения уровня грунтовой воды на горящем участке и на примыкающих к нему территориях, а также с целью создания водоисточников, пригодных для тушения пожара.

Методология и методы исследований. Методической основой выполненных исследований является анализ работ отечественных и зарубежных авторов по тушению торфяных пожаров. При сборе материала использовались личный опыт тушения торфяных пожаров, а также ГОСТы и методики, применяемые при выполнении подобных исследований. При анализе и обработке экспериментальных материалов использованы традиционные научно-обоснованные методики по лесоводству, лесной таксации, лесной пирологии и гидроресомелиорации.

Предложения, выносимые на защиту:

- результаты анализа эффективности современных способов обнаружения и тушения лесных торфяных пожаров;
- критические уровни грунтовой воды и влажности торфа для остановки развития очагов тления при торфяных пожарах;
- методика расчёта необходимых объёмов воды для ликвидации торфяного пожара методом подтопления;
- предложения по совершенствованию тушения лесных торфяных пожаров на осушенных болотах.

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается значительным объемом экспериментальных материалов, полученных при непосредственной ликвидации торфяных пожаров на осушенных и не осушенных болотах с соблюдением апробированных научно-обоснованных методик их сбора и обработки.

Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на междунар. науч.-практ. конф. «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития» (Брянск, 2023); науч.-практ. конф. «Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на европейском севере России» (Архангельск, 2023), Всерос. науч.-практ. конф. «Развитие системы лесосочетных работ и лесоуправления в России» (Пушкино, 2023); XV междунар. науч.-техн. конф. «Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса (Екатеринбург, 2024); XX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2024).

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследования, выборе методики работ, сборе экспериментальных материалов, их обработке, анализе и апробации полученных результатов, а также написании статей, подготовке автореферата и диссертации.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Приведенные в диссертации и автореферате материалы соответствуют паспорту специальности 4.1.6 «Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация»: п. 35 Методы,

способы, тактика, технические и иные средства тушения лесных пожаров; п. 36 - негативные последствия лесных пожаров. Методы их оценки и управления.

Основное содержание диссертации изложено в 17 опубликованных научных работах, в том числе 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав основного текста, заключения и двух приложений. Библиографический список включает 151 наименование, в т.ч. 25 на иностранных языках. Текст изложен на 187 страницах, проиллюстрирован 7 таблицами и 30 рисунками.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Виды болот, способы их осушения и последствия прекращения добычи торфа

Болота являются сложной экологической системой, характеризующейся избытком влаги, недостатком кислорода и торфонакоплением. Значительное многообразие болот условно можно распределить на три основных вида: верховые, низинные и переходные. Для каждого вида болот характерен свой тип водного питания, а также состав живого напочвенного покрова.

Отмечается, что состав торфа во многом определяет его теплопроводность, зольность и тип горения (тления). В ходе эволюции болота меняются. Обычно направление развития идет от низинных к более бедным по химическому составу торфа верховым болотом. Осушение болот производится с целью заготовки торфа как топлива и органического удобрения. Согласно химических и ботанических исследований торф классифицируют на 26 видов, входящих в 12 групп (Романов, 1961).

Общая площадь осушенных торфяников в России превышает 5 млн га. Осушение болот производилось разными способами: карьерным, гидронамывным и фрезерным. При этом последний способ доминировал. Однако в конце XX столетия большинство добывающих торф предприятий обанкротилось. При этом учет бесхозных осушенных торфяников в настоящее время практически не ведется, а материалы по осушительной мелиорации утеряны. Именно осушенные заброшенные болота представляют наибольшую опасность с точки зрения возникновения торфяных пожаров. Часть указанных осушенных болот постепенно возвращается в исходное состояние, чему во многом способствуют бобры, формирующие обширные подтопленные территории на ранее осушенных торфяных болотах.

Несмотря на значительное количество публикаций по проблеме осушенных торфяников, после прекращения добычи торфа, многие вопросы остаются нерешенными.

2. Состояние проблемы лесных торфяных пожаров

Торфяной пожар является специфическим видом пожара, требующим отличных от других видов пожаров способов тушения. В результате тления торфа при недостатке кислорода в атмосферу выбрасываются продукты неполного его сгорания, чем наносится огромный экологический вред окружающей среде и создается реальная угроза для здоровья, имущества и жизни населения.

Несмотря на предпринимаемые усилия, для многих российских регионов не наблюдается даже тенденции к сокращению количества торфяных пожаров и пройденной ими площади. Напротив, изменение климата в сторону аридизации приводит к увеличению вероятности развития низовых лесных пожаров в торфяные, что наглядно подтверждается данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Количество и площадь лесных пожаров на территории лесного фонда Свердловской области за период с 2012 по 2023 гг.

Год	Количество пожаров			Пройденная огнем площадь		
	Общее, шт.	в том числе торфяных		Общая, га	в том числе торфяных	
		шт.	%		га	%
2012	1093	3	0,27	2199116	0,82	0
2013	421	8	1,90	847473	9,66	0,001
2014	480	4	0,83	966720	20,7	0,002
2015	200	0	0	403000	0	0
2016	607	9	1,48	1223712	6,51	0,001
2017	304	6	1,97	613168	2,08	0
2018	378	5	1,32	762804	33,16	0,004
2019	236	2	0,85	476484	0,55	0
2020	423	7	1,65	854460	154,72	0,018
2021	1185	79	6,67	2394885	582,99	0,024
2022	627	58	9,25	1267794	131,92	0,010
2023	1030	101	9,81	2083690	6387,97	0,307
Среднее	582,0	23,5	4,04	1174442	610,92	0,052

Из материалов табл. 1 следует, что, если до 2020 г. доля лесных торфяных пожаров не превышала 2,0 %, то в 2023 г. она составила 9,81 %. Аналогичная закономерность наблюдается и по площади торфяных пожаров. Так, если до 2020 г. площадь торфяных пожаров не превышала 33,16 га, то в 2023 г. она составила в лесном фонде Свердловской области 6387,97 га.

При этом, чаще всего торфяные пожары в последние годы характеризуются как многоочаговые, что существенно затрудняет их ликвидацию. Большинство применяемых в настоящее время способов тушения горящих торфяников малоэффективно. В частности, не обеспечивает нужного эффекта использование компрессионной пены, а применение стволов-пик ТС-1 и ТС-2 при ликвидации многоочаговых торфяных пожаров не позволяет обеспечить необходимую надежность тушения и безопасность пожар-

ных. Создание заградительных канав вокруг торфяных пожаров, прекращение доступа кислорода к тлеющему торфу, увеличение зольности торфа выше критической трудозатратно и также не всегда эффективно.

Выполненный анализ научной и ведомственной литературы показал, что несмотря на значительное количество публикаций, инструкций и рекомендаций по тушению торфяных пожаров, проблема их ликвидации остается актуальной, что и определило направление исследований.

3. Программа, методика исследований и объем выполненных работ

В соответствии с целью и задачами программа исследований включала в себя следующие виды работ:

1. Анализ специфики болот, осушенных под фрезерную добычу торфа и свойств торфа как лесного горючего материала.

2. Анализ существующих способов тушения торфяных пожаров.

3. Камеральные исследования возможностей обнаружения и обследования торфяных пожаров по космическим снимкам среднего пространственного разрешения.

4. Полевые исследования способов обнаружения и обследования торфяных пожаров с применением беспилотных воздушных судов (БВС), оснащенных тепловизионным оборудованием.

5. Полевые исследования торфяных пожаров наземными средствами, в том числе с применением тепловизионного и геодезического оборудования.

6. Изучение влияния уровня грунтовых вод и влажности торфа на развитие очагов тления.

7. Полевые исследования способов тушения лесных торфяных пожаров подтоплением очагов тления и поднятием уровня грунтовых вод.

8. Анализ методик определения ущерба от торфяных пожаров и методик определения стоимости тушения торфяных пожаров, выработка экономически обоснованных стратегий борьбы с торфяными пожарами для оптимизации расходов и минимизации ущерба.

9. Проведение исследования уровня компетентности и мотивированности пожарных, участвующих в тушении крупных торфяных пожаров в последние несколько лет, анализ возможного влияния этих факторов на успешность тушения.

10. Разработка предложений по совершенствованию тушения торфяных пожаров на осушенных болотах.

В ходе исследований применены сравнительный и описательный методы анализа эффективности тушения торфяных пожаров, а также результатов научных трудов, посвященных проблеме ликвидации указанных пожаров.

Для предварительного определения площади пожара и отслеживания динамики его развития использовались космические снимки, среднего пространственного разрешения Sentinel-2 MSI. Границы пожаров определялись методом визуального дешифрирования снимков.

В ходе полевых работ при обследовании торфяных пожаров измерения велись в соответствии с ГОСТ 16263-706, ГОСТР 8.56396, ГОСТ 21830-76, ГОСТ 22268-76. Измерение глубины очагов тления производилось щупами-термометрами. Влажность торфа устанавливалась в соответствии с требованиями ГОСТ 5180-84.

При выборе средств и способов измерения параметров, необходимых для оценки расхода воды использовались ГОСТ Р 51657.1-2000, ГОСТ 19179 и ГОСТ 24802-81.

Исследование возможного влияния подготовленности и информированности пожарных на результативность тушения проводилось с применением методик, принятых в социальных науках с привлечением профильных специалистов.

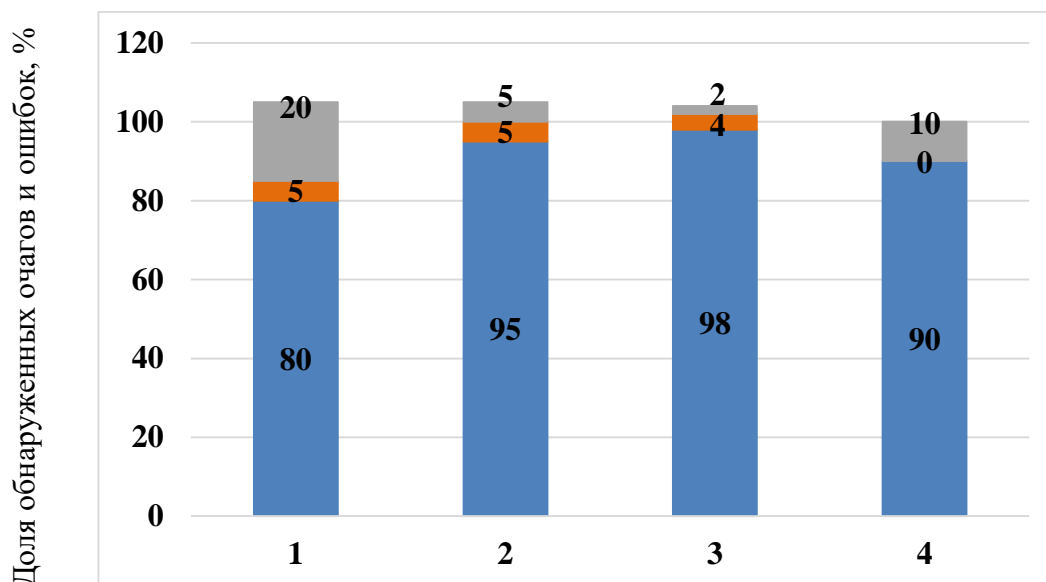
В ходе работы были проанализированы результаты обследований торфяных пожаров на осушенных болотах в 25 субъектах РФ за период с 2002 по 2024 гг., в том числе 100 типичных многоочаговых крупных торфяных пожаров.

В режиме экспертного дешифрирования было обработано около 1,0 тыс. космических снимков среднего пространственного разрешения. При анализе возможности использования БВС для обнаружения и обследования торфяных очагов изучено более 20 тыс. визуальных и тепловых изображений. Экономическая оценка целесообразности тушения торфяных пожаров на разных стадиях их развития выполнена по материалам 20 лесных торфяных пожаров по данным, предоставленным лесопожарными организациями Свердловской и Вологодской областей. Для анализа возможного влияния уровня подготовленности и мотивации пожарных на результативность тушения использованы данные 20 глубинных интервью, 5 фокус-групп и 112 опросов среди участников тушения крупных торфяных пожаров последних двух лет.

4. Обнаружение и тушение лесных торфяных пожаров на осушенных болотах

Эффективность тушения лесных пожаров во многом зависит от оперативности их обнаружения. Для надежного обнаружения торфяных пожаров необходимо сочетание космического, авиационного и наземного мониторинга. Так, использование космических снимков позволяет только предварительно оценить места расположения очагов тления торфа и обнаружить крупные пожары.

Применение БВС без тепловизионных камер позволяет определить до 80 % всех очагов тления. Установка на БВС тепловизионных камер при ручном управлении и благоприятных погодных условиях повышает эффективность обнаружения до 95 %, но даже при этом способе до 5 % всех имеющихся очагов тления остается не обнаруженными (рис. 1).



1 – БВС с визуальной камерой; 2 – БВС с тепловизором в ручном режиме;
3 – БВС с тепловизором автоматически; 4 – наземное обследование без БВС

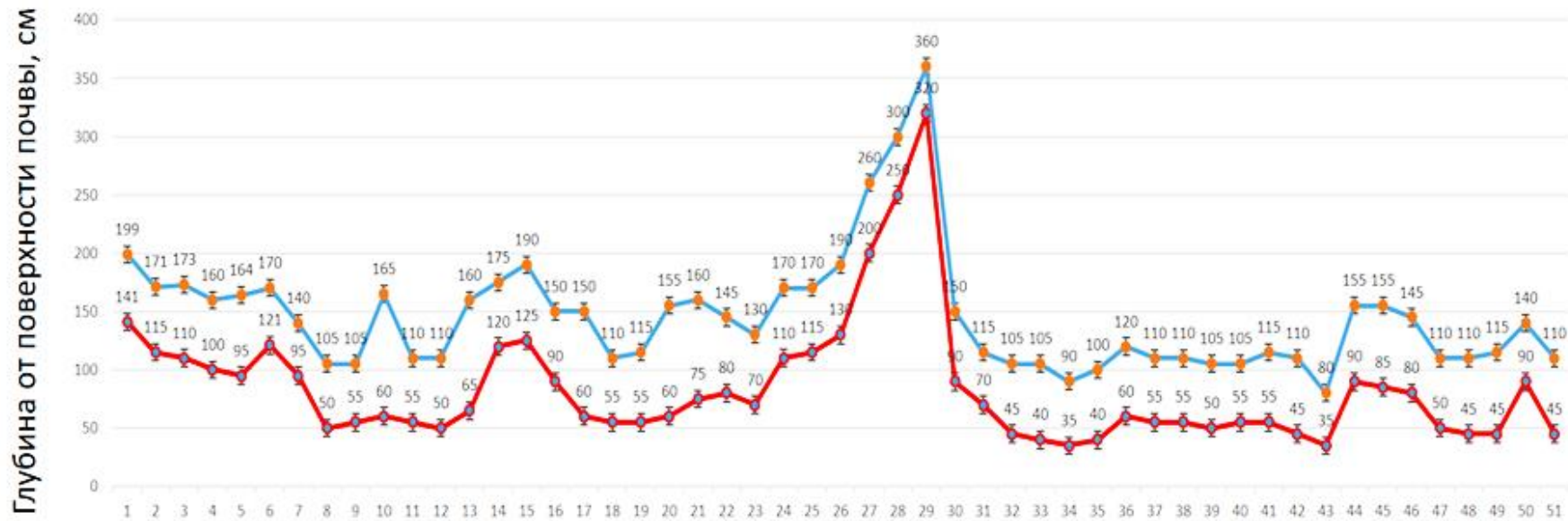
■ – Доля обнаруженных очагов ■ – Доля ложных тепловых аномалий
■ – Доля не обнаруженных очагов

Рис. 1 – Обнаружение очагов тления на многоочаговых торфяных пожарах разными способами

Исследованиями установлено, что только применение БВС с тепловизионной камерой и последующее наземное обследование с использованием щупов-термометров и ручных тепловизоров обеспечивает обнаружение 100 % очагов тления.

Многоочаговые торфяные пожары целесообразно тушить подтоплением и поднятием уровня грунтовых вод (УГВ). При этом можно использовать перепад уровней воды, обусловленный рельефом местности, и не использовать для переборки воды насосы. Если подать воду для подтопления без ее перекачки невозможно, то подъем УГВ обеспечивается перекачиванием ее насосами с применением рукавных линий максимально большого диаметра.

Экспериментально установлено, что тление торфа прекращается, а, следовательно, останавливается и развитие очагов в глубину, при расстоянии 50–70 см до уровня грунтовых вод (рис. 2). Критическим уровнем влаж-



Исследованные очаги тления (по порядковым номерам)

◆ Ряд 1 Глубина очагов тления от поверхности почвы (см) по данным измерений щупом-термометром и GNSS
 ■ Ряд 2 Уровень грунтовых вод от поверхности почвы (см) под очагом тления по данным измерения GNSS

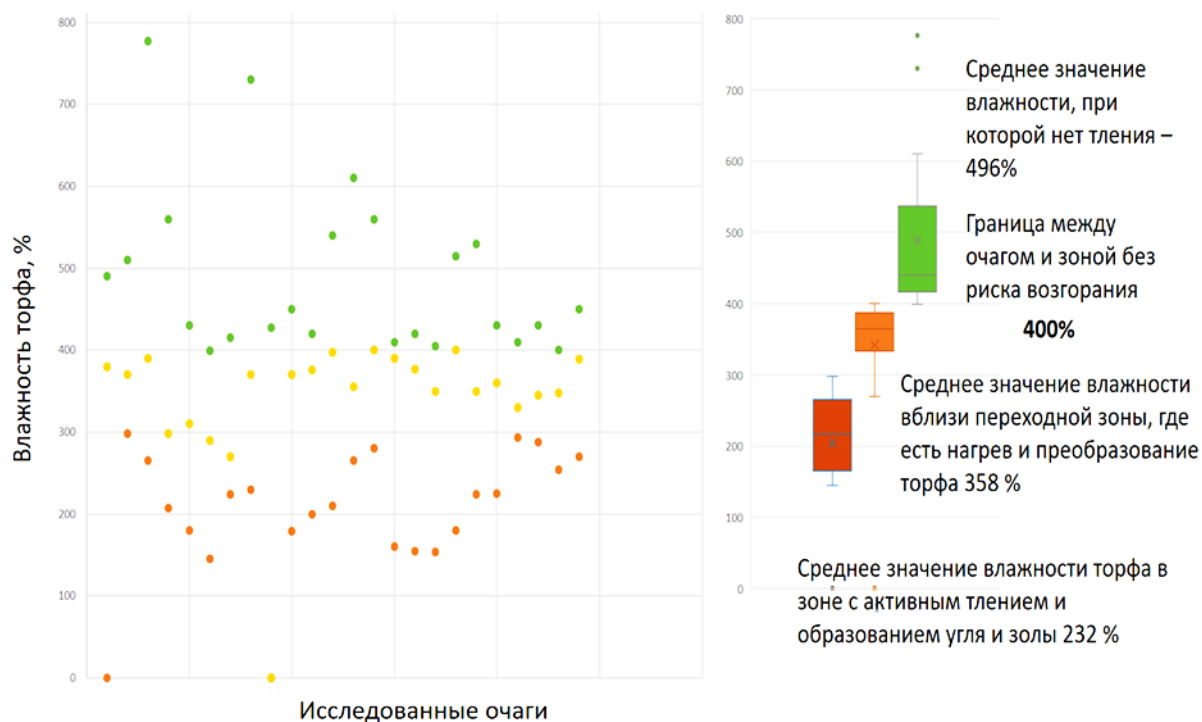
Коэффициент корреляции между глубиной очагов и УГВ составил **0.97**

Средне значение разницы между глубиной очага и уровнем грунтовых вод составило 61 см

Медианное значение **60 см**

Рис. 2 – Взаимосвязь глубины очагов и уровня грунтовых вод

ности, при котором тление торфа в большинстве исследованных очагов останавливалось, был уровень в 400 % от массы сухого вещества (рис. 3), скорость горизонтальной фильтрации воды в горящие торфяные карты из заполняемых каналов составила 0,2–0,3 м/мин; соотношение объемов необходимой для подтопления горячей торфяной карты воды к объему пустого пространства в заполняемых водой каналах – 4:1.



Зеленым цветом обозначены пробы грунта ниже очага, оранжевым – с глубины, соответствующей пограничной зоне между тлением и дном очага, красным – на уровне зоны тления.

Рис. 3 – Влажность торфа (%) в различных зонах очагов тления и границы влажности, останавливающие тление торфа в большинстве случаев

Отдельные экстремальные значения разницы между глубиной очагов тления и УГВ, наблюдающиеся в единичных случаях, объясняются двумя возможными причинами. В случае отклонений в меньшую сторону экстремальные значения были связаны тем, что они соответствуют случаям длительного тления под караванами торфа (разогрев торфа почти до УГВ за счет огромного количества тепла). Случаи отклонений в сторону больших значений связаны с тем, что очаг еще не развился на максимально возможную глубину.

Для удержания и накопления воды в мелиоративных каналах, при тушении очагов тления торфа подтоплением, целесообразно возводить перемычки с перепадом воды на верхнем и нижнем бьефе в пределах 50–100 см и обеспечить ее продуманный перелив. При создании перемычек эффек-

тивно использование бобровых плотин.

В случае необходимости перекачки воды на значительные расстояния целесообразно применять насосные станции типа ПНС-110 и переносные мотопомпы с использованием рукавных линий диаметром 150 мм.

В рамках исследования рассмотрены два варианта переброски больших объемов воды: по мелиоративным каналам в случае, если зона горения расположена ниже водоисточника, и при помощи насосов, если зона горения выше доступных водоисточников. В отдельных случаях применялся комбинированный способ, при котором вода насосами перебрасывалась через водораздел, а дальше текла по уклонам.

Экспериментально определено, что объем воды, необходимый для тушения подтоплением для бывших фрезерных торфоразработок составляет около 4-х кратного объема не заполненных водой мелиоративных каналов в подтопляемой зоне.

5. Экономическая оценка тушения торфяных пожаров

Анализ отечественной и зарубежной литературы свидетельствует о различии подходов к оценке экономического ущерба от торфяных лесных пожаров. В РФ в ущерб включаются только непосредственные расходы на обнаружение и ликвидацию пожаров. При этом не учитываются расходы на преодоление последствий пожаров, расходы на тушение вторично возникших от торфяных очагов других ландшафтных пожаров, расходы на медицинское обслуживание граждан, испытавших воздействие длительного задымления, а также расходы на лечение возрастающего числа хронических заболеваний, дорожно-транспортные происшествия из-за дыма, стоимость перераспределения ресурсов противопожарной службы, включая увеличение потерь от других категорий пожаров в результате возникающего дефицита сил, экономические потери для лесопользователей, экономические потери для производителей сельскохозяйственной продукции из-за потери площади земель, потери в стоимости продукции или потери рынков сбыта из-за химического загрязнения почв бензапиреном и другими опасными веществами, упущенные выгоды на углеродном рынке и т.п.

В то же время анализ даже прямых затрат на ликвидацию торфяных пожаров свидетельствует о том, что они варьируются от 22,0 до 1346,0 тыс. руб./га. При этом затраты меньше при тушении торфяных пожаров весной и в начале лета и резко возрастают при тушении осенью. Кроме того, несмотря на значительные затраты в осенний период, часть пожаров остается непотушенными и уходит в зиму.

По итогам анализа всех прямых и непрямых возможных расходов, связанных с торфяными пожарами, предложена возможная стратегия борьбы с этими пожарами, описывающая наиболее экономически целесообразные стадии и способы для воздействия, сопоставляя их с вероятными эффектами влияния на рост или сокращение потерь от пожара, в том числе

применение методов тушения обводнением и подъемом уровня грунтовых вод (рис. 4).

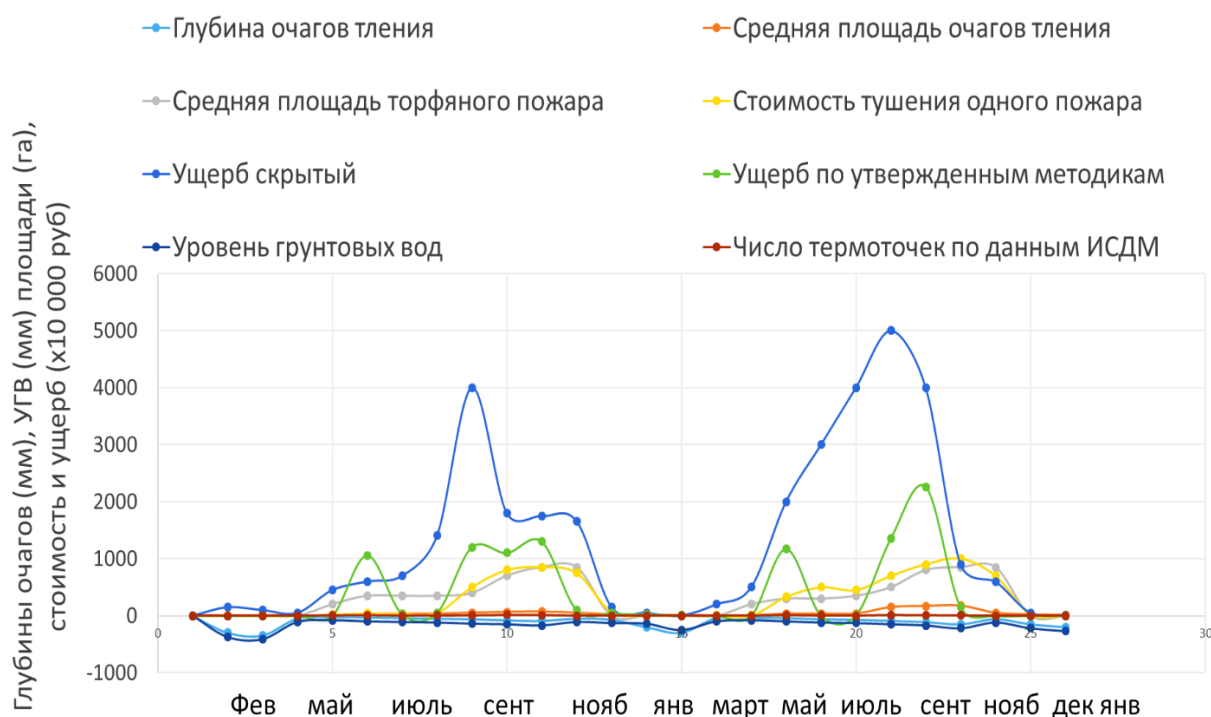
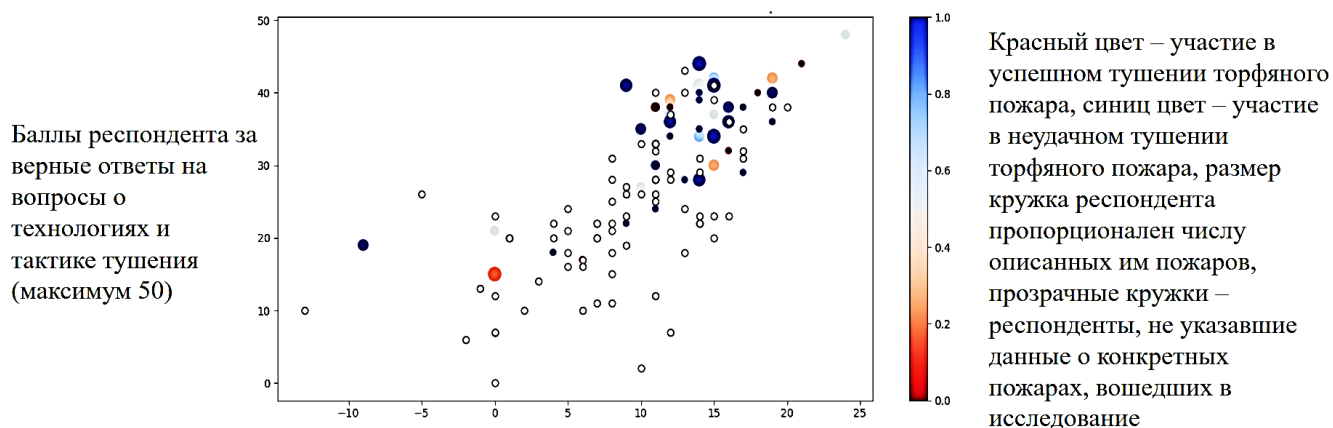


Рис. 4 – Взаимосвязь стадий развития длительного торфяного пожара, числа термоточек, площади пожара, площади торфяных очагов, глубины торфяных очагов, уровня грунтовых вод, стоимости тушения, явного и скрытого ущерба от пожара

Наиболее экономически эффективно тушение перезимовавших торфяных пожаров в конце февраля-марте по методике, разработанной сотрудниками Уральского государственного лесотехнического университета и Уральской базы авиационной охраны лесов (Секерин и др., 2022 а, б), а тушение вновь возникающих пожаров с применением подтопления очагов тления или подъема уровня грунтовых вод на начальных стадиях.

Успешность ликвидации торфяных пожаров зависит в том числе от уровня квалификации и мотивации участников тушения (рис. 5).

Установлено, что качество подготовки участников тушения связано с мотивацией на выполнение работы, с уверенностью в возможности достижения положительного результата тушения, а также с адекватностью оценки результата тушения. Необходимы дальнейшие исследования этого вопроса количественными методами.



Баллы этого же респондента за вопросы, оценивающие мотивацию. В частности - веру в различные мифы о торфяных пожарах и неверие в успех (низкие баллы, в том числе штрафные – ниже нуля), веру в успех тушения (высокие баллы).

Рис. 5 – Взаимосвязь уровня квалификации и степени мотивации, возможное влияние этих факторов на эффективность тушения торфяных пожаров

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Болота являются сложной экологической системой, характеризующейся избытком влаги, недостатком кислорода и торфонакоплением. Многообразие болот обусловлено спецификой их местоположения, водного питания и состава живого напочвенного покрова. Последний, в свою очередь, определяет состав, теплотворность, зольность и тип горения торфа.

На территории Российской Федерации к настоящему времени осушено более 5 млн га болот с целью добычи торфа и улучшения гидрологического режима почв. Указанные болота представляют значительную пожарную опасность.

Торфяные пожары являются специфическими видами пожаров, при которых тление торфа протекает при недостатке кислорода с выбросом в атмосферу большого количества продуктов неполного сгорания торфа. В результате торфяные пожары наносят огромный экологический вред и создают реальную опасность здоровью населения.

Несмотря на предпринимаемые усилия в последние годы количество и площадь торфяных пожаров увеличивается, что связано с аридизацией климата, а применяемые способы тушения торфяных пожаров трудозатраты и малоэффективны.

Для повышения эффективности тушения лесных пожаров, в том числе торфяных, необходимо их оперативное обнаружение. Последнее обеспечивается сочетанием космического, авиационного (в том числе с применением БВС) и наземного мониторинга, при обязательной последующем наземной обследовании.

Экспериментально установлено, что очаги тления торфа прекращают развиваться вертикально на расстоянии 50–70 см от уровня грунтовых вод. Критическим уровнем влажности, при котором тление торфа прекращается, является 400 % от массы сухого вещества. Указанное объясняет высокую эффективность тушения торфяных пожаров подтоплением очагов тления и подъемом уровня грунтовых вод. При организации работ по тушению следует учитывать, что скорость горизонтальной фильтрации воды в горящем торфе карты из заполненных каналов составляет 0,2–0,3 м /мин. При этом соотношение объемов необходимой для подтопления горячей торфяной карты воды к объему пустого пространства в заполняемых водой каналах составляет 4:1.

Для удержания воды в мелиоративных каналах следует создавать перемычки с перепадом воды на верхнем и нижнем бьефе в пределах 50–100 см и обеспечивать ее продуманный перелив. При выборе мест перемычек надо отдавать предпочтение бобровым плотинам.

Для переброски воды на большие расстояния целесообразно использовать насосные станции типа ПНС-110 и переносные мотопомпы с диаметром рукавных линий 150 мм.

Применяемые в РФ методики оценки ущерба от торфяных пожаров не в полной мере учитывают все негативные последствия и требуют доработки.

Экономическая эффективность тушения лесных торфяных пожаров зависит от способа тушения. Наиболее эффективно тушение пожаров на ранних стадиях созданием плотин способом подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод.

На эффективность тушения существенное влияние может оказывать квалификация работников, задействованных на тушении, и их мотивация на оперативное достижение конечного результата.

В результате исследований производству даны предложения по совершенствованию способов обнаружения и тушения торфяных пожаров на осушенных болотах с использованием подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод.

Установлена необходимость дальнейшего совершенствования нормативно-правовых актов, регламентирующих профилактику, обнаружение и тушение торфяных пожаров.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования

1. Кузнецов, Л.Е. Анализ горимости лесов на территории Уральского Федерального округа / Л.Е. Кузнецов, С.В. Залесов, А.А. Крехтунов, И.М.

Секерин, Г.В. Куксин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 11(137). – URL: <https://research-journal.org/archive/11-137-2023-november/10.23670/IRJ.2023.137.43> (Дата обращения 17.11.2023).

2. Куксин, Г.В. Влияние уровня грунтовых вод и влажности на развитие торфяного пожара / Г.В. Куксин // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 4. – С. 71-84.

3. Кузнецов, Л.Е. Охрана населенных пунктов от лесных пожаров на примере Тюменского района / Л.Е. Кузнецов, С.В. Залесов, И.М. Секерин, А.А. Кректунов, Г.В. Куксин, П.В. Щеплягин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2023. – № 12 (138). – URL: <https://research-journal.org/archive/12-138-2023-december/10.23670/IRJ.2023.138.157> (дата обращения: 04.05.2024).

4. Куксин, Г.В. Анализ оценки ущерба от торфяных пожаров в странах дальнего зарубежья / Г.В. Куксин, И.М. Секерин, С.В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 2. – URL: <https://research-journal.org/archive/2-140-2024-february/10.23670/IRJ.2024.140.43> (дата обращения: 04.05.2024)

5. Кузнецов, Л.Е. Рекомендации по охране и защите населенных пунктов от лесных пожаров / Л.Е. Кузнецов, И.М. Секерин, Г.В. Куксин, А.А. Кректунов, П.В. Щеплягин // Леса России и хозяйство в них. – 2024. – № 1(88). – С. 119-128.

6. Щеплягин, П.В. Отпад деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) после низовых пожаров в сосняке ягодниковом Средне-Уральского таежного лесного района / П.В. Щеплягин, Л.Е. Кузнецов, Г.В. Куксин, И.М. Секерин, С.В. Залесов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. – 2024. – № 1(74). – С. 123-130.

7. Куксин, Г.В. Особенности развития очагов торфяных пожаров в зимний период / Г.В. Куксин, И.М. Секерин, С.В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 3. – URL: <https://research-journal.org/archive/3-141-2024-march/10.23670/IRJ.2024.141.43> (дата обращения: 04.05.2024)

В монографиях и рекомендациях

1. Куксин, Г.В. Степные пожары: профилактика, тушение, правовые вопросы: Методические рекомендации для сотрудников особо охраняемых природных территорий / Г.В. Куксин, М.Л. Крейндин. – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2014. – 128 с.

2. Смелянский, И.Э. Степные пожары и управление пожарной ситуацией в степных ООПТ. Экологические и природоохранные аспекты: Аналитический обзор / И.Э. Смелянский, Ю.А. Буйволов, Ю.А. Баженов, Р.Т. Бакирова, Л.П. Боровик, А.П. Бородин, Е.П. Быкова, А.А. Власов, В.С. Гавриленко, О.А. Горошко, А.В. Грибков, В.Е. Кирилук, О.В. Корсун, М.Л.

Крейндлин, Г.В. Куксин, Г.Н. Лысенко, Н.Ю. Полчанинова, А.И. Пуляев, О.В. Рыжков, З.Н. Рябина, Т.Е. Ткачук. – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2015. – 144 с.

3. Куксин, Г.В. Рекомендации по тушению осушенных торфяных болот. Опыт работы добровольных лесных пожарных / Г.В. Куксин, М.Л. Крейндлин, Н.А. Коршунов. – М.: Ситипринт, 2015. – 110 с.

4. Исаев, Д.И. Рекомендации по тушению осушенных торфяных болот. - Изд. 2-е переработанное и дополненное / Д.И. Исаев, Н.А. Коршунов, М.Л. Крейндлин, Г.В. Куксин, Ю.Б. Петренко, И.Г. Семенов, Ф. Эдом. – М.: Отделение МНКО «Совет Greenpeace», 2020. – 187 с.

В прочих изданиях:

1. Куксин, Г.В. Необходимость оперативной ликвидации торфяных пожаров / Г.В. Куксин, С.В. Залесов, А.А. Кректунов, Л.Е. Кузнецов, И.М. Секерин, П.В. Щеплягин // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. трудов. – Брянск: БГИТУ, 2023. – Вып. 64. – С. 70–72.

2. Куксин, Г.В. Профилактика торфяных пожаров / Г.В. Куксин, А.А. Кректунов, И.М. Секерин, П.В. Щеплягин, А.С. Новожилов // Актуальные вопросы таежного и притундрового лесоводства на Европейском Севере России: материалы науч.-практ. конф. – М.: Т8 Издательские Технологии, 2023. – С. 344–349.

3. Куксин, Г.В. Причины возникновения многоочаговых торфяных пожаров / Г.В. Куксин, Л.Е. Кузнецов, П.В. Щеплягин, И.М. Секерин, А.А. Кректунов // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2024. – С. 148–151.

4. Секерин, И.М. Погодные условия, обусловившие в 2023 г. чрезвычайную пожарную опасность в Свердловской области / И.М. Секерин, А.А. Кректунов, Г.В. Куксин, Л.Е. Кузнецов, П.В. Щеплягин // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2024. – С. 250-254.

5. Секерин, И.М. Проблемы торфяных пожаров и пути их решения / И.М. Секерин, А.А. Кректунов, Г.В. Куксин, Л.Е. Кузнецов, П.В. Щеплягин // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2024. – С. 255-257.

6. Куксин, Г.В. Специфика тушения торфяных пожаров на ранних стадиях / Г.В. Куксин // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: материалы XX всерос. (нац.) науч.-техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2024. – С. 209–212.

Отзывы на автореферат просим направить в 2 экземплярах по адресу:
620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 УГЛТУ, ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.424.02 Магасумовой А.Г.
e-mail: dissovet.usfeu@mail.ru

Подписано в печать _____ Объем 1.0 авт.л. Заказ № _____. Тираж 100.
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. ФГБОУ ВО «Уральский гос-
ударственный лесотехнический университете». Сектор оперативной поли-
графии РИО