

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

На правах рукописи

**Куксин Григорий Валерьевич**

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

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

**Диссертация**

на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор Залесов Сергей Вениаминович

Екатеринбург, 2024

## Содержание

Введение .....	4
1. Виды болот, способы их осушения и последствия прекращения добычи торфа .....	9
1.1. Виды болот. Гидроструктура болот и их окрестностей. Водный баланс болот .....	9
1.2. Особенности торфа как лесного горючего материала .....	19
1.3. Осушенные торфяные болота в бореальной зоне России .....	21
1.4. Виды использования и способы осушения болот, стандарты осушения под фрезерную добычу торфа .....	23
1.5. Последствия прекращения добычи торфа. Зарастание болот. Роль бобров как видов-эдификаторов на осушенных болотах и влияние жизнедеятельности бобров на пожарную опасность .....	28
Выводы .....	30
2. Состояние проблемы лесных торфяных пожаров .....	32
2.1. Специфика возникновения и распространения торфяных пожаров .....	32
2.2. Способы тушения торфяных пожаров .....	42
Выводы .....	51
3. Программа, методики исследований и объем выполненных работ .....	52
3.1. Программа работ .....	52
3.2. Методики исследования .....	53
3.3. Объем выполненных работ .....	58
4. Обнаружение и тушение лесных торфяных пожаров на осушенных болотах .....	60
4.1. Специфика обнаружения и обследования торфяных пожаров ....	60

4.2. Организация тушения торфяных пожаров подтоплением и поднятием уровня грунтовых вод .....	76
4.2.1. Тушение подтоплением с использованием рельефа местности и имеющихся перепадов уровней воды без перекачивания последней насосами .....	78
4.2.2. Тушение подтоплением и подъемом уровня грунтовой воды с использованием перекачивания воды насосами .....	86
4.3. Влияние влажности торфа и уровня грунтовых вод на развитие очагов тления .....	90
4.4. Способы удержания и переброски больших объемов воды на торфяном пожаре .....	102
Выводы .....	112
5. Экономическая оценка тушения торфяных пожаров .....	114
5.1. Анализ стоимости тушения торфяных пожаров на различных стадиях их развития и различными способами .....	114
5.2. Выбор наиболее экономически целесообразных стратегий борьбы с торфяными пожарами с учётом стоимости их тушения и причиняемого ущерба .....	132
5.3. Экономическое обоснование тушения обводнением и подъемом уровня грунтовых вод .....	139
5.4. Влияние квалификации и мотивации участников тушения на результативность и стоимость работ по ликвидации многоочаговых торфяных пожаров на осушенных болотах .....	139
Выводы .....	147
Заключение .....	149
Библиографический список .....	151
Приложения .....	168

## ВВЕДЕНИЕ

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 раз-

личных 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 расчетов) необходимых объемов 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 прилегающих 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 гидрорелесомелиорации.

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 объёмом 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 лесочетных работ и лесоправления 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 ком-

плексу 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 установления.

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.



# 1. ВИДЫ БОЛОТ, СПОСОБЫ ИХ ОСУШЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ ПРЕКРАЩЕНИЯ ДОБЫЧИ ТОРФА

## 1.1. Виды болот. Гидроструктура болот и их окрестностей. Водный баланс болот

Существует множество определений болот, которые учитывают наличие торфа различной мощности (толщины) залежи, либо болотной растительности. Согласно ГОСТ 19179-73 (1973) болото – это природное образование, занимающее часть земной поверхности и представляющее собой отложения торфа, насыщенные водой и покрытые специфической растительностью. В то же время С.В. Залесов и А.В. Тукачева (2018) характеризуют болото как нелесные земли лесного фонда с избыточным застойным или относительно проточным увлажнением, характеризующиеся болотным типом почвообразования со слоем торфа не менее 30 см в неосушенном и 20 см в осушенном состоянии.

Большинство авторов (Сукачев, 1926; Богдановская-Гиенэф, 1949; Пьявченко, 1963; Пьявченко, Козловская, 1974; Боч, Мазинг, 1979) отмечают, что болото – это сложная экологическая система, развивающаяся в условиях постоянного или периодического избытка влаги и дефицита кислорода.

В Большой советской энциклопедии (1969–1978) под болотом понимается избыточно увлажненный участок земли, на котором происходит накопление неразложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в торф. В то же время М. Succow и Н. Joosten (2001) определяют болота как ландшафты, в которых идет образование торфа или поверхностный торфяной слой уже сформирован.

В лесном хозяйстве, согласно ОСТ 56-108-98 (1998), под болотом понимаются участки избыточно увлажненных нелесных земель с древесной растительностью или без таковой, на которых лесорастительные условия не обеспечивают произрастание сомкнутых древостоев.

Согласно лесоустроительной инструкции (Инструкция..., 1995) к категории болото относят участки лесного фонда с поверхностным слоем торфа глубиной не менее 30 см в неосушенных местах и 20 см в осушенных, при отсутствии на них древесной растительности или при наличии её с полнотой 0,3 и менее для молодняков и 0,2 для других групп возраста.

Как следует из приведенных данных точка зрения науки и практика существенно различается, но общим при определении болота является избыточное увлажнение, недостаток кислорода, болотный тип почвообразовательного процесса и накопление торфа. Есть болота, где идёт процесс торфообразования (это живые, растущие болота), есть сформировавшиеся торфяные болота и болота осушенные, с изменённым гидрологическим режимом. Для целей исследования в дальнейшем мы будем рассматривать только те типы и виды болот, в которых есть накопленный запас торфа, способного гореть.

Сложность болот как природных экосистем вызывает необходимость их классификации, то есть распределения болот по типам, объединенным общими признаками.

Наиболее распространено деление естественных болот на «низинные», «переходные» и «верховые». Понятия «верховые» и «низинные» болота пришли в XVIII веке из Голландии и сначала отражали лишь особенности рельефа: верховыми называли болота на возвышенностях, а низинными – расположенные в ложбинах и низменностях. Позже добавилась информация о растительности. На верховых болотах доминируют сфагновые мхи, в низинных чаще всего встречаются травянистые растения (тростник, осоки), гипновые мхи или черноольховые леса. Со временем учёные поняли, что растительность и многие особенности формирования болота зависят от типа водного питания болот: если болото питается атмосферными осадками, не содержащими минеральных веществ, – это олиготрофное питание, грунтовыми (почвенными, склоновыми, речными, морскими) водами – эвтрофное питание. Появилось понятие о промежуточных стадиях, так называемых «переходных» болотах, со

смешанным (мезотрофным) питанием. Их выделяли преимущественно на равнинах. С накоплением знаний о типах питания болот стало известно, что специфическая «материнская» растительность, которая является следствием разных типов питания болота, формирует разные виды торфа, которые в структуре своего послойного накопления отражают условия питания, в которых формировались.

Таким образом, исторически сформировавшиеся и широко применяющиеся названия для основных типов болот (верховые, переходные, низинные) отчасти отражают особенности рельефа, отчасти характер растительности и состав преобладающих растений-торфообразователей, отчасти сформировавшийся залежи торфа тип водного питания преимущественно олиготрофный для верховых болот, преимущественно эвротрофный для низинных, и преимущественно мезотрофный для переходных. Верховое, переходное или низинное болото обычно определяется или существующим растительным покровом, или верхним слоем верхового, переходного или низинного торфа. Таким образом, исторически сложилось, что термины «верховые», «переходные» и «низинные» болота, а также «торфяники и залежи торфа» говорят нам о разных явлениях и процессах в торфяниках. В каждом случае важно понять, о какой именно характеристике идёт речь.

В России также принято классифицировать болота, и особенно болота, подвергшиеся осушению, (осушенные торфяные залежи) по химическим свойствам и ботаническому составу торфа. То, что называется в документах верховым, переходным или низинным болотом, подлежащим осушению, во время разведки торфяного месторождения оценивалось прежде всего по видам и типам торфа, преобладающих по накопленным объемам (запасам). Эти типы и виды торфа могут стать основой для отнесения всей торфяной залежи к какому-то типу. Обычно выделяют следующие типы:

1. Низинные торфяные залежи или месторождения. Больше половины профиля по глубине занимают низинные вида торфа. Выше низинных торфов

могут находиться переходные и верховые виды торфа, но низинные преобладают. Толщина верхового торфа – не более 0,5 м.

2. Переходные торфяные залежи или месторождения. Больше половины профиля по глубине занимают переходные вида торфа. Толщина верхового торфа – не более 0,5 м. Ниже переходных торфов могут быть и низинные. Это значит, что переходные торфяные залежи могут быть как переходными, так и верховыми болотами.

3. Смешанные торфяные залежи или месторождения включают залежи, сложенные в нижней толще низинным или переходным торфом, а сверху покрытые слоем верхового торфа толщиной более 0,5 м, но не превышающим половины общей глубины залежи. Это значит, что почти все смешанные торфяные залежи относятся к верховым болотам по их состоянию (типу водного питания) до начала добычи.

4. Верховые торфяные залежи или месторождения: верховые типы торфа занимают больше половины профиля, верховой торф на поверхности. Почти все верховые торфяные залежи являются и верховыми болотами по типу водного питания на момент начала осушения и добычи.

Одно торфяное болото в пространстве и в глубине, как правило, состоит не из одного вида или типа торфа. В ходе своей эволюции болота менялись – менялись и растительность, и торф, и связанные с ними рельеф и типы питания. Обычно направление развития торфов идёт снизу-вверх от низинных к более бедным по химическому составу верховым торфам. Однако развитие болота до верховых торфов возможно только если разница между осадками и испарением положительная – влаги испаряется меньше, чем выпадает. Тогда при росте толщины болота всё меньше грунтовых вод поднимаются до поверхности, а в верхних слоях всё большую роль играют осадки. В нижних частях торфяника ещё будет иметь значение подземное, склоновое питание, но оно не будет в полном объёме достигать поверхности болота, фильтруясь до водоприёмника или по склону низкого края торфяника.

Для тушения торфяных пожаров и удержания воды важно иметь представление о бывших и актуальных типах водного питания болота и о том, как об этом узнать из строения торфяной залежи. Например, если на одном из этапов развития торфяного болота участок подпитывался тем или иным источником воды, тогда, возможно, это питание ещё сохраняется или его можно восстановить в ходе мероприятий по удержанию воды.

Существуют два основных типа водного питания торфяника: омброгенный, или атмосферный (дождь, снег, град, конденсат) и минерогенный, т.е. воды, которые после выпадения осадков уже имели контакт с минеральным грунтом. В зависимости от источника, минерогенные воды подразделяются на литогенные (подземные и грунтовые воды), солигенно-стоящие (почвенно-стоящие), солигенно-двигающиеся (почвенно-склоновые), флювиогенные (речные), лимногенные (озёрные, прудовые) и талассогенные (морские). Большинство торфяников имеют питание, смешанное из этих разных видов. Для появления типичной растительности на болоте важны свойства воды: трофность (наличие азота, фосфора) и кислотность (рН). По трофности воды делятся на олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные, по кислотности – на кислые, нейтральные и щелочные. Атмосферные воды обычно считаются олиготрофными в районах с чистым воздухом – в местах, где нет вулканов, а также промышленного, сельскохозяйственного или других антропогенных источников загрязнения воздуха. Качество минерогенных вод зависит от качества породы, растительности и антропогенного использования территории, прилегающей к торфянику. Разные источники питания на торфяниках содержат разные растворимые и другие вещества. Вода может транспортировать минеральные частицы (песок, пыль) или эродированный торф. Подземные воды из разных водоносных горизонтов обычно сильно отличаются друг от друга по качеству и химическому составу воды. Например, в верхних горизонтах больше нитратов, в глубоких горизонтах больше железа, кальция. От источника воды зависит и режим колебания питания, который тоже влияет на

виды растительности и процесс образования торфа. Осадки и почвенные воды подвержены большим колебаниям, подземные воды – меньшим, и тем меньше, чем глубже, мощнее и шире водоносный горизонт. Воды из разных источников, проходя через болота и торфяную залежь, меняют свои качества: растительность и торф фильтруют вещества, в естественных мокрых болотах некоторые вещества осаждаются, другие вещества, особенно в осушенных болотах, вымываются. Идут процессы разбавления или увеличения концентрации тех или иных веществ. Например, маломинерализованная вода из бедных (песчаных) водоносных горизонтов или лесных склонов, пройдя через болото, становится олиготрофной, хотя её источник (тип питания) является минерогенным. Получается, что есть олиготрофные части болота, для которых тип вегетации актуальной на момент наблюдения живой растительности на поверхности, растительности в верхнем отмирающем слое (его называют очёс) или в верхнем слое торфа называется верховым, хотя по типу водного питания болото – низинное. Делать вывод о типе торфа, основываясь исключительно на типе питания болота, неверно. Исходя из этого немецкий болотовед Michael Succow создал свою систему классификации болот, основанную на разных типах питания, болотной растительности и торфов (Succow, 1988; Succow, Joosten, 2001) и ввёл понятие «гидрогенетические типы болот».

Знания о типе водного питания болот и о влиянии различных типов водного питания и влияния вод различного происхождения, различной трофности, кислотности и минерального состава на характер растительности и характер животного мира, позволяет при полевых наблюдениях в условиях пожара делать предварительные выводы о наличии источников грунтового питания, о характерных колебаниях уровня грунтовых вод для конкретного участка местности, что позволяет существенно ускорить проведение необходимых измерений для принятия решения о возможности или невозможности тушения пожара подтоплением для конкретного участка.

### *Гидроструктура болот*

Современные учёные рассматривают торфяное болото и его окрестности как единое целое, понимая, что болото не только зависит от окружающей его местности, но и влияет на неё. Приняв это, мы соглашаемся с тем, что любое изменение, сделанное человеком (в том числе пожар и его тушение) или естественное развитие торфяника или его окрестностей влияет на всю систему в целом. Болота, в том числе пожароопасные осушенные торфяники, имеют топографическую, гидрологическую, гидрогеологическую окрестность, которая влияет на них и на которую и сейчас, и раньше (до осушения) и после обводнения влияют они. Болото или торфяник и их окрестности имеют гидрологическую пространственную структуру – гидроструктуру. Понимание гидроструктуры важно для оценки состояния болота или торфяника. Мероприятия по профилактическому обводнению и послепожарному восстановлению болот – это длительная и ответственная работа, для которой знание гидроструктуры необходимо, чтобы мы могли спрогнозировать дальнейшее развитие болотного комплекса. Внутренняя гидроструктура – это сам торфяник, болото или его часть. Понимание внутренней гидроструктуры даёт нам информацию о том, как течёт вода в болоте (или как сможет течь) и где находится уровень грунтовых (болотных) вод. Внешняя гидроструктура – это та среда за пределами внутренней структуры, которая влияет на болото или торфяник и на которую он влияет сейчас или в перспективе после обводнения. Определение внешней гидроструктуры очень важно для тушения пожаров или удержания воды.

Внешняя гидроструктура болота определяет системные границы, в рамках которых мы будем рассматривать проекты по тушению горящих болот методами подтопления и проекты по профилактическому обводнению болот. Изучение не только внутренней, но и внешней гидроструктуры болота необходимо для того, чтобы избежать ошибок, которые приведут к неустойчивости гидрологического режима. Большинство болот имеет подземные и поверх-

ностные гидрологические водосборы, т.е. ареалы, откуда притекают подземные или поверхностные воды. Сюда включаются и так называемые верховые болота, потому что многие из них имеют в своих нижних слоях гидравлическую связь с лежащим ниже или рядом низинным торфом. Поверхностные водосборы определяются по рельефу, подземные – по региональным изогипсам подземных вод.

Уровень воды нижележащих по отношению к болоту водоёмов (рек, озёр), часто сильно колеблется. К рекам, озёрам текут подземные воды, которые выходят из болота. Поэтому уровень воды в них определяет, сколько воды из болота может вытекать подземным путём. Если они углублены в ходе регулирования рек или вновь созданы (как мелиоративные каналы), из болота вытекает больше воды, чем было бы в естественном состоянии. Кроме этого, от некоторых таких водоёмов может идти временное затопление во время весенних паводков, которое тоже важно для болота. Если в окрестности болота или торфяника используют подземные (в том числе грунтовые) воды, меньше воды придёт в торфяник или больше уйдёт из торфяника, т.е. в целом уровень грунтовых вод на некоторых участках торфяника понизится. Это может быть забор подземных вод для питьевых и хозяйственных нужд, карьеры, где добывают полезные ископаемые (песок, гравий) ниже уровня грунтовых вод, постройка населённых пунктов и дачных посёлков с множеством колодцев или осушительных каналов. В результате в части торфяника будет суше, чем было бы в естественном состоянии, мало воды остаётся для тушения пожаров и труднее её удержать. В ходе естественного роста болота также могут затапливаться или заболачиваться соседние территории, образуются новые болота, заболоченные земли и леса. В этом случае это естественная зона влияния болота. Так называемая климатическая окрестность и её состояние также влияет на величину испарения с торфяника. Например, лес в окрестности болота способствует значительному снижению испарения с поверхности болота, поскольку уменьшает скорость ветра. Водоёмы с большой испаряющей поверхностью,



которые увеличивают влажность воздуха на пути ветра в направлении болота также могут снижать испарение с болота. Анализируя внешнюю гидроструктуру болота, важно внимательно изучить гидравлическую связь торфяника с водоносными горизонтами. Важно определить откуда (из каких водоносных горизонтов) могут притекать подземные воды или оттекать воды из болота подземным путём. От слоистости, глубины, пространственного распространения, существования подземных барьеров этих горизонтов зависит объём водообмена между торфяником и окрестностями. На болотах довольно часто бывают так называемые «гидравлические окна», т.е. места в малопроницаемых слоях с большой водопроницаемостью, где подземные воды могут больше притекать или оттекать. Гидравлические окна могут быть созданы искусственно, например, если осушительный канал копали до песчаного грунта. Тогда именно на этих местах вытекают или притекают подземные воды.

Элементы гидроструктуры мы можем определить на основе анализа топографических, в том числе архивных, материалов и благодаря анализу геодезических, геологических, гидрологических, почвоведческих, геоботанических данных.

Полевые наблюдения при обследовании (разведке) пожара, если они опираются на знание общего геологического строения окрестности болота и свойств торфяной залежи, также могут дать основу для дальнейшей проверки каких-то предположений о гидроструктуре, в том числе о наличии под поверхностью болота гидравлических окон или выходов водоносных горизонтов. В частности, нетипичная для бедного по минеральному составу болота растительность может говорить о локальном выходе минерогенной воды. Наличие многочисленных брюхоногих моллюсков с раковинами может дать предположение о локальном участке с кальцинированной водой, которая может прийти на верховое болото только из нижерасположенных водоносных горизонтов через гидравлическое окно, наличие в бобровых прудах воды другого цвета по сравнению с водой в примыкающих каналах может дать предположение о том,

что животные использовали и окружили своими плотинами источник минеральной воды, менее подверженный сезонным колебаниям и т.п.

### ***Водный баланс болот***

Водный баланс болота – это соотношение всех объёмов воды, суммарно поступивших в болото и покинувших его.

Знания о водном балансе и гидроструктуре позволяют понять, откуда вода поступает на болота разных типов, какими путями и способами она с него уходит, и исходя из этого выработать меры по удержанию или снижению потерь воды на осушенном болоте.

Вода, как правило, поступает в болото: в виде осадков – дождя, снега или града, конденсации влаги; в результате притока подземных вод с подземного гидрологического водосбора, возможно, из разных водоносных горизонтов; при стекании с более высоких участков рельефа (склоновые воды), с поверхностного гидрологического водосбора; когда ручей или речка впадает в район торфяника; при временном затоплении от соседних рек, озёр или морей.

Вода покидает болото в результате стока по каналам осушительной сети или рекам и ручьям, вытекающим из болота; при транспирации, т.е. испарении с поверхности листьев деревьев, травы и мха в процессе жизнедеятельности растений, незаметного, но сильного (особенно летом); зависит также от солнечной радиации и ветра; испаряется (физическое испарение) с открытой водной поверхности каналов и низких переувлажнённых мест (здесь также влияет инсоляция, т. е. уровень солнечной радиации и ветер: чем они выше, тем сильнее испарение); в результате физического испарения задержанных растениями осадков (интерцепция); вода просачивается в нижележащие грунты, не являющиеся водоупорными, через торфяную залежь или дно каналов, углублённых до песка.

В зависимости от разности объёмов воды, попавшей на болото и покинувшей его, т.е. положительного или отрицательного водного баланса, уровень воды в таком болоте повышается или падает. Это в свою очередь связано

и с уровнем болотных (грунтовых) вод под поверхность болота, с уровнем свободной воды в каналах осушительной сети и в пожарных водоемах.

Имея определённые исходные данные, можно рассчитать элементы водного баланса и характер их изменения в течение года и в течение длительного пожара, а также объемы воды, которые могли бы существенно сместить водный баланс в сторону профицита для подъема уровня грунтовых вод и уровня свободной воды. Именно такие расчеты дают возможность оценить возможность или невозможность тушения с применением методов подтопления на конкретных болотах в конкретное время года.

## **1.2. Особенности торфа как лесного горючего материала**

Торф – это органический грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащий 50 % и более (по массе) органических веществ (ГОСТ 25100-95).

На основании лабораторных химических и ботанических исследований, согласно классификации видов торфа, различают 26 видов торфа в 12 группах (Романов, 1961). В полевых условиях как правило не определяют низинный, переходный или верховой тип торфа, а определяют только ботанический состав торфа с основной и второстепенной составляющими, всё остальное – «примеси». Например, сфагновый, буромошный, крупноосоковый и другие виды торфа. Полевые исследования обычно проводятся бурением – вид торфа определяется прямо в керне торфяного бура. Тем не менее, знание того, какой тип и вид торфа вовлечен в горение, дает понимание некоторых важных характеристик этого топлива. Согласно данным многочисленных исследований свойств торфа как топлива, наибольшее значение для скорости процессов горения, температуры горения, обилия образуемой золы, вероятности образования торфяного полукокса и кокса (угля), имеют: влажность торфа, его плотность, его ботанический состав, а также зольность, во многом определяемая

ботаническим составом и типом водного питания, при котором образовался этот вид торфа (Горфин, Зайцев, 1983; Наумович, 1984).

При этом для всех видов торфа есть и общие свойства, отличающие торф от других лесных горючих материалов. В частности, в составе торфа – высокое содержание битумных смол, которые при тлении вскипают, испаряются и конденсируются на близлежащих, холодных, т.е. не горящих участках торфа, пропитывая их собой. В результате поверхность и границы тлеющего участка часто становятся почти непроницаемы для воды, что определяет некоторые сложности при прямом тушении торфа водой (плохое смачивание тлеющих участков). Из-за особенностей химического состава торфа и из-за дефицита кислорода в реакции тления в торфяной залежи, в процессе горения в очагах образуются полукокс и торфяной кокс. Это твёрдые гидрофобные образования, часто формирующие пласты в нижней части и в стенках торфяного очага. Для них характерна низкая температура воспламенения и большая теплота сгорания. Под ними в очаге может уже вовлекаться в процесс пиролиза или уже начинать тлеть торф, но это крайне сложно обнаружить и потушить, т.к. торфяной кокс не даёт воде просочиться внутрь и не пропускает тепло и дым изнутри очага, по которым можно обнаружить такие скрытые очаги. В осушенных торфяниках скрыт огромный запас горючего материала. На 1 м<sup>2</sup> осушенного торфяника может выгорать до одной тонны горючего материала за один сезон (при глубине очагов в среднем до 1,5 м). Торф может тлеть при очень высокой влажности в сравнении с другими лесными горючими материалами. Запас воздуха в осушенном торфе позволяет длительное время поддерживать тление без доступа внешнего окислителя. Это отчасти объясняется пористой структурой торфяной почвы, отчасти внутренними полостями в клетках высушенного неразложившегося сфагнума. Распространение почвенного торфяного очага и его «дыхание», т.е. диффузия кислорода и отвода газов горения, зависит от пористости торфа, которая определяется степенью его уплотнения. Деятельный горизонт и верхние горизонты естественных болот

имеют высокую естественную пористость. Торф сильно уплотнён после фрезерной торфодобычи или сельскохозяйственного использования, где по нему многократно проходила тяжёлая техника. Ещё сильнее он уплотнён под дорогами и бывшими узкоколейками, по которым вывозили торф.

Из этих общих свойств для всех видов торфа следуют общие особенности распространения почвенных очагов.

Помимо микроструктуры торфа как топлива, также можно говорить и о макропористости торфа, которая зависит от многих внешних факторов, под влиянием которых изменялась поверхность торфяной залежи. Макропоры – это норы животных или полости вокруг корней деревьев. Есть примеры, когда почвенные пожары распространялись по норам животных (чаще всего по норам бобров) или по линиям корней деревьев. Пожары в таких макропорах относительно быстро развиваются под поверхностью почвы, очаги разрастаются, опережая тление по поверхности почвы, появляются подземные горящие полости, куда можно провалиться при тушении пожара. Также в осушенном торфе бывают трещины, на дне которых тоже может образоваться полость. Они развиваются в процессе почвообразования в сильно осушенных торфах, часто по техническим причинам – из-за частой весовой нагрузки, а также около краёв торфяного очага. В процессе пиролиза (тления с недостатком кислорода) выделяются горючие газы. Они горят в скрытых полостях и норах животных. Особенно опасно такое горение в разветвлённых норах с притоком воздуха и образованием тяги. Так, в бобровых норах по берегам осушительных каналов очаги нередко распространяются на несколько метров. В такие подземные очаги легко могут провалиться участники тушения.

### **1.3. Осушенные торфяные болота в бореальной зоне России**

Общая площадь осушенных торфяников в России – не менее 5 млн га. Абсолютное большинство осушенных болот расположено в умеренном поясе, в бореальной зоне, где в зимние месяцы выпадает снег, а в летние достаточно

сухо и тепло, что во многом определяет закономерности в возникновении и развитии пожаров.

В советский период болота массово осушались как для добычи торфа, так и для нужд сельского и лесного хозяйства. Поскольку осушение болот было вызвано потребностью в доступном топливе для электростанций, для промышленных предприятий, а также потребностью в доступных сельскохозяйственных угодьях и высокопродуктивных лесных насаждениях, осушенные болотные территории находятся, как правило, вблизи населенных пунктов в достаточно густонаселенных частях страны, что определяет высокую вероятность возникновения на них антропогенных пожаров. В связи со сменой технологий и прекращением массовой добычи торфа, большая часть осушенных ранее болот еще в конце XX века превратилась в заброшенные земли, часть из которых вторично заболотились. Отрасли народного хозяйства, ради которых осушали торфяные болота, либо почти прекратили своё существование, как торфяная энергетика, либо переживают не лучшие времена, как сельское и лесное хозяйство. Кроме того, технологии в сельском хозяйстве уже не предполагают такие большие объемы экстенсивно используемых площадей.

Учёт бесхозных осушенных торфяников практически не ведётся в регионах, многие ранее собранные по осушенным болотам материалы утеряны с ликвидацией торфопредприятий. Осушенные торфяные болота представляют наибольшую опасность: на них чаще всего возникают торфяные пожары.

С каждым годом с торфяными пожарами сталкивается всё больше регионов России. Малоснежные зимы и летние засухи, которые случаются всё чаще, в сочетании с существующей привычкой людей выжигать сухую траву приводят к тому, что пожаров становится всё больше, а их масштабы всё разрушительнее.

Когда болото осушают, в его гидроструктуре многое меняется. Это напрямую влияет на пожароопасность торфяника, на возможные способы тушения торфяных пожаров и удержания воды. На осушенном болоте понижа-

ется уровень грунтовых вод, меняются типы питания торфяника и объёмы поступающей в него воды. Часть склоновых и подземных вод уже не достигает всех участков болота, так как уходит через систему каналов; где-то вода фильтруется в грунт, в том числе, иногда, особенно в периоды длительных засух, через так называемые гидравлические окна, уходя, в расположенные ниже, водоносные горизонты.

В центральных и северо-западных регионах России, а также в регионах Урала, добыча торфа в качестве топлива для электростанций и предприятий была самым распространённым видом использования торфяных болот. Именно в этих регионах в основном в последние десятилетия горят заброшенные торфяники. В этих же регионах, а также в Прибайкалье, в Западной Сибири, горят торфяники, осушенные под нужды сельского хозяйства.

Помимо осушения с целью добычи торфа, с целью преобразования болота в сельскохозяйственные угодья или в осушенную площадь под создание лесных культур, существует ещё «незаметное» или попутное осушение. Вокруг торфяников и на минеральных островах болот за многие годы появились или расширились населённые пункты и дачные посёлки, где люди не только используют грунтовые воды, «отнимая» их из поступлений в водном балансе торфяников, но и пользуются территорией с новым, более низким уровнем грунтовых вод: строят дома, а в домах подвалы. Такие подробности водного режима и режима использования территории необходимо выяснять до начала работ по тушению пожара методами подтопления, чтобы лучше спланировать тушение и водоудержание, не причинив вреда существующим хозяйственным объектам.

#### **1.4. Виды использования и способы осушения болот, стандарты осушения под фрезерную добычу торфа**

Осушение болот очень трудоемкий процесс, и технологии позволили массово осушать болота только в XX веке. Обычно в зависимости от предпо-

лагаемого вида использования болота люди выбирали конкретный участок, и способ его осушения, требующие минимальных затрат и позволяющие с максимальной выгодой использовать осушенную землю. Так, для подготовки заболоченного участка под нужды сельского хозяйства выбирались прежде всего низинные болота с более богатым минеральным составом торфа. На них системой каналов-осушителей или коллекторов поверхностная вода отводилась в каналы-собиратели (коллекторы второго порядка), а затем в магистральный канал. Уклоны в осушительных каналах были не очень большие (обычно около 0,5 м на 1 км длины канала), что позволяло обеспечить равномерность влажности грунта. Расстояния между осушительными каналами довольно большие для того, чтобы обеспечить проезд широкозахватной техники. Часто использовался скрытый дренаж (вкопанные в поле керамические трубки-дрены или закрытые только сверху кротодрены и т.п.). В некоторых случаях создавались оросительно-осушительные системы двойного назначения, позволяющие при необходимости не только отводить избыток воды с полей, но и, наоборот, в случае затяжной засухи, например, удерживать в каналах воду для поддержания оптимального для растений уровня увлажнения. Для лесной мелиорации использовали менее затратные, но сходные с сельскохозяйственной мелиорацией приемы.

Для добычи торфа в качестве топлива и удобрения в разные годы применялись различные приемы и способы осушения.

Существуют три основных способа добычи топливного торфа: карьерный (в том числе резной, элеваторный, багерный), гидравлический (гидродобыча) и фрезерный. Каждому из них соответствует свой способ осушения болота, особенности которого важно учитывать при тушении торфяных пожаров. При этом одно болото могло разрабатываться не одним, а двумя или всеми тремя перечисленными способами.

На давно освоенных человеком болотах довольно часто можно наблюдать различные способы осушения. Встречаются также болота, где после до-



бычи территория выравнивалась и адаптировалась под фрезерную добычу, а после фрезерной добычи рекультивировалась и превращалась в осушенные сельскохозяйственные угодья или в участки, подготовленные для рыбного хозяйства и т.п.

Карьерный способ добычи – самый старый. Торф выкапывали из отдельных небольших близкорасположенных карьеров и отвозили на специальные поля сушки по окраинам болота или карьера.

К карьерному способу можно отнести разные методы извлечения торфа из залежи:

- резной – торф добывали вручную, специальной лопатой;
- элеваторный – торф извлекали вручную, но поднимали куски торфа из карьера при помощи конвейера-элеватора;
- багерный – торф добывали многоковшовым экскаватором.

Карьеры для добычи торфа делались глубиной до 4–5 м, шириной 4–10 м. При всех карьерных способах осушительную канаву для конкретного участка рыли, как правило, только одну, через центр болота. Карьеры копали по обе стороны канавы. Когда первый карьер наполнялся водой, его прекращали разрабатывать и начинали следующий. Между карьерами оставляли перемычку шириной 1–1,5 м. Именно эти перемычки, а также стенки карьеров и окраины торфяника, и горят при торфяном пожаре. Сами карьеры обычно уже заросли моховой сплавиной, но, если её раскопать, они могут служить источником воды для тушения. На космоснимках торфяники с карьерным способом добычи часто выглядят как параллельные зелёные полосы – это перемычки между рядами карьеров, заросшие деревьями.

### ***Гидродобыча торфа***

При этом способе добычи торфяную залежь размывали мощными струями воды из так называемых гидромониторов (мощных лафетных стволов), получившуюся текучую торфомассу закачивали насосом-торфососом и по

сборным трубопроводам большого диаметра перекачивали на поля сушки, расположенные по окраинам болота.

Выработанные таким способом торфяники представляют собой отдельные слегка изогнутые прямоугольные карьеры, длиной чаще всего 120–130 м, шириной около 35–40 м, разделённые сеткой перемычек. Во многих местах перемычки со временем разрушились, оплыли, и карьеры слились в один большой водоём, привлекающий рыбаков. При этом способе добычи болота практически не осушали. Однако на них остались перемычки, проложенные по торфу дороги и технологические площадки, которые могут гореть. Следует учитывать, что, из-за того, что болото почти не осушалось, именно на карьерах гидроторфа уровень перемычек между карьерами максимально близок к неосушенному болоту (проседание торфа произошло только из-за окисления и усадки торфа в верхней, подсушенной части перемычек), а уровень воды может держаться значительно (на 1–3 метра) выше, чем даже поверхность выработанных торфяных карт на соседних, более поздно разработанных участках того же болота. Эта особенность участков, где торф добывался гидроспособом, часто может быть использована при тушении подтоплением соседних горящих участков бывшей фрезерной добычи.

### ***Фрезерный способ добычи торфа***

Это самый механизированный и производительный способ добычи топливного торфа.

Под него делалась самая масштабная и разрушительная для болота осушительная система каналов, а саму поверхность торфяника тщательно готовили: расчищали от деревьев и кустарников, удаляли верхний деятельный горизонт (очёс), выравнивали.

Во время добычи верхний слой торфяной залежи толщиной до 30 мм разрыхляли специальными фрезерными барабанами и оставляли высыхать под воздействием солнца и ветра. После этого сухой торф собирали и отвозили для временного хранения в караванах (штабелях), потом цикл фрезерования и

сушки повторялся.

Основная осушительная сеть при фрезерном способе состояла из магистральных (самых крупных), валовых и картовых каналов.

По магистральным каналам вода сбрасывалась с болота в водоприёмник, как правило в реку с сильным течением или спрямлённым руслом.

Валовые каналы впадали в магистральные и делили болото на отдельные торфяные поля (торфополя). Для заезда на торфополе делали несколько трубопереездов через валовый канал.

Картовые каналы делили торфополе на отдельные торфяные карты (торфокарты) и отводили воду непосредственно с карт в валовые каналы. В начале и конце каждой карты для тракторов были созданы трубопереезды (мосты, сделанные из бетонных труб) через картовые каналы. Также в этих местах располагали штабели добытого торфа.

По периметру торфяника выкапывали нагорные и ловчие каналы, которые отсекали поступление поверхностных и подземных вод соответственно. При этом ловчие каналы для перехвата подземных напорных вод могли располагаться не только по границам, но и внутри торфяника. Кроме того, иногда прокладывали водоподводящие противопожарные каналы (Кузьмин, 1993; Корневич, Петрова, 2013).

По расстоянию между каналами можно сделать предположение о типе осушения болота.

Так, для фрезерной добычи стандартный размер торфяной карты на верховом болоте составляет  $20 \times 500$  м, на низинном –  $40 \times 500$  м. То есть между картовыми каналами расстояние будет 20 м и 40 м соответственно. Разница обусловлена тем, что коэффициент фильтрации верхового торфа меньше, чем низинного, т.е. верховой торф хуже пропускает воду.

Если между каналами 60–70 м и более – это, как правило, осушение торфяника под сельское хозяйство или лесовыращивание.

### **1.5. Последствия прекращения добычи торфа. Заращение болот. Роль бобров как видов-эдификаторов на осушенных болотах и влияние жизнедеятельности бобров на пожарную опасность**

Прекращение массовой добычи торфа из-за перехода электростанций на газовое топливо произошло в очень короткие в историческом масштабе сроки (80-90-е годы XX века). В большинстве случаев торфопредприятия не успели и не смогли до своего фактического закрытия рекультивировать ранее осушенные земли. Последовавший вслед за прекращением массовой добычи торфа период глобальных перемен в нашей стране усугубил ситуацию с пожароопасностью осушенных болот. Многие регионы раздавали такие земли в качестве дачных участков. Инфраструктура (прежде всего сети узкоколейных железных дорог) была разрушена, большинство гидротехнических сооружений пришло в негодность, в том числе из-за сдачи на металлолом всех железных частей конструкций. Массовый и бесконтрольный приток людей, собирающих на зарастающих площадях бывших торфопредприятий грибы, ягоды, металлолом, ловящих рыбу и охотящихся, привел к резкому росту числа торфяных пожаров. Причем в отличие от ситуации с действующими торфопредприятиями, для которых наибольшая пожарная опасность наступала в жаркие летние месяцы и была связана с работами по фрезерованию и сушке торфа, для заброшенных территорий пик пожарной опасности приходится на весенние и осенние месяцы, когда на поверхности почвы есть высохшая травянистая растительность, способная поддерживать обширные беглые низовые пожары. Экономическая ситуация не способствовала тому, что такие пожары эффективно тушились бы на ранних стадиях, что привело к еще большему разрушению инфраструктуры бывших торфопредприятий (прогорание насыпей бывших узкоколейных железных дорог), к обширным завалам из мертвой древесины с подгоревшими корнями, а также к изменению гидрологического режима болот в результате разрушения стенок части каналов и выгорания обширных ям-прогаров, ставших новыми водоемами.

Заброшенные территории торфопредприятий стали местами обитания для многих видов животных и растений. Высокая степень фрагментированности, разнообразие условий по микрорельефу, обилие водных объектов и относительно низкая посещаемость этих мест людьми, создали условия для временного роста биоразнообразия. Заброшенность таких обширных водных систем, сложенных каналами, спрямленными реками и ручьями, а также зарастание их древесной растительностью, в том числе такими влаголюбивыми породам как осина и ива, способствовали массовому расселению на этих территориях бобров, численность которых к этому периоду уже была восстановлена в России.

Бобры как виды-эдификаторы, формируя обширные подтопленные территории на ране осушенных торфяных болотах, существенно влияют на пожарную опасность. Эти животные своей строительной деятельностью существенно замедляют сток воды с болот, таким образом в среднем заметно снижая пожарную опасность. Их плотины удерживают воду и повышают уровень грунтовых вод на прилегающих участках. Очень часто при тушении торфяных пожаров единственными водоемами являются бобровые пруды. При тушении подтоплением часто именно бобровые плотины являются оптимальными местами для возведения перемычек для удержания воды. Наблюдения на торфяных пожарах в Тверской и Свердловской областях показали, что крупные бобровые поселения часто приурочены к местам с интенсивной подпиткой грунтовыми водами, и система плотин часто удерживает большие запасы воды именно на участках с такими гидравлическими окнами, что обеспечивает водой бобровые поселения даже в периоды длительных засух. Если это подтвердится дальнейшими наблюдениями, то эту особенность биологии животных можно будет пробовать использовать для поиска решений, связанных с тушением подтоплением и с профилактическим обводнением болот (поиск мест выхода грунтовой воды). При этом следует учитывать, что бобры копают каналы, которые перераспределяют воду и существенно снижают проходимость

местности для людей и техники; норы бобров дренируют берега каналов, а это повышает риск возникновения торфяных очагов, если открытый огонь пройдёт по этой территории. Кроме того, определяя в конкретных случаях влияние бобровых поселений на пожарную опасность, нужно учитывать, что бобровые поселения не всегда постоянны. Животные могут уйти на другие участки, когда вокруг их поселения истощатся запасы корма, вырастет число паразитов или погибнет кто-то из взрослых бобров в паре, приносящей потомство. Когда животные переселяются на другой участок, их плотины быстро разрушаются, что приводит к резкому падению уровня воды и росту пожарной опасности. В засушливые периоды особенно пожароопасны так называемые «бобровые луга» – обширные обезлесенные пространства с высокой травой, которые образовались в результате многолетней деятельности бобров, подтапливающих прибрежные территории и выедающих на них древесную растительность. Таким образом, можно говорить о том, что бобры, значительно снижая пожарную опасность осушенных болот и создавая своими плотинами условия для тушения, в некоторых случаях создают локальные ситуации повышенной пожарной опасности. Это относится, прежде всего, к бобровым лугам и к берегам брошенных бобровых поселений с разрушенными плотинами (Куксин и др., 2015; Исаев и др., 2020).

### **Выводы**

1. Болота являются сложной экологической системой, характеризующейся избытком влаги, недостатком кислорода и торфонакоплением.
2. Многообразие болот позволяет распределить их на три вида: верховые, низинные и переходные. Каждому виду свойственен свой тип водного питания и состава живого напочвенного покрова.
3. Состав торфа во многом определяет его теплотворность, зольность и тип горения (тления).

4. Существует несколько способов добычи торфа, определяющих современное состояние осушенных торфяников и их потенциальную горимость.

5. Наибольшую опасность в плане возникновения торфяных пожаров представляют осушенные для добычи торфа, а затем заброшенные торфяники, площадь которых на территории Российской Федерации превышает 5 млн га.

6. Снижение потенциальной горимости заброшенных осушенных торфяников отчасти способствуют расселяющиеся бобры.

7. Несмотря на значительное количество публикаций по проблеме необходимости снижения рисков пожаров на осушенных торфяниках после прекращения добычи торфа, многие вопросы осушения остаются нерешёнными.

## 2. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ

### 2.1. Специфика возникновения и распространения торфяных пожаров

Торфяным пожаром называется почвенный пожар, при котором горение распространяется по торфяному горизонту почвы (Залесов, Залесова, 2014). В зависимости от мощности торфяного слоя почвенные пожары распределяются на подстильно-гумусовые и торфяные. При мощности подстилки, в которой протекает горение до 20 см, пожар относится к подстильно-гумусовому, а при мощности торфяного слоя более 20 см к торфяному (Вонский и др., 1989, Рыхтер, 1996; Матвеев П.М., Матвеев А.М., 2002). При данном виде пожара выгорает слой гумуса, торфа, обгорают и сгорают находящиеся в них корни деревьев диаметром до 10 см (Симский, Червонный, 1975; Вонский и др., 1989). По причине недостатка кислорода горение при торфяном пожаре беспламенное (тление).

Образование торфяных и торфяно-перегнойных горизонтов почвы протекает в условиях избыточной влажности, обусловленной близким залеганием грунтовых вод (Гафуров, 2008). Влагосодержание органического горизонта почвы на заболоченном участке в конкретный момент времени по своей сути является балансом влияния целого ряда факторов.

К последним следует отнести количество выпавших осадков, капиллярный подъем грунтовых вод, подток влаги со стороны, конденсация влаги из воздуха, а также сток влаги, ее испарение из почвы, транспирация растениями и т.д. При этом большую роль в водном балансе играет запас поглощенной влаги. Поскольку торф имеет высокую влагоемкость, запас влаги в его метровом слое может превышать годовую величину испарения. Другими словами, за сезон даже без поступления влаги торфяная залежь не может высохнуть до состояния, обеспечивающего воспламенение. Высыхание торфяного горизонта до горимого состояния происходит только после выхода его из зоны ка-



пиллярного подъема воды вследствие понижения уровня грунтовых вод более чем на 0,5–0,8 м ниже указанного горизонта (Софронов, Волокитина, 1984, 1986, 2002). Другими словами, высыхание торфа до стадии возможного заглубления тления в торфяную залежь возможно при искусственном осушении заболоченных земель; в процессе естественного разболачивания участка заболоченной территории; под влиянием многолетних колебаний уровня грунтовых вод; при сезонных колебаниях, характеризующихся максимальным уровнем почвенно-грунтовых вод (ПГВ) весной и минимальным уровнем в конце лета; при длительном (многолетнем) недостатке осадков, а также при различных сочетаниях указанных случаев.

Изменение климата в сторону аридизации, то есть повышения температуры воздуха при снижении количества осадков приводит к развитию низовых лесных пожаров в торфяные и увеличивает риски возникновения пожаров от грозных разрядов (Иванова, 1996; Иванов, 1996; Иванов и др., 2004; Иванов, Иванова, 2010; Иванова, Иванов, 2015). Последнему во многом способствуют значительные площади осушенных заброшенных торфяников. Так, сочетание недостатка осадков в последние 4 года и наличия более 40 тыс. га осушенных торфяников привели к резкому всплеску торфяных пожаров в Свердловской области (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – 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		общая, га	в том числе	
		шт.	%		га	%
1	2	3	4	5	6	7
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

## Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
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

Материалы табл. 2.1 наглядно свидетельствуют, что если до 2020 г. доля торфяных в общем количестве лесных пожаров не превышала 2,0 %, то в 2023 г. она составила 9,81 %. Естественно, что доля площади торфяных пожаров значительно меньше, чем их количество. Последнее объясняется медленным их распространением. Однако, если за период с 2012 по 2019 гг. максимальная площадь торфяных пожаров составляла 33,16 га, то в 2023 г. она достигла 6387,97 га.

Крупные сфагновые болота не пересыхают в период летних засух, поскольку распределение водопроницаемости по деятельному горизонту болота в период отсутствия осадков не допускает осушения за счет внутреннего стока (Волокитина, 1985). Кроме того, сомкнувшиеся головки подсушенного сфагнума препятствуют испарению влаги, что обеспечивает относительное постоянство увлажнения (Иванов, 1975). При этом степень устойчивости болотной системы к внешнему воздействию пропорциональна массе накопленной торфяной залежи (Лисс, Березина, 1981).

Значительную часть территории лесного фонда занимают насаждения, произрастающие на торфяно-болотных почвах. После проведения гидролесомелиоративных работ влажность верхних слоев почвы резко снижается, и низовые пожары легко развиваются в торфяные. Аналогичная ситуация складывается и при длительных засухах, когда падает уровень грунтовых вод и болота, относящиеся к V классу природной пожарной опасности, по своим пирологическим характеристикам становятся аналогичными участкам лесного фонда, относящимся к первому классу природной пожарной опасности.

При возникновении торфяного пожара выгорает органическая часть

почвы, что сопровождается гибелью и ветровалом деревьев. Причиной возникновения торфяных пожаров может быть молния, ударившая в сухостойное дерево, стоящее на торфяной почве (Иванов, 1996; Иванов, Иванова, 2010).

Однако данное природное явление наблюдается чрезвычайно редко. Гораздо чаще торфяные пожары возникают от неосторожного обращения с огнем, в частности при разведении костров. Однако, выполненные нами исследования и анализ причин лесных пожаров, выполненный разными авторами (Арцыбашев, 1974; Матвеев и др., 2005; Усеня и др., 2011), показали, что чаще всего торфяные пожары развиваются из низовых. Возникновение торфяных (почвенных) пожаров обычно начинается с вертикального заглубления тления на участках со значительным количеством напочвенных горючих материалов. При этом критическое влагосодержание (выше которого горение невозможно) составляет по мнению ряда авторов около 200 % (Софронов, Волокитина, 1986, 2002). Однако данная точка зрения не однозначна. Так, по мнению С.М. Вонского с соавторами, тление горючих материалов возникает при влажности верхних слоев торфа до 36 %, а в более глубоких слоях – при влажности 56–60 % (Вонский и др., 1989).

С.В. Белов (1982) отмечает, что влажный торф может гореть при влажности 20–30 %, что бывает на поверхности торфяников в засушливую погоду. При этом от слабого источника огня торф при влажности до 70 % не загорается.

Экспериментальными исследованиями было установлено (Mac ver et al., 1989; Frandsen, 2011; Flinn, Wein, 2011), что менее плотные и менее минерализованные слои торфа могут гореть при относительно высокой степени влажности. В частности, авторы отмечают, что устойчивое тление происходит при влажности образцов 200 % от сухой массы, а неустойчивое при влажности до 300 %.

Спецификой тления является малый расход тепла, поступающего в окружающую атмосферу – 20–25 %. Основная масса выделяемого тепла расходу-

ется на подогрев и высушивание прилегающих слоев торфа. При этом температура в очаге тления может превышать  $700^{\circ}\text{C}$ .

После заглубления в торфяную массу пожар начинает распространяться горизонтально. При этом тление торфа наблюдается при критическом влагосодержании на торфах верховых болот до 500 % (Курбатский, 1962), а на торфах низинных болот – до 300 % (Гундар, 1978). Столь высокие показатели критического влагосодержания объясняются тем, что кромка торфяного пожара имеет вид каверны («пещеры»), в которой практически все тепло, выделяемое в процессе тления торфа, расходуется на высушивание прилегающих слоев еще не тлеющего торфа (Залесов, 1998).

Е.С. Арцыбашев (1974) отмечает, что при горизонтальном распространении торфяного пожара процесс выгорания торфа идет в нижней части каверны значительно быстрее, чем в верхней. Последнее объясняется тем, что свежий, насыщенный кислородом воздух, как более тяжелый поступает, прежде всего, к нижней зоне горения, а обедненный кислородом и обогащенный продуктами горения раскаленный воздух поднимается вверх, омывая верхнюю часть каверны и препятствуя поступлению к ней свежего воздуха. Другими словами, торфяной пожар имеет своеобразную динамику воздушных течений, способствующую его самозаглублению. По данным Е.С. Арцыбашева (1974) пожар может распространяться иногда на десятки и даже сотни метров от входного отверстия, лишь местами выходя на поверхность.

Торф обладает высокой теплотворной способностью, превышающей таковую у древесины и достигающий 6600 ккал/кг при зольности около 13 %. Так, слой торфа толщиной 50 см в процессе горения на площади  $1 \text{ м}^2$  может выделить около 165 тыс. ккал тепла. Поскольку основная доля указанного тепла не рассеивается в атмосферу как при низовых и верховых пожарах, а идет на нагрев прилегающих слоев торфа, температура в очаге тления нередко превышает  $700^{\circ}\text{C}$ .

Высокая температура в очагах тления обеспечивает возможность горе-

ния торфяных пожаров при любых погодных условиях, в частности при дожде и даже при выпадении снега. Другими словами, без вмешательства человека торфяной пожар может распространяться по торфяной залежи круглогодично до полного выгорания торфа, то есть до минерального слоя почвы или до уровня грунтовых вод. Следовательно, естественная ликвидация торфяного пожара возможна только при условии затопления площади пожара весенними водами или поднятия уровня грунтовых вод до поверхности почвы.

Торфяной пожар является специфическим видом пожара, при котором абсолютно доминирует не пламенное, а беспламенное горение или тление.

Поэтому скорость распространения торфяного пожара варьируется от 0,1–0,2 м/сутки (Софронов, Волокитина, 2002) до нескольких метров (Залесов, 1998; Щетинский, 2002). Более быстрое распространение пожара, указанное в некоторых литературных источниках, объясняется переходом его в низовой с последующим заглублением.

Если торфяной пожар возник от молнии, от непотушенного костра или другого источника огня он чаще является одноочаговым. При проходе низового пожара по участку с торфяными почвами наблюдается многократное заглубление торфа в торфяную залежь и торфяной пожар при этом является многоочаговым (Залесов, Залесова, 2014).

Возникновение торфяных пожаров связано, прежде всего, с влажностью торфа. Последняя имеет четкую криволинейную зависимость с глубиной залегания грунтовых вод (Константинов, Юзепчук, 1972). Именно снижение уровня грунтовых вод при осушительной мелиорации является главной причиной повышения горимости. Исследования свидетельствуют (Жданко, 1965), что влажность верхних горизонтов торфа на осушенном торфянике почти в 2 раза ниже таковой на неосушенном.

Кроме того, торф содержит до 25 % битумов, поэтому если его влажность понизилась ниже критической, выпадение осадков мало способствует его смачиванию, поскольку капли дождя скатываются с частиц торфа и про-

никают в нижние горизонты почвы.

В конце весны и в начале лета при засухе и аномально низком уровне грунтовых вод, когда органический горизонт почвы временно выведен из зоны капиллярного подъема воды, на участках с торфо-перегнойным горизонтом мощностью 0,2–0,6 м возникают так называемые открытые почвенно-торфяные пожары (Софронов, Волокитина, 2002). Указанные пожары являются следствием низовых лесных пожаров. Поскольку верхний слой торфа снизил влагосодержание до уровня менее 200 %, происходит открытое заглубление тления на всю глубину торфо-перегнойного горизонта (0,2–0,6 м) по площади позади кромки низового пожара. Специфика открытого почвенно-торфяного пожара заключается в том, что даже после обильных осадков или появления свежей травы, когда низовой лесной пожар становится невозможным, указанный пожар переходит в подземный кромковый и продолжает тлеть по периметру пожарища.

Скорость открытого почвенно-торфяного пожара составляет 30–50 м/час, что объясняется распространением низового пожара, то есть сочетанием пламенного и беспламенного типов горения. При переходе открытого почвенно-торфяного пожара в подземный кромковый скорость его продвижения резко замедляется и становится аналогичной скорости продвижения торфяного пожара, то есть от нескольких дециметров до 1–2 м в сутки.

Анализируя специфику торфяных пожаров, нельзя не отметить, что по данным ряда исследователей (Курбатский, 1970) масса лесной подстилки в зависимости от типа леса изменяется от 0,5 до 4,5 кг/м<sup>2</sup> при калорийности 4780–4970 ккал/кг. При этом в огне низовых пожаров сгорают напочвенные горючие материалы, доля лесной подстилки в которых обычно составляет 50 %. Кроме того, напочвенные горючие материалы обычно выгорают не полностью.

Данные о массе сгораемых лесных горючих материалов (ЛГМ) очень важны, поскольку именно они определяют интенсивность горения, выбросы в атмосферу углекислого газа и другие показатели. По данным С.И. Душа-Гу-

дым (1993) запасы лесной подстилки в абсолютно сухом состоянии в сосняках варьируются от 4 до 15, а в ельниках от 21 до 34 т/га. При низовых лесных пожарах масса сгораемых ЛГМ достигает 4–11 т/га. При верховых пожарах масса сгораемых лесных горючих материалов значительно больше, поскольку, только хвоя и тонкие ветки в кронах деревьев составляют несколько тонн. Однако масса органического вещества, сгорающего при низовых и верховых пожарах, не идет ни в какое сравнение с таковой при торфяных пожарах. Известно (Чиндяев, Бирюкова, 1989; Чиндяев, 1995), что мощность торфяной залежи может достигать 7 м и более. При этом если мощность торфяного горизонта составляет только 1 м, запас сгораемой массы торфа составит 10,0 тыс. т или примерно 4–7 тыс. т торфа низкой влажности. Другими словами, если при низовых лесных пожарах образуется 2 тонны золы на 1 га, то при торфяном пожаре 400–700 тонн или в 100–200 раз больше (Душа-Гудым, 2002). Указанная зола на открытых ландшафтах болот разносится ветром, а также поступает в дымовые аэрозии, существенно ухудшая качество воздуха.

Особо следует отметить, что при недостатке кислорода торф сгорает не полностью и в атмосферу выбрасываются продукты неполного сгорания. При этом наибольшую опасность для легких человека представляют частицы от 0,5 до 5 мкм, поскольку в отличие от частиц более 5 мкм, которые задерживаются в полости носа и частиц менее 0,5 мкм, не оседающих в дыхательных путях, частицы размером 0,5–5 мкм оседают в легких и являются канцерогенами. При этом на долю частиц с радиусом до 1,8 мкм в дымовых аэрозолях торфяных пожаров приходится 90 % общей массы твердых веществ.

На территориях, загрязненных радионуклидами, значительную опасность представляют зола и продукты неполного сгорания при торфяных пожарах. Поскольку на болотах и заболоченных участках разложение органического вещества идет медленно, почти весь запас радионуклидов сохраняется в торфе долгие годы. Во время торфяных пожаров может происходить значительный выброс радионуклидов с дымом и вторичное радиоактивное загряз-

нение территории. В продуктах сгорания ЛГМ происходит концентрация радионуклидов и в результате зола и продукты неполного сгорания торфа (недожог) становятся открытыми источниками ионизирующего излучения, а уровень их загрязнения нередко равен уровню загрязнения радиоактивных отходов (Душа-Гудым, 1999). Таким образом, пожары, на загрязненных радионуклидами территориях, особенно торфяные, генерирующие открытые источники ионизирующего излучения с уровнем загрязнения радиоактивных отходов и массой в сотни и тысячи килограмм на 1 га лесных земель, следует называть радиоактивными лесными пожарами.

Анализируя влияние торфяных пожаров на экологическую обстановку, нельзя не отметить, что болота депонируют огромную массу углерода, препятствуя тем самым накоплению парниковых газов в атмосфере. Так, в Ханты-Мансийском автономном округе - Югра в лесном фонде доля болот превышает 34,6 % общей площади, а запасы накопленного в них торфа превышают 40 млрд т (Геологические основы ..., 2012). В азиатской части РФ выявлено более 5,5 тыс. торфяных месторождений общей площадью 19,5 млн га (Торфяной фонд ..., 1956). По данным ученых института Лесоведения РАН в целом торфяные почвы Российской Федерации содержат более 113 млрд т углерода. При этом содержание углерода в низинных торфах составляет 58, в переходных – 58,3 и в верховых – 56,9 % от их органической массы (Тюремнов, 1976). Особо следует отметить, что по данным О.Л. Лисс с соавторами скорость накопления торфа в Западной Сибири составляет в тундре 0,3; лесотундре – 0,35; северной тайге – 0,37; средней тайге – 0,57; южной тайге – 0,72; предлесостепи – 1,1; лесостепи – 0,73 мм/год (Лисс и др., 2001).

Указанное свидетельствует о недопустимости увеличения площади торфяных пожаров. Если в естественных условиях болотные экосистемы депонируют и консервируют углерод на неопределенно длительный срок (Залесов, 2021), то при лесных торфяных пожарах он выбрасывается в атмосферу, провоцируя тем самым дальнейшее изменение климата.



Поскольку в процессе торфяных пожаров подгорают корни деревьев, на пройденных огнем площадях формируются валежные гари. Указанные гари требуют срочной разработки, поскольку являются очагами размножения вторичных вредителей, а древесина в условиях повышенной влажности быстро теряет свои технические качества.

Возникновение и распространение торфяных пожаров обусловлено рядом специфических особенностей. Поскольку торф формируется только при избыточном увлажнении, места возможных торфяных пожаров распложены в наиболее пониженных элементах рельефа. Поскольку продвижение низовых и верховых пожаров чаще всего идет вверх по склону и только при сильном ветре в обратном направлении, указанное минимизирует приход лесных пожаров на болота с сопредельных участков. Кроме того, заболоченные участки труднопроходимы и не изобилуют дикоросами, за исключением морошки, клюквы и некоторых других видов. Указанное минимизирует количество потенциальных источников огня по сравнению с участками суходолов, где интенсивность рекреантов значительно выше. Кроме того, как отмечалось ранее, торфяные болота долго сохраняют влажность даже при отсутствии осадков.

Все перечисленное позволяет относить торфяные верховые, переходные и низинные болота к низким классам природной пожарной опасности (Мелехов, 1947; Нестеров, 1954; Львов, Орлов, 1984; Львов, Барзут, 1990). Во всех указанных классификациях выдела, на которых возможно возникновение торфяных пожаров, относятся к естественным противопожарным барьерам в обычные годы. Однако низинные болота с мощной травянистой растительностью существенно отличаются от других типов болот по показателям горимости, особенно весной и осенью, когда трава высыхает. Последнее обусловило необходимость внесения в классификации природной пожарной опасности необходимых уточнений (Залесов и др., 2013; Платонов, 2020).

Указанные особенности объясняют тот факт, что доля торфяных пожаров в общем количестве лесных пожаров, фиксируемых в лесном фонде, не

превышает 0,5–1 % (Залесов, 1998) при доле пройденной огнем площади менее 1,0 % от общей площади пожаров. Однако проблема торфяных пожаров возрастает в связи с изменениями климата (Flannigan et al., 2005; Олссон, 2011; Валентини и др., 2020; Лескинен и др., 2020). Наметившаяся тенденция в изменении климата свидетельствует об увеличении пожароопасного сезона (Иванова, 2005; Soja et al., 2006; Kharuk et al., 2013; Feurdean et al., 2020), частоты лесных пожаров (Kasischke et al., 1995; Goldammer, Price, 1998; Ерицов и др., 2023) и усугублению их последствий (Kasischke et al., 1995; Furyaev et al., 2001; Kasischke, Turetsky, 2006; Иванова и др., 2022). Другими словами, возрастает вероятность развития низовых лесных пожаров в верховые и торфяные. Последнему во многом способствует тот факт, что огромные площади болот ранее были осушены для добычи торфа в качестве сырья для отопления и получения органических удобрений. В настоящее время абсолютное большинство предприятий, добывающих торф, обанкротилось и осушенные земли заброшены. При этом на них сформировалась обильная травянистая и древесно-кустарниковая растительность, что способствует распространению низовых пожаров в случае их возникновения, а оставленная без контроля осушительная сеть создает условия для заглужения горения в слои торфа. Кроме того, не следует забывать, что оголенный высохший торф начинает тлеть даже от брошенной горячей спички. Последнее объясняет возникновение торфяных пожаров на откосах каналов осушительной сети и обочинах дорог, проходящих через осушенные торфяники.

## **2.2. Способы тушения торфяных пожаров**

Тушение торфяных пожаров связано со значительными сложностями. Прежде всего, это обусловлено труднодоступностью очагов тления. Кроме того, распространение тления внутри торфяной залежи обуславливает сложности в определении кромки пожара и, как следствие этого, создает реальную опасность для лиц, принимающих участие в тушении пожара.

По мнению ученых (Залесов, 1998; Усеня, 2002; Мелехов и др., 2007; Усеня и др., 2011), торфяной пожар может быть ликвидирован при выполнении одного из перечисленных условий:

- созданием преграды на пути к горючим материалам, в частности путем устройства заградительных канав;
- прекращением доступа кислорода к слоям торфа;
- увеличением влажности торфа выше критического влагосодержания;
- увеличением зольности торфа выше критической, при которой торфяная масса не горит (50 %).

В практике охраны лесов от пожара используются как пассивные, так и активные способы тушения. При этом пассивный способ тушения заключается в локализации очагов тления системой противопожарных канав. При тушении пассивным способом многоочаговых пожаров канава прокапывается по общему периметру пожара. Указанное исключает оставление непотушенных, скрытых очагов горения.

Если торфяной пожар является одноочаговым и зафиксирован (обнаружен) на начальной стадии, то прокладку канав можно выполнить вручную лопатами. При значительной площади пожара, а также при недостатке рабочих, целесообразно прокладку канав механизировать. Последнее не только снизит себестоимость работ, но и ускорит их проведение, что не менее важно при тушении лесных пожаров. Если глубина торфа не превышает 50 см, для прокладки канав обычно применяются канавокопатели различных марок. При большей мощности торфяной залежи или близком расположении грунтовых вод при прокладке канав используются экскаваторы или взрывчатые вещества.

При прокладке канав необходимо учитывать, что их глубина должна быть ниже уровня грунтовых вод или достигать минерального грунта, а ширина по дну не менее 0,5 м. В целом прокладка противопожарных канав мероприятие очень трудозатратное и дорогостоящее, особенно при значительной мощности слоя торфа. При этом прокладка канав не гарантирует эффектив-

ного тушения торфяного пожара.

При сильном ветре искры и тлеющие частицы торфа перелетают на большие расстояния и образуют новые очаги горения. При этом необходимо учитывать, что если речь идет о ликвидации многоочагового пожара прокладкой противопожарной канавы по периметру, то локализованный участок требует выполнения пожарного мониторинга (окарауливания) в течение многих дней и даже месяцев. При этом выгорание торфа внутри ограниченного противопожарной полосой пространства в течение всего периода до ликвидации тления не только будет ухудшать экологическую обстановку выбросами в атмосферу продуктов горения, но и создавать опасность выхода пожара за пределы локализованного участка.

С целью повышения эффективности противопожарных канав их заполняют минеральным грунтом, быстрорастворяющейся пеной, а также в зимний период в них намораживают лед, а в летний заполняют водой и т.д. (Кохановский, 1978; Орловский, 1995; Усеня, 2002; Голубев и др., 2012; Крехтунов и др., 2018).

В.Г. Гусев с соавторами предложили в целях минимизации опасности перехода торфяного пожара через канаву заменить ее узкой щелью глубиной до минерального грунта или уровня грунтовых вод и установкой в указанной щели специального экрана из негорючей кремнеземной ткани марки КТ-11-ТО. Указанный экран изолирует находящиеся за ним слои торфа от непосредственного воздействия огня, передачи тепла конвекцией и излучением, а также исключает перенос ветром тлеющей торфяной крошки, поскольку возвышается над щелью (Гусев и др., 2013). После ликвидации пожара экран вынимается для последующего использования. Полагаем, что указанный способ представляет интерес, особенно при тушении одноочаговых пожаров при малой мощности торфяной залежи, но требует проверки на предмет исключения прохода пожара под нижним краем экрана.

Поскольку создание противопожарных канав требует больших затрат,

локализацию очагов горящего торфа предлагается осуществлять (Курбатский и др., 1957; Лорбербаум, Башун, 1965; Красавина, Лорбербаум, 1965; Арцыбашев, 1974; Вонский и др., 1989; Указания ..., 1995; Щетинский, 2002) созданием заградительной зоны путем последовательной подачи в торф воды со смачивателем. Для проведения данных работ предложены стволы-пики (ТС-1; ТС-2; ТС-1М). Выполнение работ по спринцеванию торфа производится раствором воды с поверхностно-активными веществами (ПАВ). При этом раствор подается мотопомпой по напорным рукавам.

Спринцевание торфа осуществляется по периферии пожара на расстоянии не более 35–40 см одного заглубления торфяного ствола от другого. Поскольку для остановки пожара необходимо промочить торф в полосе не менее 60–80 см по периметру пожара, погружение ствола-пики производят в два ряда: первый на расстоянии 10–20 см от кромки пожара, а второй на расстоянии 30–40 см от первого. Естественно, что торф следует промочить до минерального слоя или уровня грунтовых вод. Скважины в каждом ряду располагаются на расстоянии 0,3–0,4 м одна от другой.

Вода, точнее ее раствор с ПАВ, от мотопомпы подается под давлением 3–4 атм (30–40 м вод. ст.). Время впрыскивания раствора за одно погружение ствола-пики зависит от глубины торфа и составляет 5–16 секунд.

Несмотря на значительное количество работ, положительно оценивающих тушение торфяных пожаров с использованием стволов-пик, данный способ имеет ряд существенных недостатков. Во-первых, в рекомендациях по использованию данного способа (Вонский и др., 1989; Указания ..., 1995; Щетинский, 2002; Усеня и др., 2011) отмечается, что первый ряд погружения стволов-пик в торфяную залежь должен располагаться на расстоянии 0,1–0,2 м от видимой кромки пожара. Однако при торфяных пожарах видимая их кромка может находиться на значительном расстоянии от фактической, особенно при значительной мощности слоя торфа. Следовательно, выполнение указанных рекомендаций создает реальную опасность для жизни рабочих, ис-

пользующих ТС-1 и другие варианты стволов-пик. Во-вторых, всегда существует опасность не полного смачивания торфа в полосе, прокладываемой по периметру пожара, поскольку отсутствует способ контроля за смачиванием. Следовательно, не исключена вероятность выхода пожара за пределы полосы смачивания и работу придется проводить снова. В-третьих, данный способ может быть применен при тушении небольших по площади одноочаговых пожаров. На практике приходится иметь дело, чаще всего, с многоочаговыми торфяными пожарами, образовавшимися после прохода низовых пожаров. Естественно, что очаги тления на территории многоочагового пожара расположены не систематизировано, а следовательно, пожар к проложенной смоченной полосе торфа подойдет не одновременно. Следовательно, велика вероятность уменьшения влажности торфа в смоченной полосе максимально удаленной от очага тления.

Практика применения в рамках настоящего исследования торфяных стволов в сочетании с последующим контролем качества тушения с применением щупов-термометров, также в ряде случаев показала невысокую надежность тушения стволами-пиками. Слои торфа, в которых уже образовался уголь (торфяной кокс) не смачивались надежно при подаче воды стволами ТС-1 и для надежного тушения требовали механического перемешивания, то есть повторной работы на очаге.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что использование стволов-пик при тушении торфяных пожаров это скорее не способ создания заградительных полос на пути распространения пожаров, а активный способ тушения одноочаговых торфяных пожаров при незначительной мощности слоя торфа.

На основе использования воды с ПАВ основан способ предотвращения распространения пожара на торфяниках (Губин и др., 2005), при котором на торфяниках производят устройство разрывных полос и подводя к ним воду, формируют увлажненные зоны. При этом по длине разрывных полос прокла-

дывают кротодрены, по которым и подают воду, увлажняя торф на всю глубину залегания.

Для повышения эффективности тушения используют также для заполнения канав воду специально вырытых котлованов (Голубенко, 2016) и подземных горизонтов (Голубев и др., 2012). Однако и эти способы не находят применения по причине сложности и низкой эффективности.

Активное тушение торфяных пожаров в начальной стадии их развития может быть обеспечено отделением слоев тлеющего торфа от краев образующейся воронки и складированием их на выгоревшую площадь. После выемки тлеющего торфа края воронки в профилактических целях следует обработать раствором воды с ПАВ. При кажущейся простоте способа у него также имеются недостатки. В частности, способ применим при небольшом по площади пожаре, то есть в его начальной стадии, а поскольку торфяной пожар распространяется медленно, выгоревшей площади просто может не быть. В практике имеется случай, когда арендатор лесного фонда после возникновения торфяного пожара вынул тлеющий торф из обнаруженных очагов экскаватором и вывез на ближайшую пашню, используя как удобрение. Однако, несмотря на тот факт, что торфяной пожар был потушен, у арендатора возникли большие проблемы с доказательством, что он не занимался добычей торфа, поскольку договором аренды это не предусматривалось.

Таким образом, тушение торфяного пожара снятием тлеющего торфа с краев воронки можно рекомендовать только при его заглублении до 7–10 см, если пожар глубже не развивается. При этом острыми лопатами снимается тлеющая кромка пожара, и тлеющий торф перемещается на пройденную огнем площадь (Щетинский, 2002).

Торфяной пожар на открытой местности при незначительном заглублении и открытом тлении, то есть на начальной стадии заглубления можно тушить с применением бульдозеров или экскаваторов путем перемешивания тлеющего слоя торфа с более влажным подстилающим слоем (Сретенский, 1980,

1990, 2004). Несмотря на указанные в приведенных работах данные о высокой эффективности указанного способа ликвидации торфяных пожаров он до настоящего времени широкого распространения не получил и в большинстве субъектов РФ не проведены даже опытные работы по применению данного способа, что можно объяснить лишь слабой информативностью.

С.В. Гундар (1975) экспериментально доказал, что одним из направлений совершенствования тушения торфяных пожаров является ухудшение аэрации в зоне тления. Для этих целей рекомендовалось использовать минеральный грунт или глинистую пульпу (Курбатский и др., 1957; Курбатский, 1962), а также тонко дисперструйную золошлаковую массу. В последнем случае, согласно разработке Иркутского Лимнологического института СО РАН, предлагается создание над тлеющим торфяным пожаром безвоздушного золошлакового панциря, который исключает попадание атмосферного воздуха к месту пожара. Однако данный способ чрезвычайно трудоемок, чем и объясняется его применение преимущественно в опытных работах.

Предлагается также нарезка в торфе щелерезом траншей при одновременном заполнении их из бункера минеральным грунтом (Способ ..., 1983) или минеральным грунтом с огнетушащим агентом (Баглаев и др., 1986) с целью увеличения общей зольности торфяной массы до 50 %, при которой горение торфа прекращается. Однако указанные способы чрезвычайно трудоемки, а их реализация весьма сомнительна.

До недавнего времени практически единственным огнетушащим средством, при ликвидации торфяных пожаров, оставалась вода и водные растворы поверхностно-активных веществ (Щетинский, 2003). Практика показала, что использование воды неэффективно не только с точки зрения ее расхода на тушение, но и подавления тления. Наряду с положительными свойствами вода как средство тушения имеет ряд существенных недостатков, к которым можно отнести низкую теплопроводность и большое поверхностное натяжение. При этом из-за низкой теплопроводности нагревание и испарение воды происходит



только на поверхности соприкосновения капли с горючим материалом. Большое поверхностное натяжение обуславливает слабое смачивание горючих материалов. Так, в частности, торф в процессе подсушивания пропитывается парафиносодержащими веществами или спекается в комки и глыбы, что практически исключает их смачивание.

Для снижения поверхностного натяжения в воду добавляют специальные химические вещества, создающие так называемую «мокрую» воду. Растворы поверхностно-активных веществ типа НТ-1, ОП-7, ОП-10, РАС и другие позволяют снизить поверхностное натяжение воды с  $72,53 \text{ дин/см}^{-1}$  (при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ ) до  $32 \text{ дин/см}^{-1}$  (Красавина, 1963, 1965; Лорбербаум, Башум, 1965; Арцибашев, 1974; Залесов, 1998).

Одним из способов тушения является способ «водяного поля», когда вся поверхность торфяного пожара покрывается водой (Шуваев, 1979; Усенья и др., 2011). Однако, как было отмечено ранее, даже при условии кратковременного полного погружения в воду тлеющего торфа торфяной пожар не всегда удается ликвидировать. Покрытые парафиносодержащими веществами куски торфа продолжают тлеть после ухода воды, сводя на нет предпринятые усилия.

Низкая эффективность использования воды и растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) (Усенья и др., 2011) обусловила необходимость поиска эффективных химических веществ, позволяющих ликвидировать тление торфа (Вялых и др., 1982; Богданова и др., 2002; Богданова, Кобец, 2002, 2013). Так, при глубине прогорания торфа до 30 см хорошо зарекомендовал себя 8 % водный раствор «Тофасила» при расходе от 40 до  $80 \text{ л/м}^2$  (Кохановский, 1978; Усенья, 2002). «Тофасил» относится к IV классу опасности и не токсичен для людей. Он обеспечивает при указанном расходе хорошее смачивание торфа, снижает выход горючих газообразных продуктов и создает поверхностное покрытие, предотвращающее доступ кислорода к горячей торфяной массе.

При активном тушении торфяного пожара кочки, гнилые пни и комки

тлеющего торфа нужно разбивать лопатой и заливать распыленной струей воды из ранцевых огнетушителей или мотопомпы. Периодически следует при этом вновь и вновь развораживать дымящиеся участки и проливать их водой. Данное мероприятие следует повторять до прекращения выделения дыма (Вонский и др., 1989).

При наличии в мелиоративных канавах вместо воды только торфяной жижи ее необходимо использовать при тушении очагов тления торфа, заливая ею указанные очаги слоем не менее 5 см. При этом площадь заливки должна превышать площадь очага тления по периметру не менее чем на 50 см.

Даже при условии локализации торфяного пожара, во избежание перехода его в низовой рекомендуется (Вялых и др., 1982; Вонский и др., 1989; Указания ..., 1995; Щетинский, 2003; Залесов и др., 2013) проливка его водой. При этом сосредоточенной струей разбиваются куски торфа, а торфяная крошка смачивается распыленной струей. Вода для тушения подается из открытого источника по напорным рукавам.

Опыт тушения крупных торфяных пожаров показал, что заливка их водой чаще всего не дает желаемого результата, что особенно наглядно проявляется при тушении торфяных пожаров на осушенных торфяниках. Даже при полной кратковременной заливке участка водой нередки случаи, когда тление вновь восстанавливается после ухода воды по осушительной сети (Залесов, 1998).

Не дало положительного эффекта и применение при тушении торфяных пожаров компрессионной пены (Залесов и др., 2013). Даже после эффективного спринцевания торфяной залежи горение, точнее тление, не прекратилось, а следовательно, компрессионную пену можно использовать для предотвращения низовых пожаров на торфяниках и для предотвращения разлета искр от тлеющих торфяных пожаров.

В настоящее время учеными разных научных и учебных заведений разработано достаточно большое количество рекомендаций и инструкций по лик-

видации торфяных пожаров (Инструкция ..., 1949; 1962; Курбатский, 1954; Красавина, 1963; Красавина, Лорбербаум, 1965; Лорбербаум, Башут, 1965; Арцыбашев и др., 1974; Арцыбашев, Лорбербаум, 1976; Вялых и др., 1982; Лорбербаум и др., 1986; Арцыбашев и др., 1989; Усеня и др., 2002; Залесов и др., 2016). В то же время все предлагаемые в них способы весьма трудоемки и малоэффективны на практике. Указанное свидетельствует о необходимости продолжения исследований по совершенствованию тушения торфяных пожаров, особенно на осушенных площадях.

### **Выводы**

1. Торфяные пожары являются специфическим видом пожаров, требующим отличных от других видов пожаров способов тушения.
2. Торфяные пожары наносят огромный экологический вред и создают реальную опасность для здоровья, имущества и жизни населения.
3. Несмотря на предпринимаемые усилия тенденции в сокращении количества торфяных пожаров и их площади не наблюдается. Напротив, изменение климата в сторону аридизации приводит к увеличению вероятности развития низовых лесных пожаров в торфяные на территориях с перегнойно-торфяными почвами.
4. Увеличению доли торфяных пожаров способствует значительная площадь осушенных, но ныне заброшенных торфяников.
5. Большинство применяемых в настоящее время способов тушения торфяных пожаров трудозатратны и малоэффективны.
6. Несмотря на значительное количество публикаций, инструкций и рекомендаций по тушению торфяных пожаров, проблема их ликвидации остается одной из наиболее актуальных в лесной пирологии.
7. Отсутствие эффективных способов тушения торфяных пожаров на осушенных под фрезерную добычу торфа площадях предопределило направление наших исследований.

### **3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ**

#### **3.1. Программа работ**

Целью исследования является разработка предложений по совершенствованию тушения торфяных пожаров на болотах, осушенных под фрезерную добычу торфа, с использованием подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод. В соответствии с поставленной целью была составлена следующая программа 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 Sentinel-2.

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 торфяных очагов (полевая работа по сбору материала на пожарах и камеральная обработка данных).

7. Полевые исследования способов тушения торфяных пожаров подтоплением очагов тления и подъемом 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 (с применением качественных и количественных методов), направленного на изучение уровня компетентности и мотивированности пожарных, участвовавших в тушении крупны 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.

### **3.2. Методики исследования**

В ходе исследования применен сравнительный и описательный методы анализа и изложения методов тушения торфяных пожаров, их характеристик, а также результатов научных трудов исследователей, посвятивших свои работы рассматриваемой проблеме.

Проведённые исследования возможностей выявления и обследования торфяных пожаров по данным космических снимков среднего пространственного разрешения основаны на методиках, широко применяемых как в России, так и в других странах. В частности, для предварительного определения площади пожара (площади, пройденной огнем), а также для отслеживания динамики развития пожара были использованы космические снимки среднего пространственного разрешения Sentinel-2 MSI (20 м/пиксель) Европейского космического агентства доступные через WMS сервис, предоставляемый Sentinel-Hub (<https://www.sentinel-hub.com>, Sinergise Ltd.). Границы пожара определялись методом визуального дешифрирования снимков, ранее успешно применяемого в работах по картированию гарей (Glushkov et al., 2021) в комбинации каналов 11-8-2 и 4-3-2 при рабочем масштабе от 1:10 000 до 1:50 000. Для определения границ и площади, пройденной огнем, использовалось оконтуривание пожара с помощью инструментов картирования. Полученные данные сопоставлялись со снимками высокого пространственного разрешения в открытых картографических сервисах для выбора оптимальной схемы тушения

и для определения мест практических измерений на пожаре.

В ходе полевых работ по изучению наземных способов обследования торфяных пожаров для определения точных координат и точных отметок высот непосредственно на месте пожара были использованы GNSS (RTK) приемники (переносная базовая станция и ровер), измерения велись в соответствии с методиками, принятыми в геодезии и картографии, и соответствующими ГОСТ 16263-70, ГОСТ Р 8.563-96, ГОСТ 21830-76, ГОСТ 22268-76.

При обследовании пожара для выявления и нанесения на карты и схемы очагов тления был использован беспилотный летательный аппарат с тепловизионной камерой. Для постобработки тепловых изображений применялась программа DJI Terra в соответствии с инструкцией по ее применению.

Измерение глубины очагов тления торфа проведено с использованием торфяных щупов-термометров (термощупов для торфяных пожаров), предусмотренных для применения на тушении лесных торфяных пожаров в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Определение влажности торфа в пробах, взятых на пожарах, производилось камерально. Все взятые пробы были в лабораторных условиях высушены до нулевой влажности в соответствии с методикой, описанной в ГОСТ 5180-84. Высушивание производилось при 90<sup>0</sup>С с взвешиванием через 5 часов и затем через каждые два часа до прекращения изменения массы проб.

При выборе средств измерения и способов измерения параметров, необходимых для оценки расхода воды в каналах, потребности воды для наполнения каналов и т.п. мы опирались на ГОСТ Р 51657.1-2000, ГОСТ 19179, а также ГОСТ 24802-81. Для определения глубин и построения поперечного профиля каналов использовались водомерные рейки, ширина каналов определялась рулеткой. Расчеты сечений производились по повсеместно применяемым в гидрологии формулам.

Для измерений скоростей потока воды в каналах и спрямленных руслах ручьев и рек применялись стандартные методики, используемые в гидрологии

и канальной гидравлике.

В рамках проведенных исследований одной из рабочих задач было измерение скоростей потока в полевых условиях для выбора приемлемых по точности способов измерений, доступных на пожаре. Для этого проводились сравнения в измерениях скорости потока гидрометрической вертушкой, а также поплавковым методом. Для измерений применялись стандартные методики, используемые в гидрологии и канальной гидравлике. Так, при глубинах свыше 50 см замер скорости потока на каждой скоростной вертикали (через каждые 20 см) выполнялся гидрометрической вертушкой в двух точках – на 0,2 и 0,8 глубины канала на данной вертикали от поверхности вод. После этого вычислялась средняя скорость потока на данной измерительной вертикали:

$$V_{CP} = (V_{0,2} + V_{0,8}) / 2 \quad (1)$$

При глубинах менее 50 см измерение скорости потока выполняли в точке 0,6 глубины от поверхности воды. После этого по стандартным методикам вычисляли расход воды для каждого трапециевидного руслового и каждого треугольного берегового участков. Береговой коэффициент для торфяных берегов утрамбованных каналов, на которых растительность была уничтожена пожаром, принимался за 0,7 (близко к коэффициенту обычного пологого естественного берега). Для участков, где края каналов были разрушены очагами тления и на других участках, где формировалась «мертвое пространство» у подтопленного берега, береговой коэффициент на границы такой зоны принимался за 0,5.

Измерения скорости потока поплавком проводились с применением различных подручных средств – веток, шишек, пустых пластиковых бутылок, деревянных дисков диаметром 5–15 см и толщиной 2–5 см и т.п. При движении по потоку такие поплавки имеют скорость поверхностных слоёв воды, т.е. являются поверхностными поплавками. При этом для определения пройденного пути использовали рулетку, а для точной оценки времени прохождения участка использовали секундомер. Измерения проводились в штиль или при

слабом (до 2 м/с) ветре, чтобы он не влиял на скорость движения поплавка. Для измерений на прямолинейном и не заросшем участке русла, где до этого применяли измерение гидрометрической вертушкой, были обустроены два измерительных створа (тонкие жерди, и переброшенные с берега на берег верёвки, натянутые поперёк русла в воздухе. Измерительный створ был необходим для точной фиксации момента прохождения поплавка через него. При этом перед верхним по течению воды створом выбирался прямой участок со спокойным течением, чтобы поплавок набрал скорость потока до вхождения в первый створ. Расстояние  $L$  между створами измеряли рулеткой и записывали. Поплавок запускался на каждом участке 5–10 раз. Выбирались три измерения, у которых время прохождения расстояния от створа до створа отличается не более чем на 10%. Вычислялись среднее время ТСП прохождения поплавком расстояния  $L$ , и его среднюю скорость:

$$V_{СП} = L \div T_{СП} \text{ (м/с)} \quad (2)$$

Фактический расход вычисляли по формуле:

$$Q = V_{СП} \times K \times A \text{ (м}^3\text{/с)} \quad (3)$$

$A$  – средняя площадь сечения русла между измерительными створами, ( $\text{м}^2$ );  $K = 0,8 \dots 0,85$  – коэффициент перехода от поверхностной скорости потока к средней по глубине.

Аналогично проводились измерения скорости глубинным поплавком из притопленной пластиковой бутылки, что сразу позволяло получить осреднённую по глубине скорость потока. Этот способ оказался сложнее, поскольку, требовал для высокой точности измерения подбора уровня заглубления поплавка в зависимости от глубины русла.

По итогам проведенных сравнений был сделан вывод о том, что измерения поплавковым способом в полевых условиях имеют приемлемую точность и могут быть использованы на пожаре при невозможности использования гидрометрической вертушки. Для применения в различных условиях (при разных глубинах) точнее оказался метод с применением поверхностного поплавка,



хотя в отдельных случаях глубинный поплавков мог давать измерения более близкие к полученным стандартным прибором.

Расход воды в канале также в ряде случаев рассчитывался с использованием значений площади сечения канала и уклона водной поверхности, полученные по итогам геодезических измерений, а также с применением коэффициента шероховатости поверхности канала (коэффициент Маннинга) и коэффициента Шези по формуле Маннинга. Коэффициент Маннинга для торфа в каналах на бывшей фрезерной торфоразработке мы принимали за 0,024.

Для расчетов потерь давления в временных трубопроводах из пожарных рукавов больших диаметров, применяемых для перекачивания значительных объемов воды на большие расстояния применялись методики прямого и обратного расчета насосно-рукавных линий, повсеместно применяемые в пожарной охране (Теребнев, 2012; Теребнев и др., 2014; Малютин, 2018) с использованием известных коэффициентов сопротивления для рукавов различных типов.

Для оценки стоимости тушения торфяных пожаров на различных стадиях их развития были проанализированы требования законов и других нормативных правовых актов, устанавливающие подходы к оценке стоимости пожаров, включая применяемые методики расчета ущерба. Также были собраны данные обо всех первичных документах, в которых может фиксироваться стоимость работ, направленных на тушение торфяного пожара. Также автор проанализировал все доступные данные (официальные отчеты, акты, справки о пожарах) о расходах на тушение крупных торфяных пожаров на примере Свердловской области за 2022–2023 годы, когда регион столкнулся с проблемой катастрофических по своим масштабам торфяных пожаров и аналогичные данные по Вологодской области.

При исследовании возможного влияния подготовленности и информированности пожарных на результативность тушения применялись методики, принятые в социальных науках с привлечением профильных специалистов. В

частности, для поиска новой информации и новых идей (инсайтов) о том, что может существенно влиять на то, что разные подразделения работают на схожих торфяных пожарах с разной эффективностью, мы использовали метод качественных исследований – глубинные интервью с участниками тушения. Полученные интервью расшифровывались, анализировались, цитаты экспертно объединялись в кластеры. Дополнительно пожарные, участвовавшие в тушении торфяных пожаров, интервьюировались в фокус-группах (как правило, перед началом их обучения или повышения квалификации). В результате этой работы были выдвинуты предположения о максимальном влиянии ряда факторов на успешность тушения пожаров, были зафиксированы характерные (повторяющиеся у интервьюируемых) ошибки и заблуждения, которые влияли на принимаемые при тушении решения.

Подобные методы до этого удачно применялись в похожих исследованиях. В частности, подобным образом исследовались: связь мотивации и эффективности труда, влияние разных факторов на мотивацию сотрудников передавать свои знания в рабочих коллективах, влияние различных факторов на производительность труда в различных сферах производства, в том числе взаимосвязи влияния мотивации, компетентности, условий среды (Rusu, Avasilcai, 2014; Cerasoli et al., 2014; Akbar et al., 2021; Kaligis et al., 2023). Подобные качественные и количественные исследования связи мотивации работников, влияния трудовой дисциплины, качества подготовки и других факторов проводились в том числе в условиях внешних стрессовых нагрузок, например, в период пандемии (Maow et al., 2023), а также, например, среди пожилых сотрудников государственных организаций (Shantaplatoon, 2021).

### **3.3. Объемы выполненных работ**

В рамках реализации работы были собраны результаты обследования типичных торфяных пожаров на осушенных болотах в нескольких регионах России в период с 2002 по 2023 гг. В частности, для более, чем 100 типичных

многоочаговых зимующих торфяных пожаров на осушенных болотах в Свердловской, Ленинградской, Ярославской, Смоленской, Рязанской, Владимирской, Московской, Костромской, Брянской, Ивановской, Омской, Новосибирской, Иркутской областях, республике Бурятия были проанализированы данные, собранные во время тушения этих пожаров автором исследования.

Для анализа возможностей использования при выявлении и тушении торфяных пожаров космических снимков среднего пространственного разрешения были проанализированы в режиме экспертного дешифрирования около 1000 космических снимков среднего пространственного разрешения. Для анализа возможностей применения БВС, в том числе с тепловизионным оборудованием, для обнаружения и обследования торфяных очагов, были изучены более 20 000 визуальных и тепловых изображений. Для экономической оценки целесообразности тушения торфяных пожаров на различных стадиях их развития проанализированы все финансовые документы по двадцати типичным пожарам последних лет (для корректности сравнения цен мы не использовали более старые данные). Для анализа возможного влияния уровня подготовленности и мотивации пожарных на результативность тушения использованы данные 20 глубинных интервью и 117 опросов среди участников тушения крупных и длительных торфяных пожаров последних двух лет.

## **4. ОБНАРУЖЕНИЕ И ТУШЕНИЕ ЛЕСНЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСУШЕННЫХ БОЛОТАХ**

### **4.1. Специфика обнаружения и обследования торфяных пожаров**

Начальной стадией тушения любого лесного и ландшафтного пожара является его обследование (разведка). Для торфяных (почвенных) пожаров на бывших фрезерных торфоразработках разведка должна помимо общих для всех типов пожаров данных, таких как площадь пожара, наличие естественных и искусственных преград для продвижения огня, наличие и состояние водных источников и т.п., дать в том числе данные о расположении очагов тления торфа, о рельефе местности, об уклонах в мелиоративных каналах, о запасах воды, которую можно использовать для тушения подтоплением. В рамках исследования были проанализированы различные методы обнаружения и обследования торфяных пожаров и даны их сравнительные характеристики. Кроме торфяных пожаров, действующих в течение пожароопасного сезона, в рамках исследования были рассмотрены и методы обнаружения и обследования зимующих торфяных пожаров, поскольку тушение в зимний период представляется во многих случаях наиболее экономически эффективным для длительно действующих пожаров.

Основными методами обнаружения и обследования торфяных пожаров при проведении исследований были:

- наземные обследования с обнаружением очагов по визуальным признакам (дым, торфяная зола, проталины в снеговом покрове) и по характерному запаху. Такие работы сопровождались обследованиями очагов при помощи ручных тепловизоров (рис. 4.1), инфракрасных пирометров (рис. 4.2), щупов-термометров (рис. 4.3), торфяных буров-пробоотборников (рис. 4.4);

- обследования с применением беспилотных воздушных судов (БВС) мультикоптерного типа с фото и видео камерами для визуального обнаружения очагов с воздуха (рис. 4.5);



Рис. 4.1. Обследование уходящих в зиму очагов тепловизором Seek Thermal



Рис. 4.2. Обследование перезимовавших очагов с применением пирометра для оценки температуры поверхности





Рис. 4.3. Тление торфа, сохранившееся в бывшем штабеле (караване) добытого торфа после зимы



Рис. 4.4. Взятие проб буром-пробоотборником конструкции Инсторфа



Рис. 4.5. Обнаружение очагов тления торфа с БВС в визуальном режиме

- обследования с применением БВС мультикоптерного типа с тепловизионными камерами для обнаружения очагов тления в инфракрасном диапазоне (рис. 4.6);

- авиационные обследования с применением самолета АН-2 (рис. 4.7) и вертолета *Robinson R66* с визуальным обнаружением очагов тления, а также с применением тепловизионного оборудования (курсовых тепловизоров как вспомогательного навигационного оборудования многих современных вертолетов).

- анализ космических снимков среднего пространственного разрешения в различных комбинациях каналов и сравнение участков со следами воздействия огня на растительность на снимках за различные даты для обнаружения признаков действующих (развивающихся) очагов. На снимках при этом старались дешифровать участки с открытым горением, со следами увядания растительности, со следами сгорания растительности, дым, проталины в небольшом слое снега.



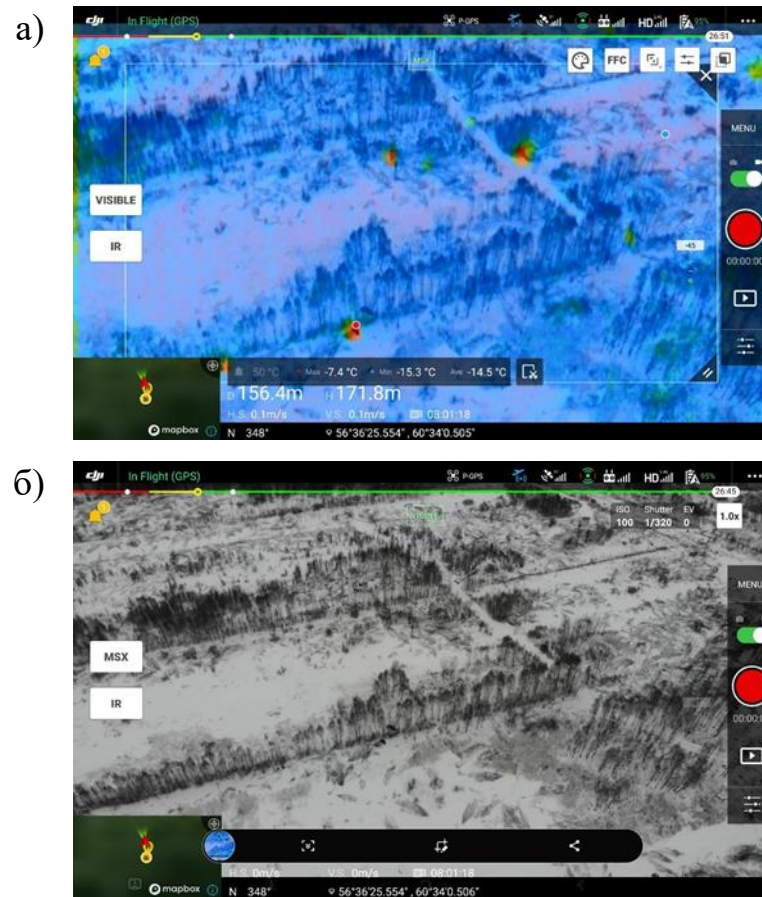


Рис. 4.6. Обследование перезимовавших очагов при помощи БВС с тепловизионной камерой (а) в сравнении со снимком в визуальном режиме (б) (фото И.М. Секерина)



Рис. 4.7. Обследование торфяных пожаров зимой с применением самолета Ан-2. Визуальный режим съемки (фото И.М. Секерина)



При проведении исследования были собраны результаты обследования типичных торфяных пожаров на осушенных болотах в нескольких регионах России в период с 2002 по 2023 гг. В частности, для типичных многоочаговых зимующих торфяных пожаров в Свердловской, Ленинградской, Московской, Костромской, Брянской, Ивановской, Омской, Новосибирской, Иркутской областях, республике Бурятия.

Для предварительного определения мест расположения очагов тления, в том числе для определения очагов, потенциально переходящих в зимний период, были использованы космические снимки среднего пространственного разрешения Sentinel-2 MSI. Практика этой работы показала, что для уверенного обнаружения очагов тления, необходимо смотреть снимки в динамике, сравнивать одинаковые сцены и конкретные тайлы для выявления отличий, при появлении предположения о том, что обнаружен участок тления, сравнивать изображения в различных комбинациях каналов, обращая внимание как на признаки выделения дыма (для этого оптимальны псевдонатуральные цвета), так и изменения растительного покрова. В некоторых случаях на снимок может попадать открытое горение, которое является несомненным идентификатором активности очагов. В остальных случаях идентификатором является либо изменение контура выгоревшей площади, либо шлейф дыма с предполагаемых очагов (рис. 4.8; 4.9).

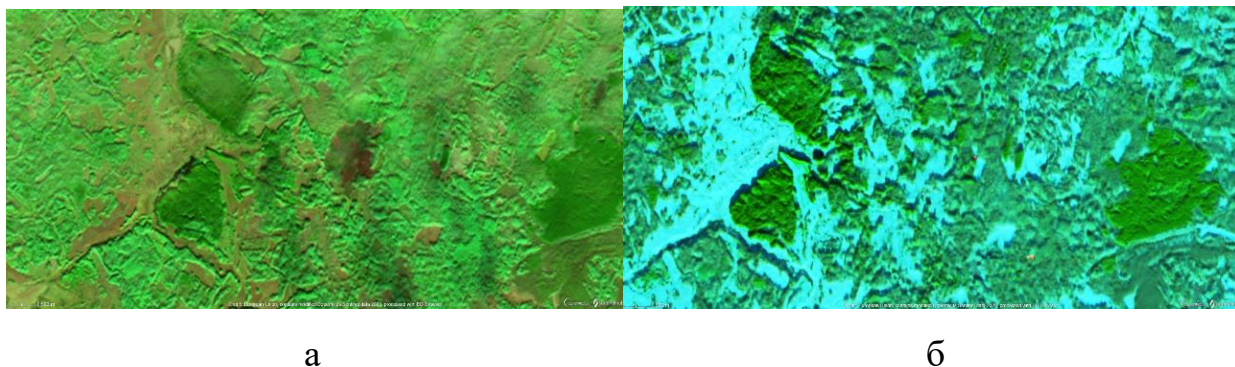


Рис. 4.8. Свердловская область осенний снимок торфяного пожара (а) и зимний снимок того же пожара (б)

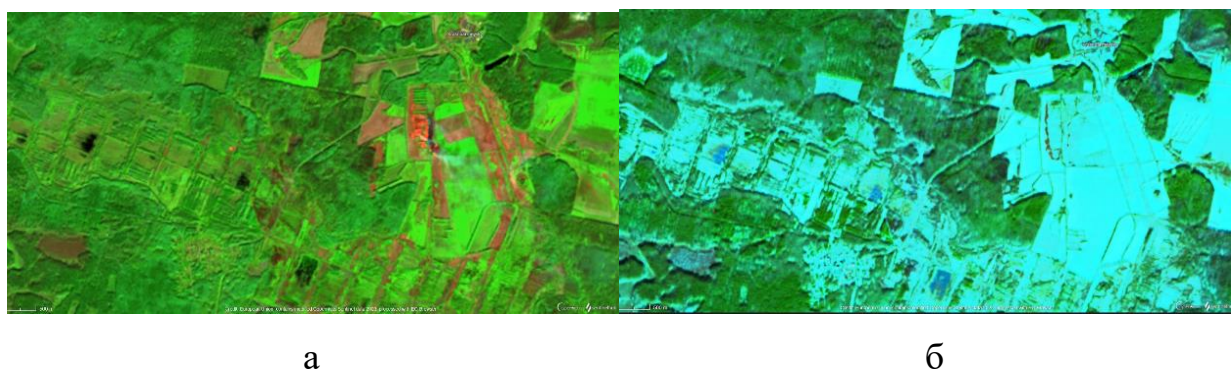


Рис. 4.9. Осенний снимок торфяного пожара (а) и зимний снимок того же пожара (б)

Сравнение осенних и зимних снимков позволяет определить, что проталины, вероятно, соответствуют действующим очагам. Кроме того, можно зафиксировать осеннюю активизацию кромки пожара и состояние указанной кромки на зимнем снимке (рис. 4.10).



Рис. 4.10. Последние (осенние) возобновления активности кромки пожара (а) и зимние снимки этих же участков (б)

Для проверки предположений о расположении очагов тления, сделанных по данным космической съемки, дополнительно были проведены обследования участка беспилотными воздушными судами (рис. 4.11), оснащенными тепловизионными камерами (рис. 4.12), а также наземное обследование (рис. 4.13) с применением ручных тепловизоров, щупов-термометров, пирометров,

влажномеров. В некоторых случаях для изучения структуры очагов и создания глубоких разрезов через них применялись ручные моторизованные траншеекопатели (георишперы) (рис. 4.14).

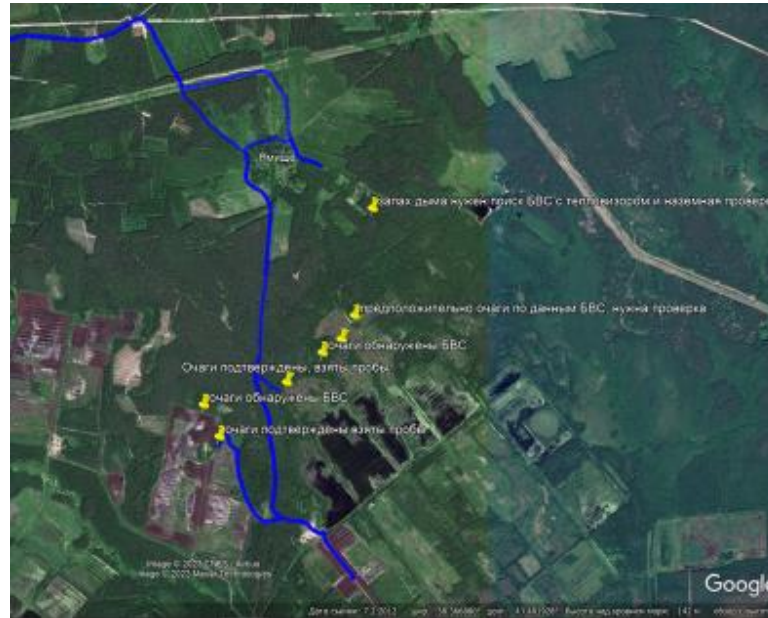


Рис. 4.11. Данные обследования с применением БВС с тепловизором и наземного обследования

Очаги обнаружены в том числе в тех зонах, где было возобновление горения осенью по данным космического мониторинга.

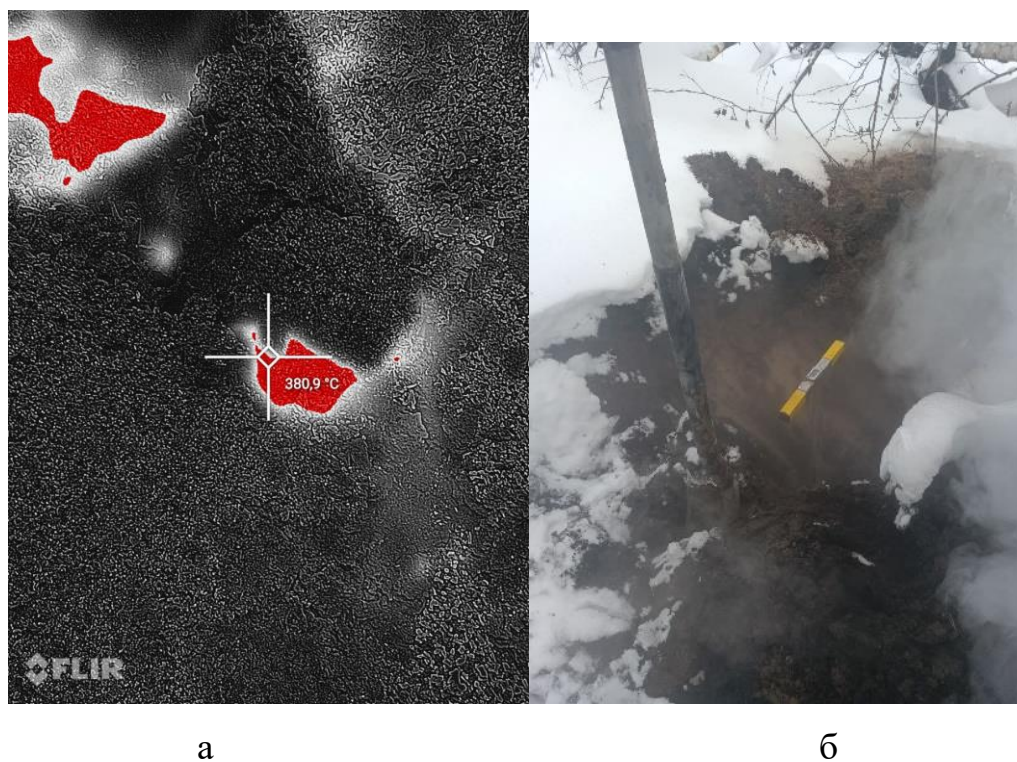


а

б

Рис. 4.12. Сравнение тепловизионного (а) и визуального (б) изображения очага тления





а

б

Рис. 4.13. Тепловизионное (а) и визуальное (б) изображение очагов при наземном обследовании



Рис. 4.14. Разрезание мерзлого грунта георипперами для исследования структуры очагов, обнаруженных по данным БВС

Проведенные обследования с применением БВС мультикоптерного типа с тепловизионными камерами показало, что наилучший результат отмечается при использовании тепловизионной камеры с разрешением 640 x 512 пикселей и выше.

В летний период лимитирующим фактором при выполнении полетов был нагрев поверхности солнечными лучами. Солнечная погода, при которой кроны деревьев и открытые, и особенно темные, поверхности сильно нагреваются, не позволяет получать достоверные данные тепловизионной разведки. Лучшие условия для использования тепловизоров – утренние и вечерние часы, когда поверхность земли не нагрета солнечными лучами, а также облачные дни.

Лимитирующим фактором при выполнении полетов в зимний период является температура воздуха при котором может работать тепловизионная камера, большинство тепловизионных камер используемых на БВС не могут работать при температуре ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ . Полет желательно совершать при температуре до  $-5^{\circ}\text{C}$ , с учетом того что на высоте 300 м температура в среднем опускается на  $2^{\circ}\text{C}$  оптимальным для надежного обнаружения очагов тления является автоматический полет с перекрытием поля зрения как визуальной, так и тепловой камеры не менее, чем на 30–40 %.

Прямые солнечные лучи (солнечная безоблачная погода) в зимнее время также существенно осложняли работу тепловизорами, создавая блики и неравномерный нагрев поверхности. Можно рекомендовать даже в зимнее время обследовать торфяные пожары утром до восхода солнца, вечером сразу после захода солнца или в безоблачные дни.

Участники обследования отмечали гораздо более высокую надежность обнаружения очагов тления именно в зимних условиях из-за очень резкого температурного контраста между очагами и окружающими участками по сравнению с аналогичными работами в летний период, когда работу тепловизора осложняет нагрев темных поверхностей солнечными лучами. Также было от-

мечено, что в случае, когда на болотах в зимнее время есть участки с не замерзшей открытой водой, это дает «ложные» срабатывания тепловизионной камеры, поскольку вода существенно теплее снега. В таких случаях требуется контроль камеры в видимом спектре для того, чтобы отделить очаги тления от участков с открытой водой в каналах.

Данный вид обследования на сегодняшний день является самым качественным и позволяющим максимально точно найти все очаги, а также определить их площади и интенсивность горения.

Для постобработки тепловых изображений применялись программы DJI Terra, Agisoft Metashape.

При наземном обследовании в зимние периоды 2021-2022, 2022-2023 и 2023-2024 годов ставились задачи верификации данных, полученных по космическим снимкам и по итогам работы БВС с тепловизором, а также задачи измерения размеров очагов, их глубины, температуры, уровня грунтовых вод под очагами, влажности торфа в примыкающей к очагам зоне, глубины снегового покрова, описание особенностей нависающих над очагами участков почвы. Измерение глубины очагов тления торфа проведено с использованием торфяных щупов-термометров. Температура в очагах тления оценивалась ручными тепловизорами и пирометрами, влажность предварительно влагомерами ИВ-4 и в лабораторных условиях уточнялась взвешиванием образцов после высушивания в соответствии с ГОСТом. Глубина снегового покрова измерялась мерной рейкой и рулеткой.

Для пожаров 2002-2021 годов, которые анализировались ретроспективно по имеющимся данным, анализировались отчеты и воспоминания участников тушения, а также фото, видео съемка, треки из навигаторов и другая доступная информация, по которой можно было объективно установить искомые параметры.

Сравнение результативности обследований зимующих торфяных пожаров различными методами выявило достоинства и недостатки этих методов и

привело к пониманию того, что только комбинирование всех возможных подходов и инструментов обследования может обеспечить раннее и достаточно надежное обнаружение таких пожаров.

Анализ термоточек, снимков низкого пространственного разрешения и космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения целесообразен для предварительного определения площади пожара (площади, пройденной огнем), а также для отслеживания динамики развития пожара. Прежде всего приходится анализировать пожары в летний и осенний период, пробуя по их динамике определить, могли ли остаться действующие очаги тления, потенциально переходящие в зимний период. Наиболее удобным инструментом для такого анализа в настоящее время являются космические снимки среднего пространственного разрешения Sentinel-2 MSI (20 м/пиксель) Европейского космического агентства доступные через WMS сервис, предоставляемый Sentinel-Hub (<https://www.sentinel-hub.com>, Sinergise Ltd.). Границы пожара определяются методом визуального дешифрирования снимков в комбинации каналов 11-8-2 и 4-3-2 при рабочем масштабе от 1:10 000 до 1:50 000. Для определения границ и площади, пройденной огнем, целесообразно использовать оконтуривание пожара с помощью инструментов картирования. Полученные данные необходимо сопоставлять со снимками высокого пространственного разрешения в открытых картографических сервисах для выбора оптимальной схемы тушения и для определения мест дальнейших практических измерений на пожаре.

Для выявления и последующего обследования очагов, перешедших в зимний период, по космическим снимкам в период после выпадения снега, могут быть использованы снимки в комбинации каналов 11-8-2 и 4-3-2 при рабочем масштабе от 1:10 000 до 1:50 000. Практика этой работы показала, что для уверенного обнаружения очагов тления, необходимо смотреть снимки в динамике, сравнивать одинаковые сцены и конкретные тайлы для выявления отличий, при появлении предположения о том, что обнаружен участок тления,

сравнивать изображения в различных комбинациях каналов, обращая внимание как на признаки выделения дыма (для этого оптимальны псевдо-натуральные цвета), так и изменения растительного покрова. В некоторых случаях на снимок может попадать открытое горение, которое является несомненным идентификатором активности очагов. В остальных случаях идентификатором является либо изменение контура выгоревшей площади, либо шлейф дыма с предполагаемых очагов.

На настоящий момент такой способ выявления зимующих пожаров является недостаточно надежным, не обеспечивает обнаружение всех действующих в зимнее время очагов, то есть может быть рекомендован как предварительный и вспомогательный инструмент. Перспективным представляется сочетание этого способа с применением снимков высокого (субметрового) разрешения. Также направлением дальнейшей работы должно быть машинное обучение и распознавание признаков зимующих пожаров нейронными сетями. Эта работа требует дальнейшего накопления базы данных снимков с экспертно обнаруженными на них пожарами, размеченных для дальнейшего машинного обучения.

Обследование местности с применением беспилотных воздушных судов целесообразно применять для тех территорий и конкретных участков, по которым на основании анализа космических снимков были сделаны предположения о наличии действующих очагов тления.

Применение БВС с визуальными камерами оказалось наиболее результативным в периоды с максимальным выделением дыма и водяного пара над очагами. Для периода с положительными температурами, это прежде всего утренние и вечерние часы, близкие к времени выпадения росы и образования туманов. В это время вода быстрее конденсируется на частицах дыма и дает визуально заметные столбики белого дыма над очагами. При сильных отрицательных температурах визуальное обнаружение очагов по дыму дает более высокую надежность в утренние и дневные часы при высоком атмосферном дав-



лении, в периоды, когда горячие очаги испаряют больше влаги, замерзающей в морозном воздухе и дающей клубы остывающего пара.

Применение БВС с тепловизионными камерами оптимально при высоком контрасте очагов и окружающей поверхности, то есть в периоды с наименьшим нагревом темных поверхностей солнечными лучами. При этом надо учитывать ограничения, имеющиеся у аппаратуры, в том числе сложности в работе с аккумуляторами на морозе, замерзание сервоприводов, обледенение винтов, запотевание камер и т.п. В результате оптимальным является применение БВС с тепловизионными камерами в пасмурные и не слишком морозные дни. Проведенные обследования с применением БВС мультикоптерного типа с тепловизионными камерами показало, что обследования могут проводиться в ручном режиме полета, если проводится поиск отдельных очагов, но для многоочагового пожара оптимальным для надежного обнаружения всех очагов тления является автоматический полет с перекрытием поля зрения как визуальной, так и тепловой камеры не менее, чем на 30–40 %. В случае, если при постобработке требуется построение ортофотопланов, в том числе по тепловым изображениям, желательно перекрытие поля зрения камеры на 80–60%. При соблюдении этих условий и при высоте полета не более 300 м с разрешением не менее 10 см на пиксель визуальной камеры и не менее 50 см на пиксель тепловизионной камеры, такое обследование позволяет обнаружить все очаги тления, т.е. наземное обследование на 100% подтверждает данные, полученные БВС.

Для картирования отдельных очагов тления можно использовать координаты с сделанных фотографий или треки полета БВС. В случае многоочаговых пожаров, когда требуется составление карты с нанесением множества точек с нескольких пролетов, оптимальным инструментом могут быть построенные по визуальным и по тепловым фотографиям ортофотопланы. Для постобработки тепловых изображений (создания ортофотоплана из тепловых изображений) в условиях проведенных экспериментов удачно применялась про-

грамма DJI Terra и отечественным программным продуктом Agisoft Metashape.

Опыт зимнего авиационного обследования на самолете Ан-2 показал, что такие полеты могут давать достаточно надежное обнаружение большинства очагов тления при следующих погодных условиях: температурная инверсия, высокое давление, морозы ниже 20<sup>0</sup>С. При сочетании этих условий происходит достаточное выделение пара над очагами тления, чтобы летчик-наблюдатель мог обнаружить такие участки с удаления около километра. Однако этот способ тоже не является достаточно надежным, поскольку обнаружение происходит только крупных очагов в период их интенсивного горения, скрытые очаги под корнями деревьев, которые находятся в стадии развития даже опытным летчиком наблюдателем не обнаруживаются.

Наземные обследования целесообразны после нанесения на карты и схемы всех предполагаемых очагов тления (температурных аномалий) по данным обследования при помощи БВС. Так же отлично себя показало использование полученных ортофотопланов, загруженных в навигаторы наземных групп для облегчения поиска всех очагов горения. При наземном обследовании могут быть уточнены координаты очагов, их точные границы, площади. Могут быть дообследованы или даже впервые обнаружены отдельные очаги, хорошо экранированные нависающим краем дороги или корнями дерева.

Основными задачами наземного обследования является установление глубины и температуры очагов, уровень грунтовых вод вблизи очагов, определение факторов, мешающих подавлению очагов осадками и уточнение других деталей, необходимых для организации эффективного тушения. При наземных обследованиях хорошо показали себя для обнаружения очагов тепловизоры, для определения глубины и конфигурации подземной части очага наиболее подходящим инструментом являются щупы-термометры, для определения строения торфяной залежи буры-пробоотборники конструкции Инсторфа. Влажность предварительно можно оценивать влагомерами, например, отечественным влагомером ИВ-4, но для более точных оценок и для точных

интерпретаций показаний влагомеров, целесообразно брать пробы грунта и в лабораторных условиях уточнять влажность взвешиванием образцов после высушивания в соответствии с ГОСТом 5180-84. Глубина снегового покрова может быть измерена рейкой или рулеткой, но для более точных оценок запасов влаги в снеговом покрове целесообразно дополнять это исследованиями по соответствующим методикам.

На настоящий момент набрана следующая статистика обнаружения очагов тления на многоочаговых пожарах:

Применение исключительно космических снимков позволяет только предварительно оценить места расположения очагов, найти только единичные самые крупные очаги и не может применяться как единственный метод.

Применение БВС без тепловизионных камер показало сравнимые результаты с применением пилотируемых ВС и позволило определить до 80 % от всех очагов тления при благоприятных погодных условиях. Ложноположительные данные (подозрения на очаги тления, которые не подтвердились) составили до 5 % (рис. 4.15).

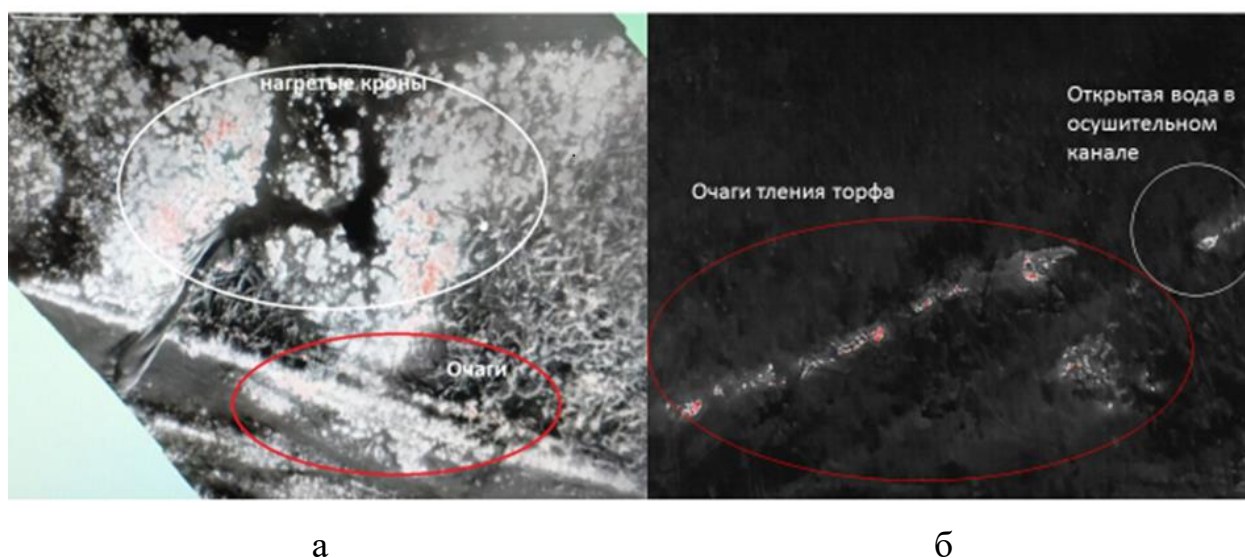


Рис. 4.15. Примеры ложноположительных ошибок при обследовании торфяного пожара при помощи БВС: а – нагретые кроны; б – открытая вода в осушительном канале

Применение БВС с тепловизионными камерами при ручном управлении позволило при благоприятных погодных условиях (при хорошем температурном контрасте) выявить до 95 % очагов тления. При этом до 5 % очагов не было обнаружено, и даже в благоприятных погодных условиях не менее 5 % выявленных тепловых аномалий оказались ложноположительными, то есть не подтвердились наземной проверкой, оказавшись нагретыми черными обугленными стволами, пнями, в некоторых случаях неподвижно лежащими животными, в зимнее время – окнами с открытой водой.

Применение БВС с тепловизионными камерами при автоматическом построении маршрута полета с перекрытием кадров дало обнаружение 98 % очагов, при этом дало также около 4 % ложноположительных тепловых аномалий.

Наземное обследование с применением ручных тепловизоров и щупов-термометров без данных с БВС позволило выявить до 90 % очагов при благоприятных условиях (при погоде, позволяющей визуально видеть выделение дыма, при обследовании в периоды, когда очаги уже достаточно глубокие, но их окрестности еще не заросли высокой травой). При менее благоприятных условиях доля выявленных очагов была ниже – до 60 % (рис. 4.16).

#### **4.2. Организация тушения торфяных пожаров подтоплением и поднятием уровня грунтовых вод**

Тушение торфяных многоочаговых пожаров методом подтопления и поднятием уровня грунтовых вод проводилось в рамках исследования на нескольких типичных пожарах, где другие методы тушения не позволяли получить удовлетворительный результат. Выбор объектов для такого тушения в рамках исследования осуществлялся по следующим критериям: пожар крупный (более 25 га), и внутренняя и внешняя гидроструктура горящего болота содержит каналы осушительной сети и/или карьеры, есть возможность организации строительства временных дамб (возможности доставки техники, материалов), есть запрос на оказание помощи со стороны руководителя тушения

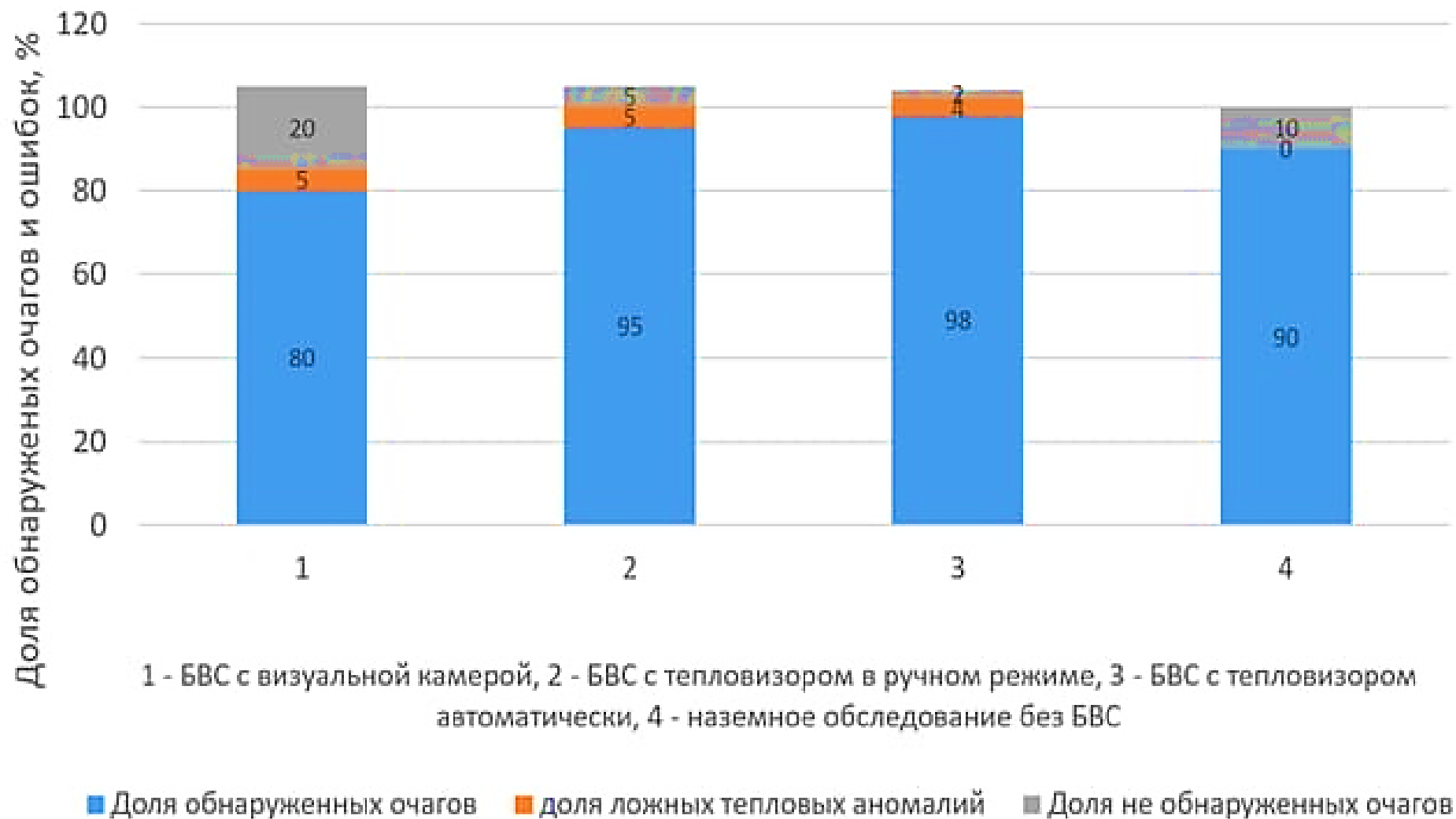


Рис. 4.16. Выявление очагов тления на многоочаговом торфяном пожаре различными способами

и/или КЧС муниципального образования.

Экспериментально были определены 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.

#### ***4.2.1. Тушение подтоплением с использованием рельефа местности и имеющихся перепадов уровней воды без перекачивания последней насосами***

Этот способ тушения применялся в рамках исследования в тех случаях, когда в границах внутренней или внешней гидроструктуры горящего болота находились достаточные по объему водоисточники, уровень воды в которых был выше расчетно необходимого уровня грунтовых вод для тушения пожара, а расстояния и имеющиеся условия позволяли с приемлемыми затратами создать регулируемый перелив воды в сторону пожара. Требование к регулируемости такого перелива обязательно, поскольку в противном случае возникает неопределенно высокий риск осушения примыкающей к пожару территории и риск непродуктивной потери больших объемов воды, пригодной для тушения. Регулируемость перелива обычно задавалась глубиной переливного канала или созданием в таком канале неразмываемых переливных устройств. Например, установленных на определенных отметках по высоте бетонных блоков, шпунтовых перемычек и т.п., через которые переливалась вода.

Исследование и тушение проведено на крупном многоочаговом торфяном пожаре в августе 2022 года в Комсомольском районе Ивановской области в непосредственной близости от н.п. село Октябрьский. Пожар охватил площадь более 100 га на территории бывшего торфопредприятия на частично выработанных фрезерных полях добычи торфа и примыкающих участках быв-

ших карьеров гидродобычи торфа.

Пожар возник на фоне длительной жары и засухи. Наиболее вероятной причиной пожара стали костры, оставленные гражданами во время открытия осенней охоты, и разгоревшиеся после выходных дней. В первые дни развития пожара огонь продвигался на север, создавая угрозу населенному пункту Октябрьский (рис. 4.17). В населенном пункте создавалось сильное задымление. Силы пожарной охраны были задействованы на границе с селом. Проводилось прямое тушение открытого огня и очагов тления торфа струями воды. Работа по тушению была организована с использованием подвозной воды от автоцистерн, а также воды, подаваемой мотопомпами, установленными на каналах и карьерах гидроторфа по границе населенного пункта. Перехода огня на дома удалось избежать, но дальнейшее сдерживание пожара было затруднено отсутствием доступной для пожарных автомобилей и даже для мотопомп воды – и в карьерах, и в каналах уровень воды был очень низким, оставшаяся вода представляла из себя скорее торфяную гидромассу, которую невозможно перекачивать пожарными насосами. В этот момент пожарной охраной была запрошена помощь в тушении с применением методов удержания воды и подтопления, и дано согласие на проведение экспериментальных работ.

Впоследствии роль примененной технологии обводнения была высоко оценена руководством гарнизона пожарной охраны и руководством Главного управления МЧС по Ивановской области, руководитель экспериментальных работ Г.В. Куксин был представлен к награде – медали МЧС «За содружество во имя спасения».

Характеристика пожара у с. Октябрьский на момент начала работ по тушению подтоплением и подъемом уровня грунтовой воды (рис. 4.18).

Западный участок создавал заметное задымление населенного пункта и при неблагоприятном развитии мог дать перебросы огня как на другие территории к югу от автомобильной дороги, так и в северном направлении (через автомобильную дорогу). На рис. 4.17 западный участок дает наиболее замет-



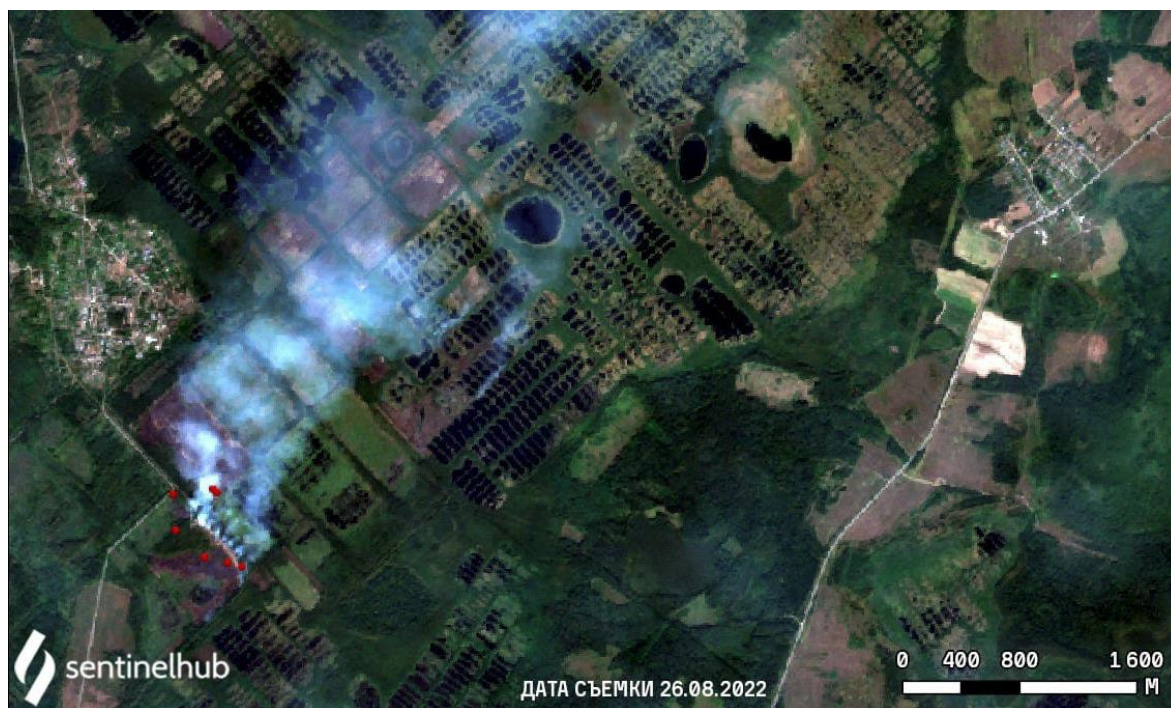


Рис. 4.17. Пожар у с. Октябрьский в августе 2022 года. Снимок Sentinel-2 в псевдонатуральных цветах и наложенные на него термоточки MODIS и VIIRS

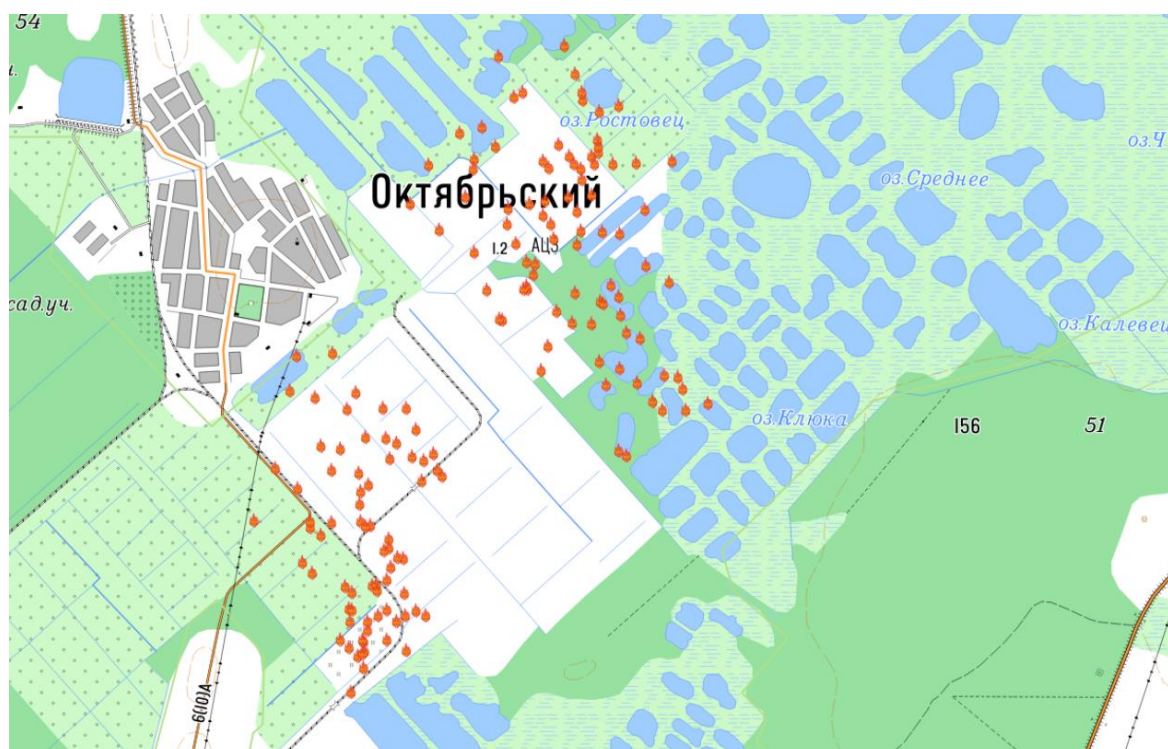


Рис. 4.18. Пожар у с. Октябрьский в августе 2022 года. Схема и все термоточки MODIS и VIIRS за период действия пожара

ное задымление на космоснимке в видимом диапазоне. Этот участок был выб-



ное задымление на космоснимке в видимом диапазоне. Этот участок был выбран для применения метода тушения подтоплением с использованием рельефа местности и имеющихся перепадов уровней воды без перекачивания воды для подтопления насосами.

На пожаре было выделено три боевых участка – западный, центральный и восточный (рис. 4.19).



Рис. 4.19. Пожар у с. Октябрьский в августе 2022 года. Снимок Sentinel-2 в комбинации каналов SWIR. Выделено три основных участка работ: 2 – западный, 1 – центральный и 3 – восточный

Проведенное обследование участка показало, что на нем оставалась хорошо дренированная каналами и скрытым керамическим дренажом полоса невыработанного торфа вдоль насыпи узкоколейной железной дороги, где тление было наиболее активным и глубоким (более 2 м), шел массовый вывал деревьев. Остальная площадь участка представляла из себя частично выработанные карты фрезерной добычи торфа, где тление было не таким глубоким (до 50 см). Сеть осушительных каналов на этом участке имеет направление стока на север-северо-запад. На северо-западе валовый канал через трубу сбрасывает воду на другую сторону автомобильной дороги. На космоснимках были замечены карьеры гидродобычи торфа, расположенные к югу от горящего

участка. Доступной для тушения этого участка, воды, кроме карьеров гидроторфа, в августе не осталось.

Проведенные при помощи геодезических приборов (GNSS) измерения (рис. 4.20) показали, что уровень воды в карьерах гидроторфа на 50 см выше дна пустых картовых каналов на западном участке пожара и чуть выше (на 2-4 см) поверхности выработанных карт. То есть при создании пути для стока воды из карьеров, возможно заполнение сети каналов водой и выход воды на поверхность горящих торфяных карт или подъем уровня грунтовой воды очень близко к поверхности почвы.



Рис. 4.20. Измерение рельефа и уровней воды на западном участке пожара с применением геодезического оборудования GNSS

Было принято решение перекрыть временной обваловкой возле устья трубы сток с этого участка под автомобильной дорогой, расчистить каналы, когда-то, вероятно, связывающие карьеры с горящим участком, прокопать насыпь бывшей узкоколейной дороги для создания временного канала от карьеров гидроторфа на горящие карты. Часть каналов была создана вручную лопатами. Эти части будущего пути для перебрасываемой воды позволяли максимально точно сформировать поток с нужной скоростью (расходом)

воды. Глубина этих каналов позволяла задать максимальное понижение уровня зеркала воды в карьерах. В случае падения уровня воды в карьерах до уровня дна каналов сброс воды прекратился бы. Это позволяло не опасаться избыточного осушения еще не горячей части болота (увеличения пожарной опасности на нем) (рис. 4.21).



Рис. 4.21. Один из каналов, соединяющий карьеры гидроторфа с ниже расположенными горящими фрезерными картами

Созданный вручную канал обеспечивал сброс воды более 3 тыс. литров в минуту. Глубина дна канала, прокопанного в плотном торфе, ограничила максимальный сброс воды из карьеров гидроторфа 40 см.

Таким образом достигалась локализация горящего западного участка водой по периметру (участок оказывался окружён водой в каналах), а также тушение большинства очагов тления на торфяных картах за счет подъема уровня грунтовой воды практически до поверхности почвы.

Наиболее возвышенные очаги на невыработанной полосе вдоль узкоколейной насыпи не могли быть потушены таким способом, поэтому к ним была проложена рукавная линия от плавающей мотопомпы с оставшихся неглубо-



ких разливов на выработанных фрезерных картах к югу от с. Октябрьский.

Для предотвращения перебросов искр с западного участка, и для тушения возникающих от искр очагов, а также для разбора возникающих завалов из падающих деревьев, по узкоколейной дороге на этом участке организовано патрулирование на квадроцикле с ранцевым лесным огнетушителем (РЛО) и бензопилой (рис. 4.22).

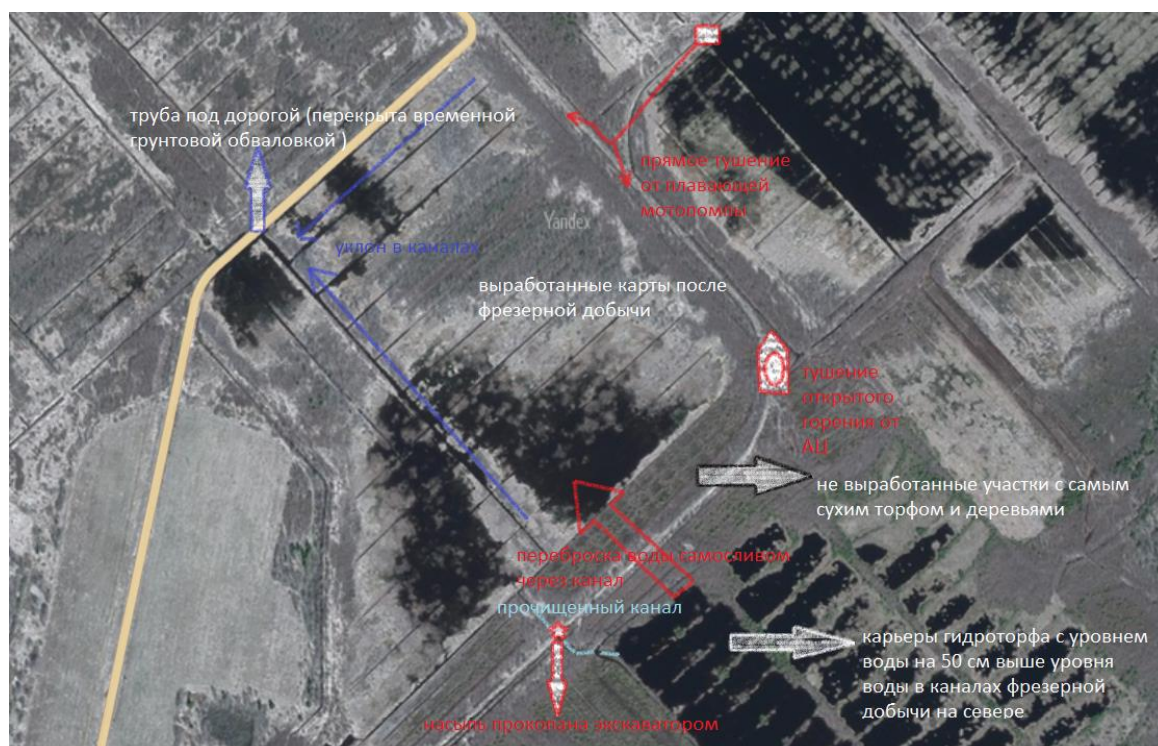


Рис. 4.22. Общая схема организации работ на западном участке пожара

Ситуация на западном участке пожара была принципиально переломлена в течение двух суток после начала работ. Задымление существенно снизилось, участок оказался локализован водой, оставшиеся очаги тления по возвышенным местам имели небольшую глубину и могли быть потушены прямым тушением. Для прямого тушения были созданы оптимальные условия – глубокая и чистая вода оказалась во всех каналах в непосредственной близости от оставшихся очагов.

Тушение подтоплением с использованием рельефа местности и имеющихся перепадов уровней воды без перекачивания воды для подтопления

насосами оказалось для этого случая единственно возможной применимой технологией.

Объем работ по подтоплению этого участка может быть оценен как один рабочий день работы двух человек с геодезическим оборудованием и один рабочий день работы 4 человек с ручным инструментом, что несопоставимо с работами по прямому тушению, которые могли бы быть альтернативой в случае прокладки рукавных линий от доступных водоемов (не менее двух недель работы 10-20 человек, до 1 км рукавных линий, работа автоцистерны (АЦ) и мотопомп или передвижной насосной станции (ПНС-110).

Аналогичным способом (без перекачивания воды насосами) в рамках исследования проводилось тушение подтоплением отдельных участков на торфяных пожарах в Свердловской области, в частности, в 2023 году в Белоярском городском округе на болоте Моховая Шмарина. Для подтопления использовалась вода, текущая по нагорным каналам на бывшей фрезерной торфоразработке. Для удержания этой воды на пожаре и для подъема за счет удержанной воды уровня грунтовых вод максимально близко к поверхности почвы, использовались временные земляные перемычки, созданные на основе заброшенных бобровых плотин. Измерения рельефа проведены с применением GNSS оборудования, а также измерением мерными рейками и рулетками перепадов воды на всех встреченных на каналах бобровых плотинах. Земляные перемычки созданы радиоуправляемым гусеничным мини трактором. Расчет планового притока воды и прогноз скорости подтопления был сделан на основе измерений скорости водного потока в каналах, измеренного на бобровых плотинах и в каналах. Исследование показало, что при высокой приточности (в исследуемых случаях около 10–20 л/с) создание временных грунтовых перемычек до расчетных отметок по высоте (с предусмотренными перепадами избытков воды), позволяет подтапливать значительные территории с минимальными затратами времени и сил, ограничивать развитие пожара на отдельных участках и создавать возможности для дальнейшего тушения за

счет тушения части очагов, за счет ограничения развития в глубину для очагов на возвышенностях и за счет создания запасов воды для последующего прямого тушения.

#### ***4.2.2. Тушение подтоплением и подъемом уровня грунтовой воды с использованием перекачивания воды насосами***

Исследование проводилось на многоочаговых торфяных пожарах в Ивановской, Ленинградской, Свердловской областях. В Ивановской области исследования проводились на вышеописанном пожаре у с. Октябрьский на центральном боевом участке пожара. Центральный участок (рис. 4.19), расположенный ближе всего к селу Октябрьский, был приоритетным в выделении сил и средств, поскольку на этом направлении пожар непосредственно угрожал населенному пункту, а задымление с этого участка было наиболее сильным и могло создавать угрозу жизни и здоровью людей. Участок отличался тем, что после прохождения открытого огня по выработанным фрезерным торфяным картам, тление торфа началось практически по всей площади, с наиболее глубокими очагами по краям каналов. В картовых и валовых каналах не осталось воды. Вода в «разливах» на более глубоко выработанных фрезерных картах к югу от горящего участка оказалась практически недоступной для пожарной техники (глубина от поверхности воды до плотного дна составляла около 10–20 см). При этом общие объемы этой воды (при возможности ее использовать) были бы для данного пожара практически неисчерпаемым водоисточником. Карьеры гидроторфа на севере участка (по границе с населенным пунктом) было решено оставить как резерв воды для защиты домов (для прямого тушения) и не использовать без необходимости.

После обследования участка, проведения геодезических измерений, оценки необходимых объемов воды для подтопления и сопоставления их с имеющимися доступными запасами воды, было принято решение использовать для перекачивания воды с «разливов» две плавающие мотопомпы с рас-

ходом 2,4 тонны в минуту каждая и четыре мотопомпы для сильнозагрязненной воды с расходом 1,2 тонны в минуту каждая, выкопав для заборных рукавов грязевых помп углубления в дне. Таким образом, одновременно подаваемый объем воды при небольших подъемах по рельефу (1–1,5 м), при пренебрежимо низких потерях давления в рукавных линиях (использовались рукава максимальных диаметров) и отсутствии установленных стволов и других приборов, создающих сопротивление, составлял более 8 тыс. л/мин.

Для локализации горящего участка водой в валовых каналах были предварительно сделаны временные земляные дамбы (плотины), препятствующие уходу воды по трубам на другие участки. Вода по двум линиям 150мм и четырем линиям 77 мм перекачивалась в каналы на горящем участке до тех пор, пока не наполнила картовые каналы и не разлилась частично по поверхности карт, что привело к подавлению большей части очагов и заметному снижению задымления. Для выполнения этой задачи потребовалось два рабочих дня (темное время также частично использовалось для перекачивания воды). Одновременно проводилось прямое тушение наиболее возвышенных по рельефу очагов (по краям валовых каналов) от переносных мотопомп, установленных на заполненных перекаченной водой каналах (рис. 4.23).



Рис. 4.23. Схема тушения с применением подтопления за счет перекачивания воды мотопомпами



Для удержания воды в валовых каналах создавались временные земляные плотины вблизи трубопереездов с использованием радиоуправляемого трактора (рис. 4.24).



Рис. 4.24. Создание временной земляной перемычки на осушительном канале с применением радиоуправляемого гусеничного трактора на базе роботизированной платформы RoboGreen

Аналогично по схеме организации работ в рамках исследования в 2022–2023 гг. были потушены торфяные пожары в Тейковском районе Ивановской области, в Кировском районе Ленинградской области (так называемые рабочие торфяные поселки в окрестностях оз. Люкосаргское на болотном массиве Назия).

Во всех случаях подача воды осуществлялась от водоисточников, не пригодных для установки автоцистерн или пожарных насосных станций. При этом стоимость работ оказалась многократно (в 10 и более раз) ниже стоимости аналогичных работ с применением прямого тушения от местных водоисточников или с применением ПНС от более далеко расположенных водоисточников.



Контроль качества тушения во всех случаях осуществлялся как при помощи тепловизионных камер (как на БВС, так и ручных) и с применением щупов-термометров для замеров температуры почвы на глубине.

Во всех исследованных случаях тушение подтоплением оказалось абсолютно надежным для очагов, попавших в зону длительного (более суток) подтопления, а также в зону с подъемом уровня грунтовой воды близко к поверхности земли (УГВ 50 см и менее от поверхности (рис. 4.25).



Рис. 4.25. Зона подтопления. Торфяной пожар в Кировском районе Ленинградской области в окрестностях оз. Люкосаргское

Контроль уровня грунтовой воды в зоне действия очагов производился во всех случаях в шурфах с мерными рейками (рис. 4.26).

Для очагов, расположенных на возвышенных участках, где УГВ находился после подтопления на расстоянии 50-70 см от поверхности могли сохраняться до 10 % от ранее обнаруженных очагов. Они не могли развиваться в глубину, но могли давать возобновление тления и открытого горения после падения уровня воды. На очаги, расположенные на возвышенностях (выше,



Рис. 4.26. Контроль уровня грунтовой воды около очагов тления при тушении подтоплением

чем 70 см от уровня грунтовых вод) подтопление не оказывало заметного влияния.

### **4.3. Влияние влажности торфа и уровня грунтовых вод на развитие очагов тления**

Тушение с применением подтопления горячей территории и подъема уровня грунтовых вод на практике зарекомендовало себя как один из наиболее результативных способов тушения многоочаговых торфяных пожаров на бывших фрезерных торфоразработках. С 2023 года такие приемы как создание временных земляных перемычек для удержания воды в мелиоративных каналах, создание временных водоемов и т.п. вошли в Правила тушения лесных пожаров. При этом отсутствовали надежные данные о том, как при изменении

влажности торфа ведут себя очаги тления на уже возникших пожарах, особенно с учетом их собственного воздействия на окружающие участки, а также о том, какой уровень грунтовой воды и влажность торфа позволяют остановить вертикальное и горизонтальное развитие очагов тления в горячей торфяной залежи. В целях повышения эффективности и совершенствования методов тушения торфяных пожаров потребовалось дополнительное теоретическое и экспериментальное исследование, которое было проведено на нескольких типичных длительно действующих многоочаговых торфяных пожарах на бывших фрезерных торфоразработках.

В условиях длительных многоочаговых торфяных пожаров, действовавших на бывших фрезерных торфоразработках в Ленинградской, Костромской, Свердловской областях проведен сбор экспериментальных данных, позволяющих научно обосновать уровни грунтовой воды и влажности торфа, достижение которых позволяет локализовать или ликвидировать торфяной пожар методами подтопления (Куксин, 2023).

Работа была направлена на установление параметров условий, в которых развивается торфяной пожар. В условиях действующих пожаров (как в летние месяцы, так и в зимнее время) были взяты пробы торфа для лабораторного определения характеристик торфа, в том числе влажности. Пробы обирались из стенок шурфов. Шурфы располагались на расстоянии около 1,5–2 м от краев очагов, за границами явного влияния очагов тления на не тлеющий и еще холодный торф в шурфах (температура стенок шурфов контролировалась как ручными тепловизорами, так и щупами-термометрами).

Участки шурфов подобраны в соответствии лесорастительным характеристикам участков, пройденным конкретным торфяным пожаром. При выборе конкретного места для шурфа выбиралась точка, где, если бы пожар не был потушен, участок с шурфом был бы поглощен развивающимися очагами через несколько дней. Эти же шурфы в дальнейшем использовались в качестве водомерных скважин. В шурфах был измерен уровень грунтовой воды. Ее уро-



вень совпал с уровнем воды в ближайших картовых каналах. Пробы торфа были взяты с глубин, соответствующих тем, на которых торф тлеет в нижней части очагов, и на которых он уже точно не тлеет даже под действующими очагами. Дополнительно для подтверждения корректности измерений и для определения диапазона влажности в изучаемых условиях, были взяты пробы с глубин, соответствующих зоне поверхностного (самого горячего) тления, то есть вблизи поверхности почвы, а также пробы с глубины, близкой к уровню грунтовой воды.

Также до начала работ по подтоплению были измерены профили картовых каналов. Эти данные были нужны для последующего определения объемов воды в каналах.

Каждый участок для тушения методом подтопления был выбран так, чтобы в него попали все действующие группы торфяных очагов, угрожавшие при своем развитии переходом огня на соседние торфяные поля. При этом для того, чтобы подтопление можно было провести в условиях дефицита воды, участок был отделен от остальной площади системой временных земляных дамб. Это позволяло достаточно точно оценить объем пустых картовых каналов, предназначенный для заполнения водой при подтоплении. При этом следует учитывать, что кроме картовых каналов при подтоплении вода заполняет и пространства выгоревших торфяных очагов, оценить которое в полевых условиях очень сложно.

Работы по подтоплению проводились путем перекачивания плавающими мотопомпами воды из валового канала в перекрытые участки картовых каналов со скоростью около 4500–4600 л в минуту с небольшими перерывами для заправки мотопомп топливом. Фиксировалось только время эффективной работы мотопомп (время подачи воды).

После начала работ по подтоплению в водомерных скважинах фиксировался подъем уровня воды и время, которое требовалось для выравнивания уровня воды в заполняемых каналах и в скважинах. Фиксировалась темпера-

тура очагов. Также проводилась съемка тепловой камерой с беспилотника два раза в день.

В конце работ по подтоплению, когда было зафиксировано, что все очаги тления потушены, из шурфов брались повторные пробы торфа с глубин, соответствующих глубинам, где тление было остановлено именно в результате подъема уровня воды. Также после окончания работ и после падения уровня воды на потушенном участке в результате фильтрации и испарения, проводилась контрольная съемка пожара тепловизионной камерой с беспилотника.

Все сделанные измерения наносились на рабочие карты и схемы.

Все взятые пробы были в лабораторных условиях высушены до нулевой влажности в соответствии с установленными методиками (ГОСТ 5180-84). Высушивание производилось при 90<sup>0</sup>С с взвешиванием через 5 часов и затем через каждые два часа до прекращения изменения массы проб.

Примеры результатов измерений приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений влажности торфа на пожаре в Ленинградской области в окрестностях оз. Люкосаргское

№ шурфа и координаты	№ пробы	Глубина от поверхности, см	Масса пробы торфа, гр.	Характеристика торфа в пробе	Масса пробы торфа после высушивания до 0 %, г	Отношение массы воды к массе сухого грунта, %
1	2	3	4	5	6	7
Зона активного тления вблизи поверхности земли, температура около 300 градусов						
Шурф 1. N59.746999, E31.535813	1	15	96,00	Верховой, преимущественно сфагновый, средней степени разложения	43,00	123,2
Шурф 2. N 59.747069 E 31.536328	4	10	100,00	Верховой, преимущественно сфагновый,	31,00	222,5

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
				средней степени разложения		
Шурф 3. N 59.746964, E31.535244	10	10 177,7	100,00	Верховой, преимущественно сфагновый, средней степени разложения	36,00	177,7
Зона пиролиза в нижней части очага, температура от 40 до 90 градусов						
Шурф 1. N59.746999, E31.535813	2	35	100,00	Верховой, преимущественно сфагновый, средней степени разложения	31,00	222,5
Шурф 2. N 59.747069 E 31.536328	5	30	100,00	Верховой, преимущественно сфагновый, средней степени разложения	22,00	354,5
Шурф 3. N 59.746964, E31.535244	11	45	100,00	Верховой, преимущественно сфагновый, средней степени разложения	20,00	400
Шурф 1. N59.746999, E31.535813	3	40	100,00	Переходный, средней и низкой степени разложения.	27,00	270,3
Шурф 2. N 59.747069 E 31.536328	6	40	100,00	Переходный, средней и низкой степени разложения	21,00	376,1
Зона ниже дна очага, температура ниже 40 градусов, очаг не развивается на эту глубину						
Шурф 3. N 59.746964, E31.535244	12	60	100,00	Переходный, средней и низкой степени разложения	19,00	426,3
Шурф 2. N 59.747069 E 31.536328	7	105	100,00	Низинный, осоково-тростниковый, низкой степени разложения	12,00	733,3

Продолжение табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
Зона ниже дна очага чуть выше уровня грунтовой воды (УГВ)						
Бывшая зона активного горения после тушения подтоплением (выше нового УГВ)						
Шурф 1. N59.746999, E31.535813	8	10 (выше нового уровня грунто- вых вод)	100,00	Верховой, пре- имущественно сфагновый, средней сте- пени разложе- ния	16,00	525
Шурф 3. N 59.746964, E31.535244	13	25 (выше нового уровня грунто- вых вод)	100,00	Верховой, пре- имущественно сфагновый, средней сте- пени разложе- ния	32,00	212,5
Бывшая зона пиролиза после тушения подтоплением (ниже нового УГВ)						
Шурф 1. N59.746999, E31.535813	9	20 (выше нового уровня грунто- вых вод)	100,00	Верховой, пре- имущественно сфагновый, средней сте- пени разложе- ния	23,00	334,7
Уровень грунтовой воды до начала подтопления, расстояние от УГВ до дна очагов						
УГВ исход- ный под шур- фом/ расстоя- ние от УГВ 1. до нижней границы очага		105 (выше нового уровня грунто- вых вод) /65				
УГВ 2. исход- ный под шур- фом/ расстоя- ние от УГВ до нижней гра- ницы очага		105 (выше нового уровня грунто- вых вод)/65				
УГВ 3. исход- ный под шур- фом/ расстоя- ние от УГВ до нижней гра- ницы очага		125 (выше нового уровня грунто- вых вод)/65				
Уровень грунтовой воды (УГВ) после подавления очагов						

Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7
УГВ 2.1. уровень грунтовой воды у очага 2 после завершения тушения		0 см, устойчивое подтопление поверхности почвы				
УГВ 3.1. уровень грунтовой воды у очага 3 после завершения тушения		10 см с последующим понижением в течение суток до 30 см				

В таблице 4.1 приведены экспериментальные данные по измерениям влажности торфа в шурфах на различных глубинах до и после тушения подтоплением.

Аналогично в 2024 году были проведены измерения влажности торфа и уровней грунтовых вод вблизи действующих очагов тления торфа на пожарах в Березовском районе Свердловской области в зимний период. Результаты наблюдений и измерений представлены в таблице 4.2.

Использование влагомера ИВ-4 и сопоставление его показаний условной относительной влажности (принцип действия прибора основан на изменении электрической проводимости почвы при различной влажности) с результатами определения массовой влажности в тех же образцах, произведенным в соответствии с ГОСТ 5180-84 дали возможность провести измерения влажности на большом числе действующих очагов. На каждом новом виде торфа и при изменении внешних температур (что могло сказаться на показаниях влагомера ИВ-4) контрольно отбирались пробы для измерений по ГОСТ 5180-84 для корректировки данных, полученных прибором. Таким образом, с применением как отбора проб для высушивания и взвешивания, так и с применением влагомера ИВ-4 (что значительно ускорило процесс, поскольку не требовало



Таблица 4.2 – Результаты измерения влажности торфа и уровня грунтовых вод в шурфах вблизи очагов тления на зимующих торфяных пожарах в Свердловской области

Номер очага и координаты	№ пробы	Масса торфа при взятии, г	Масса торфа после сушки, г	Масса воды, г	Влажность торфа фактическая, %	Влажность по влагомеру ИВ-4, %	Высота УГВ (м. над у.м.)	Высота пробы (м. над у.м.)	Высота поверхности земли (верх очага), м. над у.м.	Глубина от поверхности, см	Высота от УГВ, см	Комментарий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
№1 N 57°08.065' E 061°14.021'	1	279	40	239	597,5	82,3	236,136	236,78	238,06	128	64	Ниже дна очага, выше УГВ
	2	211	31	180	580,6	79		236,72		122	70	Граница горячей зоны
	3	262	50	212	424	70		237,54		52	140	Уровень активного тления
№2 N 57°07.923' E 061°13.561'	4	308	79	229	290	69,4	236,31	236,58	237,49	27	91	Нижняя граница очага. Под очагом разогретая глина
	5	223	58	165	284,5	62		236,99		68	50	Уровень активного горения
№3 N 57°07.657' E 061°12.897'	6	231	95	136	143	43,5	237,31	237,94	238,80	84	63	Граница тления
	7	215	54	161	298	53		238,29		51	98	Активное тление
	8	370	223	147	66	-		237,84		96	53	Дно очага, но высушенное золой

Окончание табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
№4 N 57.13057°, E 061.21853°	10	240	62	178	287	72	236,76	237,56	239,20	164	80	Дно очага
	11	211	61	150	246	68		237,66		154	90	Граница зоны тления
	12	208	57	151	265	55		238,22		98	146	Зона активного горения
№ 5(караван) N 57.17094°, E 061.26660°	20	157	22	135	613,6	77	221,78	221,40				Основание горящего каравана, почти погруженного в воду – торф разогрет даже ниже УГВ
№6 N 57.16699°, E 061.25609°					Нет пробы		220,15	220,76	222,26	150	61	Граница зоны тления
№7 N 57.16612°, E 061.25293°	21	163	53	110	207,5	71						Зона активного горения

выкапывать шурф большой глубины лопатами) были измерены уровни влажности торфа на действующих очагах тления на пожарах в Омской, Костромской, Ленинградской, Московской, Свердловской областях.

Полученные данные обобщены на графиках (рис. 4.27 и 4.28).

Проведенные исследования показали, что среднее значение влажности торфа на границе зоны тления для всех исследованных очагов составило 358,9 %. Критическим уровнем влажности, при котором тление торфа останавливалось для большинства типичных исследованных очагов, был уровень около 400 % от массы сухого вещества. Среднее расстояние от нижней части типичных очагов тления до уровня грунтовых вод составило 60 см. Очаги тления торфа в не развивались вертикально (в глубину) начиная с расстояния в 50–70 см от уровня грунтовой воды под ними.

Следует учитывать отдельные исключения, при которых значения выходят далеко за рамки средних. Так, можно выделить отдельные исключительные (нетипичные) категории случаев, исследованные в рамках работы: очаги, действовавшие на насыпях дорог, где смесь торфа с отсыпкой из глины и гравия дает нетипичное поведение очагов. Также нетипичным могут быть признаны очаги, действующие в брошенных штабелях (караванах) не вывезенного когда-то торфа, поскольку такие очаги из-за огромного количества выделяемого тепла способны разогревать торф под караваном даже на уровне, равном уровню грунтовой воды.

На настоящий момент данных недостаточно для того, чтобы оценивать статистическую достоверность полученных результатов и их применимость для всех возможных видов торфяных пожаров, но проделанная работа свидетельствует о том, что найдены определенные статистически значимые закономерности для исследованных очагов на осушенных торфяных болотах, и пока мы не наблюдаем заметных отличий в получаемых результатах для разных видов торфа и для разных регионов.



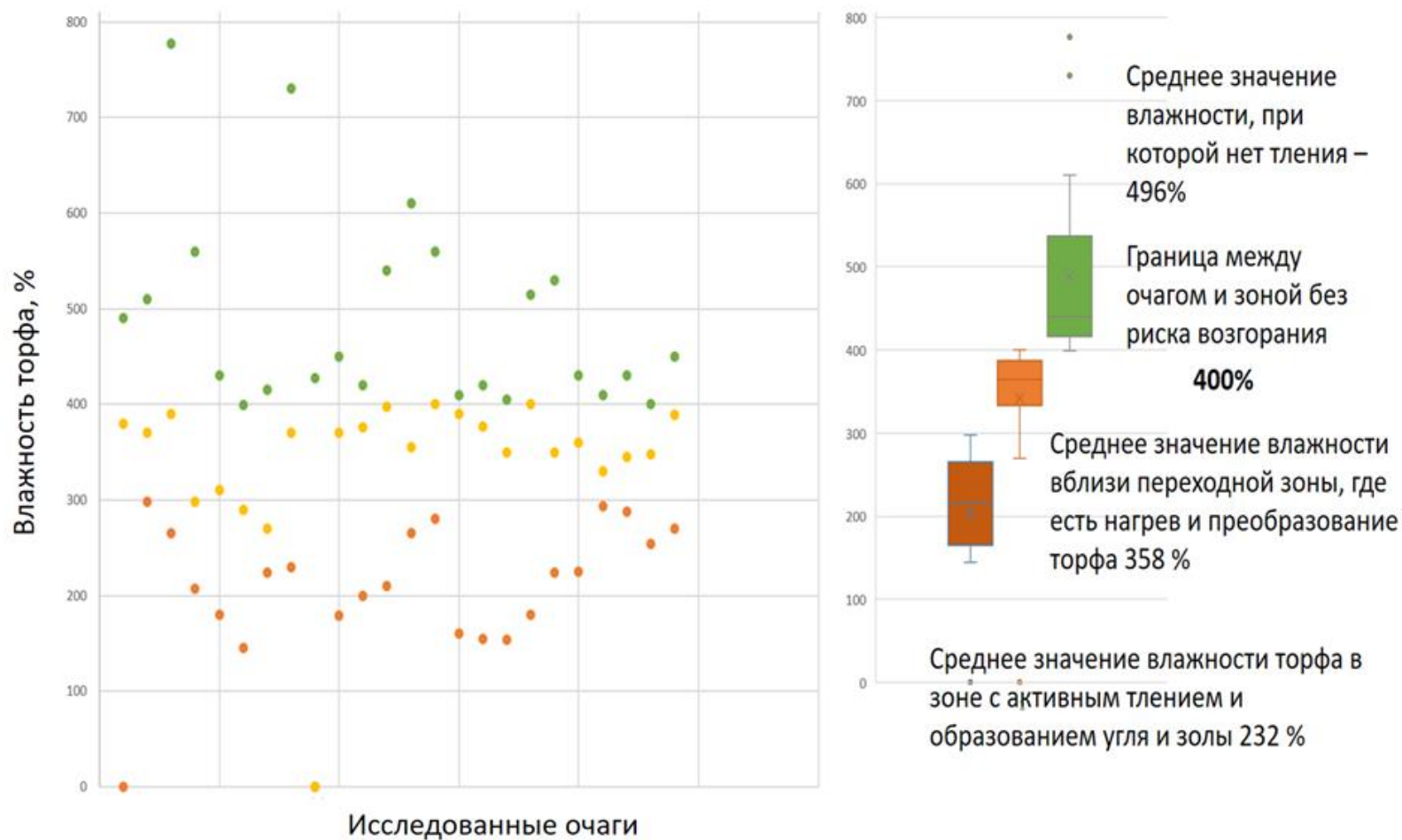
● Ряд1 Глубина очагов тления от поверхности почвы (см) по данным измерений щупом-термометром и GNSS
 ● Ряд2 Уровень грунтовых вод от поверхности почвы (см) под очагом тления по данным измерения GNSS

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. 4.27. Взаимосвязь глубины очагов тления торфа и уровня грунтовых вод



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

Рис. 4.28. Влажность торфа в различных зонах очагов тления и граница влажности, останавливающая тление торфа в большинстве случаев

#### **4.4. Способы удержания и переброски больших объемов воды на торфяном пожаре**

В рамках исследования были проанализированы различные способы удержания воды в каналах мелиоративной сети на бывших фрезерных торфо-разработках, а также способы переброски больших объемов воды как с применением насосов, так и с использованием имеющихся перепадов высот без применения насосов. Также были экспериментально определены для нескольких типичных пожаров в Ленинградской, Тверской, Ивановской, Свердловской областях скорости фильтрации воды из заполняемых картовых каналов в горящие пласты торфа на торфяной карте, а также примерные объемы воды, которая потребовалась для эффективного тушения горячей торфяной карты подтоплением, выведена эмпирическая формула для определения объемов воды, необходимой для подтопления.

Для эффективного тушения методом подтопления в рамках проводимых экспериментов было необходимо в короткие сроки доставить к месту пожара значительные объемы воды. Общие подходы к определению необходимого и достаточного объема перенаправляемой воды были выбраны аналогично таким расчетам для водного баланса болота, но с учетом искусственного сдвига этого баланса в сторону увеличения прихода воды и уменьшения ее стока. Влияние испарения, транспирации, фильтрации в негорящий грунт, уход воды через гидравлические окна и т.п. оказалось трудно точно оценить на пожаре (длительность необходимых исследований превышает допустимые на пожаре временные рамки), поэтому в рамках исследования по результатам фактических измерений потребовавшихся объемов воды определены эмпирические коэффициенты для упрощенного расчета в условиях пожара.

При принятии решения о том, что пожар или определенная часть пожара может быть потушена методом подтопления, необходимо было точно измерить рельеф (поверхность горящего участка и его окрестности, уклоны мелиоративных каналов, профиль их дна и профиль их берегов с учетом возможных

повреждений при предыдущих пожарах). Такие измерения были произведены при помощи нивелира, а также при помощи современных геодезических навигационных приемников (GNSS с RTK) или беспилотных воздушных судов с системами сверхточного позиционирования (RTK модули). По итогам сравнения полученных измерений можно сделать вывод о том, что точность GNSS измерений достаточна и в полевых условиях на болоте не уступает точности традиционных оптических приборов. Сделан вывод о том, что применение БВС целесообразно на открытых участках, где поверхность земли не закрыта растительностью. Сделан вывод о том, что использование геодезических средств, основанных на сверхточном позиционировании по спутниковым данным и особенно применение БВС многократно (в 100 и более раз) повышает скорость выполнения измерений в сравнении с традиционными геодезическими работами с применением оптических приборов при приемлемой для пожарных задач точности измерений.

По итогам проведенных измерений установлена площадь горящего участка, выбранная для подтопления, глубина и уклоны каналов, профиль дна и профили стенок каналов, уклон поверхности почвы на горящем участке, глубины очагов тления, глубина расположения уровня грунтовых вод и отметки высот верхних точек очагов тления. На основе этих данных был произведен расчет возможностей подачи воды для подтопления и сделан прогноз изменения ситуации на пожаре после реализации этого плана.

По итогам предыдущих исследований, показавших влияние уровня грунтовых вод и влажности торфа на вертикальное развитие пожара, была определена следующая схема работ: в случае, если очаги (верхние точки очагов) расположены так, что при подтоплении они окажутся ниже нового уровня грунтовой воды и зеркала воды на затопленных участках или не выше, чем в 50 см от него и будут окружены водой, можно рассчитывать на полное прекращение тления в течение нескольких дней. В случае, если какие-то очаги (верхние точки очагов) расположены выше предполагаемого нового уровня воды на

50 см и более или находятся выше уровня на 10 см и более и не будут окружены водой, то для них необходимо предусмотреть другие методы локализации (окружение канавами) или прямого тушения (например, размыв компактными струями или подача на них больших объемов воды для последующего растекания по зоне подтопления. Особенное внимание очагам, расположенным в зоне подъема уровня грунтовых вод, но не окруженным водой, было уделено также в результате полученных в предыдущих исследованиях наблюдений, свидетельствовавших о том, что перед окончательным затуханием такие очаги могут давать возобновление открытого горения на поверхности почвы (условия для возможного возобновления низового пожара и выхода его за линию локализации).

Для таких расчетов и такой сортировки очагов необходимо было определить объемы воды для заполнения пустой части мелиоративных каналов, объемы воды, необходимые для фильтрации в зону очагов (для подъема уровня грунтовых вод на всем подтопляемом участке), объемы воды для формирования слоя воды на поверхности участка (если это предполагается планом) с учетом потерь на испарение воды с поверхности, испарение за счет транспирации живыми растениями, другие потери (гидравлические окна).

Полученные нами в ходе исследования данные (точные замеры объемов перекаченной воды на горящие участки известной площади) позволяют сделать предварительную грубую оценку потребности воды для подтопления участка бывшей фрезерной торфоразработки (горящие торфяные карты) от УГВ близкого к дну картовых каналов до уровня воды, близкого к поверхности (для надежного тушения очагов за исключением очагов, расположенных на высоких отвалах каналов и на бывших штабелях), как

$$Q=kV, \quad (4)$$

где  $Q$  – необходимый объем воды,  $V$  – объем каналов в зоне подтопления,  $k$  – коэффициент, равный 4 в относительно благоприятных условиях (слабая солнечная радиация, отсутствие обильной живой растительности на поверхности



подтапливаемого участка, штиль или слабый ветер, отсутствие явных гидравлически окон, отводящих воду вертикально в более глубоко расположенные водоносные горизонты). В случае неблагоприятных условий коэффициент может быть установлен со значением 5.

Для определения объемов каналов необходимо определить их глубины, площади сечения. При выборе средств измерения и способов измерения параметров, необходимых для оценки расхода воды в каналах, потребности воды для наполнения каналов и т.п. мы опирались на ГОСТ Р 51657.1-2000, а также ГОСТ 24802-81. Для определения глубин и построения поперечного профиля каналов использовались водомерные рейки, ширина каналов определялась рулетками. Расчеты сечений производились по принятым в гидрологии формулам.

После получения значения необходимых для подтопления объемов воды (умноженный на коэффициент объем пустого пространства в каналах), а также с учетом данных измерения рельефа, можно было определить, есть ли возможность подтопления участка с использованием воды, которую можно пустить по рельефу без применения насосов.

В исследуемых случаях для таких целей была использована вода, накопленная в каналах осушительной сети выше горящего участка, удерживаемая там бобровыми плотинами или гидротехническими сооружениями. В двух случаях это также была вода в нагорном канале, которую можно по прокопанному каналу пустить на расположенные ниже горящие фрезерные поля (в процессе выработки торфа стали ниже по рельефу). В двух случаях удалось обнаружить большие запасы выше расположенной воды в карьерах гидроторфа, примыкающих к выработанным фрезерным разработкам и отделенных от них насыпью, дамбой и т.п.

При принятии решения о подтоплении с использованием воды из выше расположенного водоисточника необходимо было оценить объем доступной воды в нем, возможности подачи воды (создание канала), возможности регу-

лирования объемов подаваемой воды (получится ли остановить процесс, когда задача будет выполнена), влияние переброски воды на пожарную опасность выше расположенного участка и другие возможные негативные последствия такого использования больших объемов воды.

Перед началом работ по переброске воды на горящий участок, необходимо было перекрыть сток с него и создать условия для накопления воды. При этом приходилось учитывать влияние перекрывания стока на ниже расположенные участки. В случае наличия на них очагов тления торфа, необходимо было предварительно обеспечить прямое тушение этих очагов.

В рамках исследования были проведены сравнительные оценки скорости, надежности и стоимости создания временных гидротехнических сооружений, позволяющих замедлить, отрегулировать по уровню воды или полностью перекрыть сток с участка, на котором планировались работы по подтоплению.

Применялись временные земляные перемычки с боковым обтеканием, временные грунтовые перемычки с переливным каналом, временные грунтовые перемычки с переливом через гребень и рисбермой на нижнем бьефе, временные наливные плотины, перемычки из капроновых мешков с грунтом, шпунтовые перемычки с применением пластикового шпунта Ларсена, перемычки, созданные на основе бобровых плотин с насыпкой из грунта и боковым обтеканием, перемычки на основе бобровых плотин с экраном из гидроизоляционного материала на верхнем бьефе.

Все примененные технологические решения оказались работоспособны и выполняли возложенную на них функцию по удержанию уровня воды в канале при соблюдении следующих условий:

- наличие продуманного пути для избытка воды (перелива с рисбермой, переливного канала или обтекания через прогары (очаги);

- перепад между уровнями воды на верхнем и нижнем бьефе создаваемой плотины не более 1 м (оптимально для простоты сооружения и длительности функционирования оказался перепад около 0.5м). В случае необходимо-

сти создания большего перепада во всех случаях оказалось целесообразно создавать каскад из нескольких сооружений.

Оптимальными по местам расположения, простоте и низкой стоимости создания оказались временные перемычки на основе бобровых плотин. Они создавались как ручным инструментом, так и с применением тракторной техники. Надежность сооружения была значительно выше при гидроизоляции верхнего бьефа гидроизоляционным материалом.

Для создания каналов, подводящих воду к подтапливаемому участку, а также для создания резервных переливных каналов вокруг временных перемычек, блокирующих воду на участке, использовались как ручной инструмент, так и тракторная техника. Точное измерение отметок дна этих каналов позволяло точно регулировать объемы и скорости переброски воды.

Расход воды в канале также рассчитывался с использованием значений площади сечения канала и уклона водной поверхности, полученные по итогам геодезических измерений, а также с применением коэффициента шероховатости поверхности канала (коэффициент Маннинга) и коэффициента Шези по формуле Маннинга.

Расход воды при известном перепаде по высоте определялся по формуле:

$$Q = A \times C \times (h \times \Delta Z \div L) \text{ в степени } 0,5 \text{ (м}^3\text{/с)}, \quad (5)$$

где перепад уровня воды:  $\Delta Z = Z_2 - Z_1$  (м). Здесь  $Z_2$  и  $Z_1$  – отметки поверхности воды в начале и конце измерительного отрезка. Длина интересующего нас участка канала  $L$  (м),  $h$  – средняя глубина воды. Профиль поперечного сечения канала  $A$  (м<sup>2</sup>).

$C$  – коэффициент Шези, который рассчитывается по формуле:  $C = (h \text{ в степени } 1/6) \div n$ . Здесь  $n$  – коэффициент шероховатости стенок канала (коэффициент Маннинга), который для торфа в каналах на бывшей фрезерной торфоразработке мы принимали за 0,024.

В случаях, когда воду невозможно было направить для подтопления го-

рящего участка по естественному уклону без применения насосов, применялось принудительное перекачивание воды по трубопроводам из пожарных рукавов большого диаметра.

Одной из задач исследования было определить оптимальные способы перекачивания больших объемов воды на значительные расстояния в условиях труднодоступной местности с невозможностью заезда для пожарных насосных станций, а также выбрать подходящие для расчетов такой переброски воды методики. В рамках исследования были отработаны способы расчета, а также технические решения для перекачивания воды для подтопления, из таких водоемов, как:

- залитые водой выработанные фрезерные поля добычи торфа (глубина 10-30 см, сильно загрязненная вода);
- карьеры гидродобычи торфа (глубины у берега около 1.5м, очень заиленное дно);
- зарастающие нагорные, валовые и магистральные каналы (глубины менее 1 м, затянутая ряской поверхность, крайне загрязненная вода и торфяная гидромасса).

Необходимо отметить, что расчет необходимого объема воды для тушения торфяных пожаров как правило считают по методикам, разработанным для тушения пожара на действующем торфопредприятии. Обычно такие методики предполагают прямое тушение, часто с применением не только компактных, но и распыленных струй воды, исходят из высокой скорости развития пожара по расстилу фрезерованного торфа и по поверхности штабелей высушенного торфа.

Так, например, в широко применяемом в пожарных колледжах и ВУЗах пособиях (Методика расчета ..., 2021) приводится методика расчета требуемых расходов воды на тушение пожара на полях добычи и хранения фрезерного торфа в которой для определения общего расхода воды суммируются количество воды для тушения очагов горящего торфа на площади полей, коли-

чество воды, необходимое для создания заградительных полос, количество воды, необходимое для тушения поверхности штабелей на горящей площади. Эти объемы воды рассчитываются как произведения удельного расхода воды в каждом из приведенных случаев на площадь поверхности, подлежащей проливке. Причем для очагов тления вне караванов (штабелей) площадь очагов определяется как 0,2 от площади пожара. Удельные расходы воды авторы методики указывают как: для тушения поверхности площадей полей 15 л/м<sup>2</sup>; для создания заградительных полос 8 л/м<sup>2</sup>; для тушения штабелей 235 л/м<sup>2</sup>.

Многочисленные экспериментальные данные на торфяных пожарах в условиях горения заброшенных бывших фрезерных торфоразработок показывают несостоятельность таких расчетов для этой категории торфяных пожаров из-за того, что горение происходит не в расстиле торфа и не по поверхности штабелей недавно добытого торфа, что определяет другие приемы тушения и, соответственно, другие удельные расходы воды даже при прямом тушении.

Кроме того, технически, в отличие от ситуации на действующем торфопредприятии с исправной системой пожаротушения, на заброшенных бывших фрезерных торфоразработках во многих случаях нет возможности применять основные и специальные пожарные автомобили, в том числе автоцистерны и пожарные насосные станции.

Расчетов для тушения подтоплением в пожарном деле до настоящего времени не применялось, что определило данную задачу исследования.

В рамках исследования во всех ситуациях, требующих перекачивания воды насосами, применялись переносные мотопомпы, которые можно было доставить на квадроциклах и/или плавающих вездеходах на колесах низкого давления. Таким образом отрабатывалась и изучалась возможность подави больших объемов воды на значительные расстояния без применения основных и специальных пожарных автомобилей.

Для перекачивания сильно загрязненной воды из зарастающих карьеров гидроторфа и из зарастающих крупных каналов использовались мотопомпы

большой производительности (более 1 тыс. л/мин) для сильно загрязненной воды. Для перекачивания воды с мелких зарастающих водоемов (залитых водой фрезерных карт) использовались плавающие мотопомпы для средне загрязненной воды с расходом 2400 л/мин. При этом для подачи воды на значительные расстояния требовалось создать максимальное давление в трубопроводе и минимизировать потери давления в рукавах.

Для минимизации времени, необходимого для переброски воды насосами, нужна минимизация потери напора в рукавах. Это достигается увеличением диаметров используемых рукавных линий.

Для полевых расчетов у пожарных применяются упрощенные формулы, где уже учтены константные для производимых в России пожарных рукавов значения коэффициентов сопротивления при стандартной длине каждого рукава 20 м. (Куксин и др., 2015).

Потери напора при подаче воды в одних и тех же условиях, зависят от квадрата значения расхода воды, длины рукавной линии и коэффициента сопротивления конкретного вида рукавов.

$$H = h_c + Z + H_{св} \quad (6)$$

$Z$  – высота подъема воды от водоисточника до места подачи,  $h_c$  - величина потерь напора в рукавной системе,  $H_{св}$  – свободный напор перед стволом (в случае свободного выливания воды при перекачивании для обводнения может быть равен нулю).

В пожарном деле величину потерь напора в рукавной системе (рукавных линиях)  $h_c$  определяют по формуле:

$$h_c = S_c \cdot Q^2 \text{ (м. вод. ст.)}, \quad (7)$$

где:  $S_c$  – коэффициент сопротивления рукавной системы;

$Q$  – расход воды (жидкости), л/с.

Чем выше квадрат расхода воды, тем выше сопротивление рукавной линии. В ситуациях, когда нам требуется подавать большие объемы воды (расход

при подтоплении обычно намного выше обычных значений для прямого тушения пожара) на большие расстояния при небольших перепадах высот по рельефу местности, сопротивление рукавной линии становится основным лимитирующим фактором.

Коэффициенты сопротивления для применяемых сейчас в пожарной охране и в лесном хозяйстве рукавов следующие:

-для прорезиненного (с внутренним покрытием) рукава длиной 20 м и диаметром 51 мм  $k=0.13$ ;

-для прорезиненного (с внутренним покрытием) рукава длиной 20 м и диаметром 66 мм  $k= 0,034$ ;

-для прорезиненного (с внутренним покрытием) рукава длиной 20 м и диаметром 77 мм  $k= 0,015$ ;

-для прорезиненного (с внутренним покрытием) рукава длиной 20 м и диаметром 150 мм  $k=0.0004$ .

Таким образом, лучшим из массово доступных рукавов для подачи больших объемов воды на большие расстояния является рукав диаметром 150 мм.

Как правило, рукава такого диаметра применяются с пожарными насосными станциями ПНС-100 и ПНС-110 и рукавными автомобилями. В связи с тем, что на торфяных пожарах обычно нет возможности установить ПНС на имеющиеся крупные водоисточники вблизи пожара из-за того, что нет проезда, водоемы мелкие или слишком грязные, в рамках исследования мы отработали подачу воды по рукавам диаметром 150 мм от переносных мотопомп.

Для этого вода от 4 грязевых мотопомп с фактическим расходом около 1000 л/мин каждая по рукавам 77 мм собиралась через разветвление РЧ-150 (установленное в обратном направлении, т.е. в качестве водосборника) в магистральную линию 150 мм. Давление, создаваемое мотопомпами (около 2,5 атм), позволяло подать воду с учетом обычно небольших перепадов по высоте в условиях бывшей фрезерной торфоразработки на дистанции до 500 м. В случае, если требовалась подача воды под большим давлением (в том числе для

прямого тушения) или подача воды на значительно большие расстояния, в магистраль 150 мм в качестве повышающего насоса встраивалась или насосная станция, или АЦ, или еще 4 мотопомпы с аналогичными мотопомпам на водосточнике характеристиками. Для встраивания мотопомп рукавная линия 150 мм через РЧ-150 разводилась линиями 77 мм к входным патрубкам мотопомп, которые, повышая давление, через рукава диаметром 77 мм и РЧ-150 собирали воду под увеличенным давлением в следующий участок магистральной линии 150 мм. Этот способ позволяет при наличии достаточного числа мотопомп, рукавов и разветвлений подать воду на любые расстояния в рамках работы по тушению торфяных пожаров.

Указанный способ в проведенных экспериментах позволял обеспечить перекачивание значительных объемов воды (около 5 000 л/мин) на большие расстояния (до 1 км и более) от мелких и сильно загрязненных водоемов. Указанный способ также позволял существенно снижать расходы на топливо в сравнении с работой ПНС-110.

В рамках исследования после перемещения воды в каналы на подтапливаемой территории, производились измерения скорости горизонтальной фильтрации воды из каналов в торф на горящих торфяных картах (сеть водомерных скважин и измерения с помощью секундомера), измерения скорости подъема воды в каналах, измерения объемов перемещаемой воды и наблюдения за подтапливаемыми очагами.

Скорость фильтрации в исследованных случаях составляла для горящих фрезерных карт на низинном типе залежи около 0,2-0,3 м/мин, объем воды, который фактически требовался для подтопления участка, составлял не менее 4 объемов от всех заполняемых каналов на подтопляемом участке, в некоторых случаях требовалось 5 объемов.

## **Выводы**

1. Для надёжного обнаружения торфяных пожаров (очагов тления) необ-



ходимо сочетать космический, авиационный (в том числе с применением БВС) и наземный мониторинга.

2. Оптимальная последовательность применения указанных мониторингов приведена в приложении 1.

3. Очаги тления торфа прекращают развиваться вертикально (в глубину) при расстоянии 50–70 см до уровня грунтовых вод.

4. Критическим уровнем влажности, при котором тление торфа прекращается составляет 400 % от массы сухого вещества.

5. Скорость горизонтальной фильтрации воды в горящие торфяные карты из заполняемых каналов составляет 0,2–0,3 м/мин.

6. Соотношение объёмов необходимой для подтопления горящей торфяной карты воды к общему объёму пустого пространства в заполняемых водой каналах составляет 4:1.

7. Перед окончательным затуханием очагов, вызванным подъёмом уровня грунтовых вод и повышением влажности торфа, наблюдается усиление поверхностного тления и переход его в открытое пламенное горение.

8. Для удержания и накопления воды в мелиоративных каналах, для тушения тлеющего торфа подтоплением, целесообразно возводить перемычки с перепадом воды на верхнем и нижнем бьефе в пределах 50–100 см и обеспечивать её продуманный перелив.

9. При наличии вблизи горящего участка водоёма, имеющего достаточный объём воды с уровнем выше необходимого для тушения подтоплением, последнее целесообразно проводить без применения насосов.

10. При отсутствии вблизи горящего участка водоёмов и необходимости перекачивания воды на значительные расстояния целесообразно применять насосные станции типа ПНС-110 и переносные мотопомпы с использованием линий диаметром 150 мм.

## **5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ**

### **5.1. Анализ стоимости тушения торфяных пожаров на различных стадиях их развития и различными способами**

Оценка экономического влияния пожара в разных странах производится по разным методикам. Принятые сейчас в мире методики определения экономического влияния («общей стоимости») пожаров учитывают, как правило, расходы на предотвращение пожаров, расходы на реагирование (тушение), расходы на преодоление последствий пожаров, а также иные расходы, так или иначе связанные с пожаром, в том числе 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 и онкологических заболеваний.

В Российской Федерации оценка стоимости тушения торфяных пожаров несколько отличается. В процессе сбора и обработки данных о тушении торфяных пожаров и о стоимости этих работ, в экспертных интервью и в подтверждающих это первичных финансовых документах о пожарах была установлена важная особенность борьбы с торфяными пожарами, затрудняющая экономические оценки. Почвенные пожары развиваются очень медленно, их длительная способность тлеть и давать возобновление открытого горения иногда через несколько недель или даже месяцев после начала пожара, плохо соотносится с принятой практикой тушения лесных пожаров в первые сутки после обнаружения. При возникновении почвенного многоочагового пожара в границах площади, пройденной, например, низовым лесным пожаром, хотя бы в 1 гектар, на практике ликвидировать все очаги тления удастся в лучшем случае через несколько дней работы, а надежное окарауливание такого пожара может занять одну-две недели. Это никак не закреплено в нормативных документах,

в связи с чем обычная практика в регионах – давать ликвидацию низового лесного пожара на торфяной почве после надежного тушения кромки и примыкающих к кромке участков гари, и, если возобновления на кромке не произошло в течение пяти дней, любые следующие проявления активности почвенного пожара на этой площади формально открывать как новые лесные пожары. Такая практика не только не позволяет точно определить общие расходы на тушение торфяного пожара, но и нарушает цельность реализации замысла тушения, последовательность принятия решений о стратегии и тактике тушения длящегося пожара, искусственно и без долгосрочного плана борьбы с ним «разбивая» его на стадии (формально - отдельные пожары), не приводящие к окончательной ликвидации тления.

Еще одной важной особенностью экономических оценок стоимости торфяных (почвенных) пожаров в последние годы стала их способность все чаще сохранять очаги тления в зимнее время. В настоящее время нормативные правовые акты, определяющие порядок мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров (Об утверждении ..., 2014), а также правила тушения лесных пожаров (Об утверждении ..., 2022), не учитывают никаких особенностей зимующих торфяных пожаров, то есть нет оснований для зимнего патрулирования с целью их своевременного обнаружения, нет рекомендаций или указаний по особенностям их тушения, по оценкам стоимости таких работ. Таким образом, зимнее обнаружение и тушение торфяных пожаров, чаще всего, выпадает из поддающегося анализу набора документов, в тех регионах, где такие работы проводятся, они часто проводятся как эксперименты, исследования, оформляются как учения, проверка техники и т.п.

В России, как правило, суммарный ущерб от пожаров понимают, как совокупность фактических расходов, связанных с тушением пожара (топливо, часы работы техники, время работы людей, затраты на питание, размещение работников, расходы на доставку к месту пожара сил и средств тушения и т.п.), и ущерб, причиненный в результате пожара, и рассчитанный по утвержден-

ным методикам. Для пожаров на землях лесного фонда, землях особо охраняемых природных территорий и землях обороны и безопасности при причинении ущерба лесу руководствуются Лесным кодексом (2006), который определяет, что «Возмещение вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства (далее - возмещение вреда), осуществляется добровольно или в судебном порядке. Размер возмещения имущественного вреда, причиненного лесным участкам и имущественным правам, возникающим при использовании лесов, определяется на основе оценки лесов, осуществляемой в соответствии со статьей 95 настоящего Кодекса. Размер возмещения вреда, причиненного лесам как экологической системе, определяется исходя из присущих лесам природных свойств (уникальности, способности к возобновлению, местоположения и других свойств) в порядке, предусмотренном Федеральным законом от 10 января 2002 года N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" (2002). Особенности возмещения вреда, включая таксы и методики определения размера возмещения такого вреда, утверждаются Правительством Российской Федерации». В соответствии с этими положениями кодекса, основная методика, по которой рассчитывается ущерб от лесного торфяного пожара, причиненный лесам, определена Постановлением Правительства РФ (Об утверждении ..., 2018). Методика предполагает различные повышающие коэффициенты для различных категорий лесов и для различных объектов, а размер ущерба рассчитывается через ставки платы за единицу объема лесных ресурсов. Так, например, ущерб, причиненный незаконным, уничтожением или повреждением до степени прекращения роста деревьев хвойных пород диаметром 12 см и деревьев лиственных пород с диаметром ствола 16 см и более составляет 50-кратную стоимость древесины деревьев хвойных пород с диаметром ствола 12 см и 16 см соответственно и более, исчисленную по ставкам платы за единицу объема лесных ресурсов. Ущерб, причиненный незаконным повреждением не до степени прекращения роста деревьев хвойных пород диаметром 12 см и деревьев листвен-

ных пород с диаметром ствола 16 см и более составляет 10-кратную стоимость древесины деревьев хвойных пород с диаметром ствола 12 см и 16 см соответственно и более, исчисленную по ставкам платы за единицу объема лесных ресурсов. Ущерб от уничтожения или порчи почв, что всегда наблюдается на торфяных пожарах, в защитных лесах рассчитывается как 4-кратная наибольшая ставка платы за единицу объема древесины основной лесообразующей породы в субъекте Российской Федерации за каждый квадратный метр снятой, уничтоженной или испорченной почвы.

Помимо ущерба лесам, при лесном торфяном пожаре ущерб причиняется и охотничьим ресурсам, и он может быть рассчитан в соответствии с Приказом Минприроды России (Об утверждении ..., 2011).

При расчете размера вреда от торфяного пожара при нарушении или уничтожении среды обитания охотничьих ресурсов учитывается прежде всего территория, в границах которой нанесен вред охотничьим ресурсам вследствие нарушения или уничтожения среды их обитания (территория воздействия). Территория воздействия подразделяется в методике на территорию необратимой трансформации, территорию сильного воздействия, территорию среднего воздействия, территорию слабого воздействия, по которым установлены способы определения ущерба. Для длительных торфяных пожаров характерны большие площади необратимой трансформации и/или сильного воздействия.

Помимо ущерба, причиненного охотничьим видам животных, существует еще Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания (Методика ..., 2008). В соответствии с этой методикой, при уничтожении почвы (подстилки) и иных местообитаний объектов животного мира, относящихся к беспозвоночным животным, размер вреда исчисляется исходя из затрат, которые необходимо произвести для замены поч-

венного слоя растительным грунтом, по формуле, учитывающей размер вреда, причиненного среде обитания объектов животного мира, затраты на выполнение комплекса работ, связанных с приобретением, транспортировкой и размещением растительного грунта (сейчас это около 1000 руб./м<sup>3</sup> для Европейской части России), по замене уничтоженной почвы (подстилки) и иных местообитаний, объем уничтоженной почвы (подстилки), норматив стоимости почвенных беспозвоночных животных, обитающих на 1 м<sup>2</sup> земельного участка (сейчас этот норматив стоимости равен 143 руб./м<sup>2</sup> для зоны смешанных лесов), площадь земельного участка, на котором уничтожены почва (подстилка) и иные местообитания беспозвоночных животных, норматив стоимости объектов животного мира, относящихся к иным беспозвоночным животным, показатель, учитывающий инфляцию.

В связи с тем, что при торфяном пожаре часто полностью уничтожается и древостой, и сама почва (являющаяся средой обитания многих организмов), только ущерб, причиненный лесам, а также объектам животного мира, отнесенным к охотничьим и не охотничьим видам, краснокнижным видам, а также почвенным беспозвоночным при почвенном лесном пожаре по утвержденным методикам может составлять несколько миллионов рублей на каждый гектар. Указание в документах о торфяном пожаре ущерба как отсутствующего (а это частая практика для торфяных пожаров) не соответствует действующему законодательству и создает дополнительную «скрытую» стоимость пожара. Также к скрытой форме ущерба в нашей стране можно отнести все 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, расходы на лечение возрастающего числа хронических и онкологических заболеваний, ущерб от дорожно-транспортных происшествий, случившихся из-за задымления, стоимость перераспределения ресурсов противопожарной службы, включая увеличение потерь от других категорий пожаров в резуль-

тате 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 продукции и почв бензапиреном и упущенные выгоды на углеродном рынке.

В рамках исследования был проведен анализ того, на основании каких первичных документов и с какой точностью может быть посчитана полная стоимость расходов на тушение торфяного пожара. К сожалению, такие данные доступны только для лесных пожаров на землях лесного фонда и для пожаров на федеральных особо охраняемых природных территориях (ООПТ). Для ландшафтных пожаров, тушение которых производилось подразделениями пожарной охраны и иными региональными службами не всегда получается обобщить все категории расходов. Отдельной проблемой с торфяными пожарами в рамках исследования оказалось то, что в большинстве исследованных случаев длительный (иногда действовавший несколько месяцев или даже переходящий в следующий сезон) торфяной пожар учитывался как череда отдельных, не связанных между собой пожаров. Часто это соответствует действующему законодательству (до момента следующего возобновления пожара проходило более 5 дней), но в результате нет возможности официально учесть общие расходы на тушение одного пожара как цельного природно-социального явления, и приходится суммировать расходы на тушение отдельных эпизодов, формально являвшихся отдельными пожарами.

Еще одной сложностью при анализе стоимости тушения было то, что сейчас в соответствии с действующим законодательством, площадь лесного пожара определяется как площадь в пределах контура лесного пожара, на которой имеются признаки воздействия огня на растительность. Торфяной пожар является частным случаем лесного пожара и его площадь должна указываться аналогично. На практике, чтобы отразить площадь именно очагов тления торфа, с которыми приходится бороться после локализации лесного по-

жара, нередко в сводках и отчетах фигурирует площадь торфяных очагов как площадь торфяного пожара. В настоящее время нет нормативно определенных способов расчета этой площади. Для того, чтобы избежать неопределенности в трактовках, в целях настоящего исследования мы брали данные о пожарах, представленные в соответствии с действующим законодательством, и приводили расчеты стоимости на гектар общей площади торфяного пожара, понимая, что площадь очагов тления торфа меньше, и обычно составляет от 5 до 10 процентов от площади, пройденной огнем.

Расходы по тушению каждого лесного пожара, как правило, сводятся и отражаются в Справке о затратах на тушение конкретного лесного пожара. Такая справка составляется по форме, утверждаемой в региональных органах исполнительной власти, ответственных за реализацию переданных лесных полномочий, и содержит приложения с указанием первичных учетных документов, подтверждающих произведенные затраты, что в нашем исследовании позволяет довольно детально оценить структуру и размеры трат.

Обычно в справке о затратах указываются обобщенные суммы по составу произведенных расходов на основании подтверждающих документов, обобщенные данные о суммарном количестве отработанных на тушении лесного пожара человеко-дней, автомашино-смен, тракторо-смен, мото-смен, а также стоимость израсходованных материальных запасов по их видам. Факт выполнения работ по тушению лесного пожара наземными силами обычно оформляется Нарядом-актом на производство работ, связанных с тушением лесного пожара. В случае если в разные периоды времени на тушении лесного пожара использовалось различное количество работающих людей, машин и механизмов, обычно оформляют Наряды-акты на производство работ, связанных с тушением лесного пожара, отдельно на каждый этап тушения лесного пожара. Наряд-акт на производство работ, связанных с тушением лесных пожаров составляется только на один пожар и отражает конкретное место тушения (лесничество, участковое лесничество, квартал, выдел, вид пожара, дату



начала и окончания работ, состав работ и мероприятий по тушению пожара, табель учета отработанного времени на его тушении, объем выполненных работ и расценки на их выполнение). Наряд-акт на производство работ, связанных с тушением лесного пожара, в обязательном порядке содержит сведения о датах и номере пожара, а также дате и номере Акта о лесном пожаре, что позволяет с высокой точностью учитывать стоимость тушения каждого конкретного пожара. При этом, к сожалению, для продолжительных торфяных пожаров из-за того, что они нередко фигурируют в отчетах как последовательность отдельных лесных пожаров, в некоторых случаях приходится сопоставлять точные координаты пожаров, чтобы просуммировать для анализа расходы на все эпизоды тушения, относящиеся к одному торфяному пожару.

Авиационное тушение на торфяных пожарах применяется редко, как правило, в случае угрозы населенным пунктам, на пожарах, вызывающий большой общественный резонанс, а также в местностях с сильным радиационным загрязнением. При авиационном способе тушения лесного торфяного пожара основными документами, подтверждающими факт выполнения работ, служат: заявка на полет; отчет о выполнении заявки на полет; производственное задание; бортовой журнал летчика-наблюдателя; акт о выполненных работах по авиационному обслуживанию; отчет о тушении лесных пожаров с воздуха. Указанные документы содержат информацию о выполненных работах по доставке грузов и количестве работавших на тушении лесного пожара, о выполненных прыжках с парашютами и спусках со спусковыми устройствами, налете часов воздушного судна, использованных при тушении технических средствах и отработанном ими времени, горюче-смазочных материалах (ГСМ), израсходованных огнетушащих растворах, продуктах питания и иных материалов.

Для учета отработанного времени на тушении лесных пожаров и расчета оплаты труда применяются: Табель учета рабочего времени и расчета оплаты труда (форма N Т-12, по ОКУД 0301007) - для коммерческих организаций, Та-

бель учета использования рабочего времени (форма по ОКУД 0504421) - для бюджетных учреждений. Работа в выходные, нерабочие праздничные дни, сверхурочная работа и работа в ночное время оформляется соответствующими приказами работодателя и отражается в указанных учетных документах. Начисление заработной платы осуществляется на основании табелей учета рабочего времени, приказов работодателя об оплате труда, в том числе об установлении доплат, надбавок, выплате премии и т.п. и подтверждается расчетно-платежными ведомостями, в которых расчет производится по всем видам выплат за выполненные работы по тушению лесного пожара. Выплаты компенсационного характера в некоторых случаях устанавливаются рабочим на тушение лесных пожаров в соответствии с перечнями видов выплат компенсационного характера, утвержденными соответствующим постановлениями органов исполнительной власти субъектов федерации. Надбавка к окладам (ставка заработной платы) за деятельность на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда согласно статье 147 Трудового кодекса Российской Федерации. Доплата при выполнении работ в выходные и нерабочие праздничные дни производится работникам, привлекавшимся к работе в выходные и нерабочие праздничные дни, в соответствии со статьями 112 и 153 Трудового кодекса Российской Федерации. Обычно повышенная оплата сверхурочной работы составляет за первые два часа работы не менее полуторного размера, за последующие часы - двойного размера. По желанию работника сверхурочная работа вместо повышенной оплаты может компенсироваться предоставлением дополнительного времени отдыха, но не менее времени, отработанного сверхурочно; выплаты за работу в ночное время производятся работникам за каждый час работы в ночное время. Ночным считается время с 22 часов до 6 часов. Размер доплаты составляет не менее 20 % части оклада за час работы работника в ночное время. Выплаты за работу в местностях с особыми климатическими условиями (район-

ный коэффициент) 15 %. Районный коэффициент к заработной плате начисляется на фактический заработок рабочего, включая надбавки и доплаты. Выплаты стимулирующего характера работникам устанавливаются в процентном отношении от тарифной ставки работников в зависимости от достижения ими соответствующих качественных показателей.

В регионах часто устанавливаются дополнительно премии, которые начисляются по результатам выполненной работы по тушению лесного пожара в размере до 200 %. Премия обычно начисляется на часовую ставку (должностной оклад) при, например, недопущении нанесения материального ущерба; недопущении нарушений правил техники безопасности. При возобновлении пожара в течение трех суток после ликвидации пожара премия обычно не выплачивается.

Налоги и обязательные платежи, начисляемые на фонд оплаты труда, включаются в расходы на тушение лесных пожаров в сумме, согласно представляемой исполнителем работ по тушению лесных пожаров бухгалтерской справке-расчету и в разрезе всех произведенных начислений по установленным законодательством ставкам, с указанием размера и категорий выплат, на которые произведено начисление.

Транспортные расходы исполнителя работ по тушению лесных пожаров подтверждаются договорами аренды транспортных средств, приложенными к ним калькуляциями стоимости 1 часа работы транспортного средства, документами по учету отработанного времени транспортом (заявка на полет, отчет о выполнении заявки на полет, бортовой журнал летчика-наблюдателя, путевые листы, учетные листы и др.), актами оказанных услуг.

Работа машин и механизмов на тушении лесных пожаров подтверждается оформленными в установленном порядке путевыми листами в зависимости от категории используемых автомашин. Путевой лист легкового автомобиля (форма по ОКУД 0345001) подтверждает факт работы легкового автомобиля по доставке работников к месту тушения лесного пожара и обратно, про-

ведению обследования очага пожара, окарауливанию и в иных необходимых случаях. Факт работы специальных автомашин (автомобили пожарные, автомобили-топливозаправщики, автоцистерны, лесопатрульные автомобили, лесопожарные вездеходы и другие) подтверждается путевыми листами специального автомобиля (форма по ОКУД 0345002). Работа грузовых автомобилей по доставке к месту тушения пожара и обратно материальных ценностей, инструментов, инвентаря, прицепных пожарных мотопомп, торфяных стволов, бочек, прицепов с водой и иных средств, необходимых для тушения лесного пожара, оформляется путевыми листами грузового автомобиля (форма по ОКУД 0345004 и 0345005). Путевой лист грузового автомобиля (форма по ОКУД 0345004) оформляется в том случае, если предусмотрена оплата работы автомобиля по сдельным расценкам.

Если в расчетах используется повременный тариф, то факт работы такого автомобиля подтверждается путевым листом (форма по ОКУД 0345005). Доставка рабочих к месту тушения лесного пожара и обратно может также осуществляться автобусами не общего пользования. Для подтверждения использования автобусов на указанных работах служат путевые листы автобуса необщего пользования (форма по ОКУД 0345007).

Использование на тушении лесного пожара бульдозеров, грейдеров, экскаваторов и иной строительной техники подтверждается Рапортом о работе строительной машины (механизма), типовая межотраслевая форма N ЭСМ-3 (форма по ОКУД 0340003). Стоимость оказанных услуг на тушении лесного пожара указанной техникой подтверждается Справкой для расчетов за выполненные работы (услуги), типовая межотраслевая форма N ЭСМ-7, (форма по ОКУД 0340007). Для подтверждения факта работы на тушении лесных пожаров колесных тракторов, оказывающих транспортные услуги для перевозки грузов и т.п., служит Путевой лист трактора (форма N 412-АПК). Факт работы тракторов и объемы выполненных ими работ при тушении лесных пожаров подтверждаются Учетным листом тракториста-машиниста (форма N 411-

АПК).

Договорные отношения по использованию воздушных судов на тушении лесных пожаров оформляются в соответствии с действующим законодательством. Оформляются в установленном порядке заявкой на полет, отчетом о выполнении заявки на полет, бортовым журналом летчика-наблюдателя.

Расходы на обеспечение связи принимаются к учету согласно представляемой исполнителем работ по тушению лесных пожаров бухгалтерской справке-расчету в разрезе всех произведенных выплат, подтвержденных договорами аренды технических средств связи, договорами на оказание услуг связи с указанными номерами телефонов, детализированными счетами на услуги связи (с выборкой длительности разговоров, относящихся к организации тушения лесного пожара), документами, подтверждающими расходы на почтовые услуги и др.

Документами, подтверждающими факт расходования материальных запасов на тушении лесного пожара являются лимитно-заборные карты (форма по ОКУД 0315005), Требования-накладные (форма по ОКУД 0315006), Акты о списании мягкого и хозяйственного инвентаря (форма по ОКУД 0504143), Ведомости выдачи материальных ценностей на нужды учреждения (форма по ОКУД 0504210), Акты о списании материальных запасов (в т.ч. форма по ОКУД 0504230), Ведомости на выдачу продуктов питания, Ведомости учета выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений (Типовая межотраслевая форма N МБ-7), путевые листы, учетные листы, иные документы, подтверждающие стоимость материальных запасов и их расходование на выполнение работ по тушению лесных пожаров.

Выдача спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений регистрируется в типовой межотраслевой форме N МБ-7, а также в путевых листах, учетных листах, иных документах, подтверждающих стоимость материальных запасов и их расходование на выполнение работ по тушению лесных пожаров.

Расходы по оплате услуг сторонних организаций, в том числе арендаторов участков лесного фонда, привлеченных к тушению лесного пожара, подтверждаются государственными контрактами на выполнение работ по тушению лесных пожаров, в соответствии с законом о закупках, актами выполненных работ, к которым прилагаются первичные учетные документы, подтверждающие произведенные расходы.

Расходы на амортизацию принимаются к учету в составе затрат на тушение лесных пожаров согласно представляемым исполнителем работ по тушению лесных пожаров ведомостей начисленной амортизации основных средств (пожарное оборудование, снаряжение) и справкой-расчетом суммы амортизации пропорционально отработанным часам (сменам) при проведении работ по тушению лесных пожаров.

Расходы по оплате услуг физических лиц, привлеченных к тушению лесного пожара, подтверждаются трудовыми договорами на выполнение работ по тушению лесных пожаров, актами выполненных работ.

Расходы на обязательное страхование жизни и здоровья, имущества подтверждаются договорами страхования и справкой-расчетом размера страховых премий пропорционально отработанному времени при проведении работ по тушению лесных пожаров.

Иные расходы подтверждаются соответствующими договорами, актами об оказании услуг (выполнении работ), счетами, счетами-фактурами и т.п.

В прочие текущие расходы также может входить, например, стоимость метеопрогнозов, бюллетеней погоды и других материалов по метеобеспечению работ по тушению лесных пожаров.

На основе данных из указанных форм первичной учетной документации по торфяным пожарам 2022-2023 гг. в Свердловской области, а также на основании итоговых Справок о стоимости тушения пожара по каждому исследованному лесному торфяному пожару, была проанализирована стоимость тушения и рассчитана средняя стоимость тушения в пересчете на один гектар

площади лесного торфяного пожара (площади, пройденной огнем).

Экспертные интервью и выборочные сравнения отдельных документов показали, что для других Российских регионов и структура расходов и основные закономерности распределения затрат оказались очень похожи, что дает основание сделать предположение о том, что закономерности, выявленные для Свердловской области, могут наблюдаться и в других регионах, где остро стоит проблема торфяных пожаров.

Учет всех доступных данных о задокументированных расходах на тушение торфяных пожаров в Свердловской области в 2022-2023гг показал следующие закономерности:

-основные расходы на тушение торфяных пожаров сконцентрированы в два периода: в мае – одновременно с пиком ландшафтных и лесных пожаров и сразу после весеннего пика лесных пожаров, а также в августе-сентябре, одновременно с пиком других (не торфяных) лесных пожаров. Расходы на тушение торфяных пожаров в течение июня-июля скорее эпизодические. Можно предположить, что это связано с «открытием» возобновившегося пожара (формально – регистрация нового лесного пожара) на один-два дня для временного подавления его проявлений.

Расходы на тушение одного гектара торфяного лесного пожара на покрытых лесом землях лесного фонда, а также на землях иных категорий, где привлекались силы лесопожарных формирований, составляют очень разные суммы, которые колеблются в диапазоне от 22 000 руб./га до 1346000 руб./га. Разница во многом определяется высокой стоимостью применяемой тяжелой техники (бульдозеры, экскаваторы), работой техники с очень большим расходом топлива, например, пожарных насосных станций, работой авиации при защите населенных пунктов. Также поддержание крупной группировки, привлеченной для тушения, значительно дороже в пересчете на человеко-часы и человеко-дни, чем работа местных лесопожарных организаций из-за высокой стоимости размещения, питания, доставки к местам работ и т.д. для привле-

ченных формирований.

При этом прослеживается следующая закономерность:

- В весенний период расходы на тушение одного гектара торфяного пожара скорее лежат в диапазоне от 22 000 руб. до 188 000 руб. Среди этих пожаров значительно более дорогими по абсолютным значениям для всего пожара и в пересчете на один гектар являются крупные (более 25 га в наземной зоне).

- Тушение одного гектара торфяного пожара в августе и сентябре оценивается уже в диапазоне от 100 000 до 1 346 000 руб. При этом тушение крупных пожаров (более 25 га в наземной зоне) практически всегда обходится в пересчете на гектар значительно дороже, и составляет обычно не менее 1 млн руб./га. На практике при этом мы видим, что осеннее тушение при очень высокой стоимости крайне редко приводит к окончательной ликвидации пожара. Наиболее частый сценарий – сворачивание крупной группировки и «закрытие» пожара с наступлением устойчивой дождливой погоды или с выпадением снега, когда возобновление открытого горения на кромке становится невозможным. В Свердловской области большинство таких пожаров перешли в зиму с действующими отдельными очагами тления почвы, в некоторых случаях с обширным горением торфа по площадям.

Пример расчета стоимости тушения для торфяного пожара площадью 0,15 га наземным способом в Белоярском городском округе свердловской области в апреле 2022 года (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Расходы на тушение торфяного пожара площадью 0,15 га

№ п/п	Наименования, дата выполнения работ	Объем выполненных работ, час	Стоимость час/руб.	Итого, руб.
1	2	3	4	5
1	01.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м УАЗ с 08:00 до 16:00)	8,0 (8 ч.00 мин)	1115,97	8927,76



## Окончание таблицы 5.1

1	2	3	4	5
2	01.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. Экскаватор 2621 В с 08:00 до 16:00)	8,0 (8 ч.00 мин)	4205,50	33644,00
3	01.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Лесной пожарный с 08:00 до 16:00)	8,0 (8 ч.00 мин)	455,91	3647,28
4	02.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1ед. а/м УАЗ с 09:00 до 16:00)	7,0 (7 ч.00 мин)	1115,97	7811,79
5	02.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. Экскаватор 2621 В с 09:00 до 16:00)	7,0 (7 ч.00 мин)	4205,50	29438,50
6	02.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Лесной пожарный с 09:00 до 16:00)	7,0 (7 ч.00 мин)	455,91	3191,37
7	03.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1ед. а/м УАЗ с 09:05 до 15:55)	7,0 (7 ч.00 мин)	1115,97	7811,79
8	03.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. Экскаватор 2621 В с 09:05 до 15:55)	7,0 (7 ч.00 мин)	4205,50	29438,50
9	03.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Лесной пожарный с 09:05 до 15:55)	7,0 (7 ч.00 мин)	455,91	3191,37
10	04.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1ед. а/м УАЗ с 09:00 до 16:00)	7,0 (7 ч.00 мин)	1115,97	7811,79
11	04.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. Экскаватор 2621 В с 09:00 до 16:00)	7,0 (7 ч.00 мин)	4205,50	29438,50
12	04.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Лесной пожарный с 09:00 до 16:00)	7,0 (7 ч.00 мин)	455,91	3191,37
13	05.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1ед. а/м УАЗ с 09:00 до 15:00)	6,0 (7 ч.00 мин)	1115,97	6695,82
14	05.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. Экскаватор 2621 В с 09:00 до 15:00)	6,0 (7 ч.00 мин)	4205,50	25233,00
15	05.08.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Лесной пожарный с 09:00 до 15:00)	6,0 (7 ч.00 мин)	455,91	2735,46
<b>ВСЕГО</b>	<b>202208,30</b>			

Материалы табл. 5.1 свидетельствуют, что себестоимость тушения тор-

фяного пожара в Белоярском районе составила 1348055,33 руб./га, при затратах непосредственно на ликвидацию пожара 202208,30 руб.

Существенно отличаются затраты на ликвидацию торфяного пожара площадью 0,2 га в Невьянском городском округе Свердловской области в апреле 2022 г. (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Расходы на тушение торфяного пожара площадью 0,2 га

№ п/п	Наименования, дата выполнения работ	Объем выполненных работ, час	Стоимость час/руб.	Итого, руб.
1	07.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м УАЗ с 08:30 до 17:00)	8,5	1115,97	9485,74
2	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м УАЗ с 17:00 до 18:30) сверхурочные в 1,5 размере	1,5	1426,36	2139,54
3	07.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м Снегоболотоход (мотовездеход) с 10:30 до 17:00)	6,5	1115,97	7253,81
4	07.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м Снегоболотоход (мотовездеход) с 17:00 до 17:30)	0,5	1426,36	713,18
5	07.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (4 чел. Лесной пожарный с 08:30 до 16:00)	30,0	455,91	13677,30
6	07.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (4 чел. Лесной пожарный с 16:00 до 18:00) сверхурочные в 1,5 размере	8,0	683,89	5471,12
7	07.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (4 чел. Лесной пожарный с 18:00 до 18:30) сверхурочные в 2,0 размере	2,0	903,08	1806,16
<b>ИТОГО:</b>				<b>40546,84</b>

Согласно приведенным в таблице 5.2 данным, затраты на тушение пожара в Невьянском городском округе оказались значительно ниже, чем при ликвидации торфяного пожара в Белоярском городском округе. В первом случае на тушение торфяного пожара площадью 0,2 га было затрачено 40546,84

руб., в то время как во втором случае затраты на ликвидацию пожара площадью 0,15 га составили 202208,30 руб. При этом удельная стоимость (затраты в пересчете на 1 га) составила 202734,2 и 1348055,33 руб., соответственно.

Значительные затраты требуются на тушение даже мелких торфяных лесных пожаров. В качестве примера можно привести стоимость затрат на ликвидацию торфяного пожара площадью 0,04 га в Невьянском городском округе Свердловской области в сентябре 2022 г. (табл. 5.3).

Таблица 5.3 – Расходы на тушение торфяного пожара площадью 0,04 га на территории Невьянского городского округа

№ п/п	Наименования, дата выполнения работ	Объем выполненных работ, час	Стоимость час/руб.	Итого, руб.
1	2	3	4	5
1	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м УАЗ с 09:00 до 17:00)	8,0	1115,97	8927,76
2	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 ед. а/м УАЗ с 17:00 до 19:00) сверхурочные в 1,5 размере	2,0	1426,36	2852,72
3	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (2 чел. Лесной пожарный с 09:00 до 16:00)	14,0	455,91	6382,74
4	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (2 чел. Лесной пожарный с 16:00 до 18:00) сверхурочные в 1,5 размере	4,0	683,89	2735,56
5	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (2 чел. Лесной пожарный с 18:00 до 19:00) сверхурочные в 2,0 размере	2,0	903,08	1806,16
6	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Бригадир лесопожарной бригады с 09:00 до 16:00)	7,0	542,67	3798,69
7	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Бригадир лесопожарной бригады с 16:00 до 18:00) сверхурочные в 1,5 размере	2,0	811,43	1622,86

Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5
8	05.09.2022 Работы по тушению лесного пожара (1 чел. Бригадир лесопожарной бригады с 18:00 до 19:00) сверхурочные в 2,0 раз-мере	1,0	1081,33	1081,33
<b>ИТОГО:</b>				<b>29207,82</b>

Материалы табл. 5.3 наглядно свидетельствуют, что даже при площади торфяного пожара 0,04 га, на его ликвидацию потребовалось 29207,82 руб. или 730195,50 руб. в пересчете на 1 га.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что ликвидация любых торфяных пожаров требует значительных затрат, а, следовательно, необходимо принимать превентивные меры по их недопущению. К последним можно смело отнести усиление разъяснительной работы среди населения об осторожном обращении с огнем, возвращение осушенных, но не используемых в настоящее время торфяников в исходное состояние и т.д.

## **5.2. Выбор наиболее экономически целесообразных стратегий борьбы с торфяными пожарами с учетом стоимости их тушения и причиняемого ущерба**

В рамках исследования были сопоставлены между собой закономерности по времени и структуре расходования средств на тушение торфяных пожаров в течение пожароопасного сезона, закономерности в результативности тушения таких пожаров, которые оценивали по данным космического мониторинга о возобновлении торфяных пожаров в течение пожароопасного сезона и в зимнее время (прежде всего, анализ последовательностей снимков среднего пространственного разрешения по ранее применявшимся методикам для картирования площадей, пройденных огнем, колебания уровня грунтовых вод в течение года, которые по данным проведенных исследований прямо влияет

на глубину возможного распространения торфяных пожаров. Все эти данные были соотнесены с экспертными оценками возможного причиняемого торфяными пожарами ущерба, опираясь на утвержденные в нашей стране методики с учетом площади пожаров, глубин очагов и других параметров исследованных пожаров, влияющих на такие расчеты. По «скрытому ущербу» авторы опирались на подходы к расчетам, принятые в других странах и, не давая точных значений денежного эквивалента причиненного вреда, определили только временные периоды, когда наиболее вероятен рост таких негативных последствий, не подлежащих сейчас экономической оценке в нашей стране.

Усредненные данные по торфяным пожарам в Свердловской области за 2022-2023 гг. (табл. 5.4) отражены на общем графике-схеме развития торфяных пожаров (рис. 5.1).

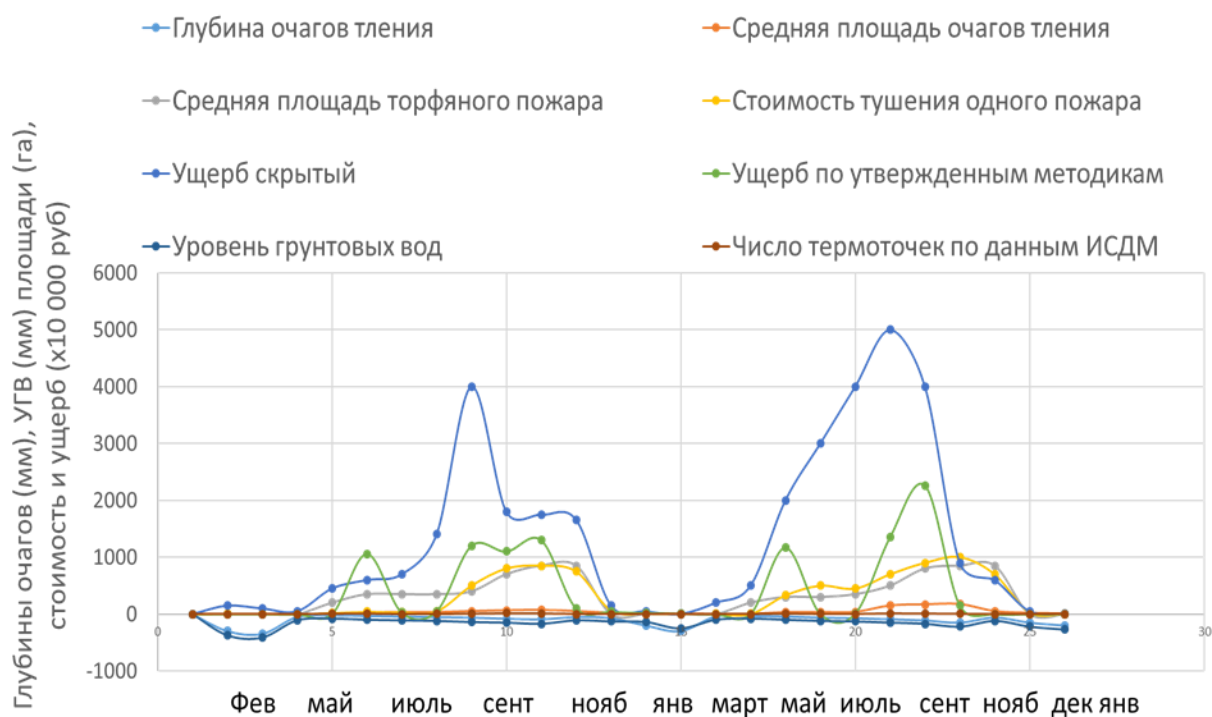


Рис. 5.1. Взаимосвязь стадии развития пожара, числа термоточек, площади пожара, площади торфяных очагов, глубины торфяных очагов, уровня грунтовых вод, стоимости тушения, явного и скрытого ущерба от пожара

Таблица 5.4 – Усредненные данные по площади, глубине, числу термоточек, ущербу и стоимости торфяных пожаров в Свердловской области

Показатели	2022 год								2023 год		
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
Глубина очагов, см	30,00	40,00	50,00	60,00	80,00	90,00	50,00	70,00	200,00	300,00	40,00
Площадь очагов, га	27,00	30,00	33,00	50,00	65,00	70,00	50,00	20,00	10,00	5,00	3,00
Площадь пожара, га	350,00	350,00	350,00	400,00	700,00	850,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ущерб, учитываемый, млн руб.	4,00	3,00	5,00	50,00	80,00	85,00	75,00	7,00	1,00	0,50	0,30
Ущерб скрытый, млн руб.	60,00	70,00	140,00	200,00	350,00	400,00	50,00	20,00	3,00	2,00	1,00
Стоимость тушения на 1 га из справок, млн руб.	1,06	0,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,10	0,40	0,20	0,10	0,00
УГВ от поверхности почвы	100,00	110,00	120,00	140,00	150,00	170,00	110,00	130,00	140,00	250,00	100,00
Число термоточек	10,00	0,00	1,00	5,00	15,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Окончание табл. 5.4

Показатели	2023 год									2024 год
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь
Глубина очагов, см	30,00	40,00	60,00	70,00	90,00	110,00	150,00	60,00	150,00	200,00
Площадь очагов, га	3,00	30,00	33,00	35,00	150,00	170,00	175,00	50,00	20,00	10,00
Площадь пожара, га	200,00	300,00	300,00	350,00	500,00	800,00	850,00	850,00	0,00	0,00
Ущерб учитываемый, млн руб.	0,30	33,00	50,00	45,00	70,00	90,00	10,00	70,00	3,00	1,00
Ущерб скрытый, млн руб.	50,00	200,00	300,00	400,00	450,00	450,00	90,00	60,00	5,00	1,00
Стоимость тушения на 1 га из справок, млн руб.	0,00	1,17	0,06	0,07	0,10	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
УГВ от поверхности почвы	80,00	100,00	120,00	130,00	150,00	170,00	220,00	120,00	220,00	270,00
Число термоточек	0,00	11,00	1,00	0,00	13,00	10,00	3,00	0,00	0,00	0,00

На схеме одновременно (на одной временной оси) отражены такие параметры для типичного крупного торфяного пожара в наземной зоне применения сил и средств пожаротушения как площадь пожара, площадь очагов тления почвы, глубина очагов тления почвы (зависящая прежде всего от уровня грунтовых вод в этот период времени), стоимость тушения (совокупность всех задокументированных расходов на тушение) и примерные оценки причиняемого пожаром ущерба (экспертные оценки учитываемого и «скрытого» ущерба).

На основе анализа полученных результатов, предложен подход, отражающий экономическую целесообразность в выборе методов и времени воздействия на длительно действующие торфяные пожары. Этот подход можно сформулировать как следующий набор утверждений:

1) профилактика торфяного пожара на пожароопасных болотах (на осушенных торфяниках, где в последние годы происходили торфяные пожары), в том числе методами обводнения, со стоимостью работ ниже 22000 руб./га при любом сценарии возможного пожара выгоднее тушения, если обеспечивает на 3-4 года и более надежную защиту от перехода ландшафтного пожара на поверхности торфяника в почвенный пожар. С учетом роста числа и интенсивности торфяных пожаров, а также в связи с уменьшением периода повторяемости таких пожаров, которые эксперты отмечают в последние годы, эффективность финансовых вложений в профилактику пожаров может быть выше эффективности аналогичных затрат на тушение даже с периодом воздействия профилактических мер менее 3 лет;

2) тушение торфяных пожаров (тушение всех очагов тления) на начальных стадиях, то есть сразу после ликвидации первоначального открытого горения на поверхности болота, со стоимостью тушения менее 50 000 руб./га с надежным окарауливанием выгоднее любого дальнейшего сценария тушения возобновившегося пожара;



Применение на этой стадии приемов тушения, предполагающих частичное или полное обводнение (подтопление) горящего участка существенно увеличивает вероятность благоприятного исхода, поскольку не позволяет очагам заглубляться в торфяную залежь, ограничивает распространение пожара за счет создания водных преград, а также создает запас воды для дотушивания.

3) в случае, если ликвидация пожара не удалась на начальных стадиях развития торфяного пожара, наиболее выгодный сценарий тушения – наращивание группировки, применение тяжелой инженерной техники и мощных насосов для тушения подтоплением, пока для этого хватает воды. Стоимость тушения до 1 млн руб./га в случае успеха в обводнении и при последующем окарауливании и дотушивании (до окончательной ликвидации всех очагов тления) выгоднее сценария дальнейшего развития пожара;

4) на стадии максимального развития площади торфяных очагов и их глубины в конце лета и начале осени тушение с переброской воды на огромные расстояния и с созданием огромных группировок для прямого тушения экономически может быть не целесообразно, кроме отдельных участков, где речь идет о защите отдельных населенных пунктов. Работы могут сводиться к снижению уровня задымления, к локализации пожара для предотвращения его перехода на новые площади. Также в этот период желательно сосредоточить усилия на создании условий для удержания воды и недопущения перехода очагов тления в зимний период. Это прежде всего работы по измерению рельефа и возведению в соответствии с проведенными измерениями временных земляных дамб для удержания воды в период осенних дождей;

5) В зимний период экономически целесообразно космическими, авиационными (прежде всего с применением БВС с тепловизорами) и наземными средствами обследовать все участки, где торфяные пожары действовали осенью для составления подробных карт зимующих очагов. Тушение оставшихся очагов целесообразно организовывать в конце зимы, по методике, разработанной сотрудниками Уральского государственного лесотехнического универси-

тета (УГЛТУ) и Уральской авиабазой, с применением землеройной техники для вскрытия очагов и послойного снятия и охлаждения тлеющей массы с одновременным созданием плотин для весеннего удержания воды (Секерин и др., 2022 а,б; Куксин и др., 2024). Такие работы дают наилучшее соотношение по стоимости к результату, поскольку позволяют максимально надежно потушить торфяной пожар на стадии, когда его очаги минимальны по площади и лучше всего поддаются тушению. С учетом рисков перехода пожара на следующий год, работы экономически целесообразны при стоимости до 500 000 на га. Данный метод тушения менее всего требователен к предварительной разведке и последующему контролю качества проведённых работ, поскольку при использовании БВС, оснащенного тепловизором, за счет большой разницы температур между очагами тления и окружающей средой вероятность выявления всех очагов при разведке пожара является максимальной. Контроль за качеством проведения работ также требует минимальных затрат, поскольку процесс остывания происходит в течении нескольких часов, и даже если остаются непотушенные участки очагов, то в дальнейшем при наличии низких температур они практически гарантированно не смогут образовать новые очаги и потухнут до наступления весны;

б) Последняя стадия, когда возможно предотвращение перехода пожара в следующий сезон – дотушивание отдельных очагов, переживших зиму, в ранний весенний период на пике таяния снега при помощи переносных мотопомп. Тушение экономически целесообразно и не требует больших расходов (до 22 000 на га), требует поддержки (обследования до и после основных работ) БВС с тепловизором при подходящей погоде (при отсутствии нагрева поверхности земли и крон деревьев лучами солнца, но короткий период от схода снега до возможности возобновления открытого горения создает высокие риски того, что работы не будут проведены до возобновления пожара.

### **5.3. Экономическое обоснование тушения обводнением и подъемом уровня грунтовых вод**

На основе приведенных выше данных о стоимости тушения можно утверждать, что в случае, когда вблизи торфяных пожаров еще есть достаточные запасы воды, целесообразно применять в весенний период тяжелую строительную технику для удержания воды (строительство временных земляных перемычек), а также при необходимости использовать пожарные насосные станции и мотопомпы с большой производительностью для перекачивания значительных объемов воды для тушения подтоплением и подъемом уровня грунтовых вод. Даже при увеличении удельных расходов на такое тушение до 1 млн руб./га в сравнении с сценарием, при котором торфяной пожар не ликвидирован окончательно и требует тушения в конце лета, тушение подтоплением оказывается многократно выгоднее по прямым расходам на тушение. Помимо этого, такое тушение позволяет предотвратить значительный формальный (рассчитываемый по методикам, утвержденным Правительством) и «скрытый», не учитываемый в настоящее время в явной связи с пожарами, но влияющий на экономику и здоровье населения, ущерб. Кроме того, установлена высокая целесообразность тушения зимующих очагов тления в зимний период, в том числе с применением методов подтопления, когда временные перемычки для удержания воды создаются в летний и осенний периоды.

### **5.4. Влияние квалификации и мотивации участников тушения на результативность и стоимость работ по ликвидации многоочаговых торфяных пожаров на осушенных болотах**

В России торфяным пожарам, в отличие, например, от лесных пожаров, гораздо меньше внимания уделяется в программах подготовки пожарных. При этом в те годы, когда торфяные пожары относительно массово возникают и создают задымление крупных городов, становятся причиной постоянного возникновения все новых лесных и травяных пожаров, справиться с ними часто

не получается до зимы (Опыт ..., 2014). По воспоминаниям участников тушения торфяных пожаров во время крупных пожарных катастроф в Центральной России с задымлением больших городов, в 1972 году в Московской и Рязанской областях, в 2002 году в Московской области, в 2010 году в Московской, Рязанской, Владимирской, Ивановской, Нижегородской областях, в 2022 году в Рязанской и Ивановской областях, со многими такими пожарами не получалось окончательно справиться даже с привлечением многих сотен пожарных и многих десятков единиц техники, и пожары уходили в зимний период не потушенными, иногда давали возобновление на следующий год. Отчасти такое развитие пожаров можно объяснить дефицитом доступной для тушения воды, отчасти дефицитом ресурсов (сил и средств пожаротушения) и чрезвычайными показателями почвенной засухи, низким уровнем грунтовых вод и экстремальными показателями жары в описанные пожароопасные периоды. Но при том во всех описанных пожароопасных периодах были эпизоды (торфяные пожары), с которыми удалось справиться на относительно ранних стадиях и относительно малыми силами, и были пожары, которые не удалось потушить.

На основании этих практических наблюдений возникла гипотеза о том, что успешность тушения может определяться не только объективной сложностью самого пожара, временем его свободного развития (до начала тушения), скоростью наращивания сил и средств, но и эффективностью работы конкретных пожарных подразделений на начальных стадиях тушения такого пожара и теми факторами, которые определяют эту эффективность. В частности, было выдвинуто предположение, что разная эффективность однотипных по оснащённости подразделений на однотипных по сложности пожарах могла определяться особенностями подготовленности (информированности) пожарных, а также их мотивацией (верой в успех тушения, уверенностью в нужности их работы, поддержкой со стороны руководства, материальными стимулами и т.п.). Предположение о существовании причинно-следственной связи между

качеством обучения и мотивацией пожарных и результативностью тушения торфяных пожаров основано на работах, показывающих наличие подобной связи между эффективностью работы пожарных с поддержкой со стороны руководства (Bernabe, Votia, 2015), на работах, оценивающих зависимость результативности работ пожарных в зависимости от поддержки со стороны людей (Heydari et al., 2022), на работах, оценивающих влияние разных факторов на повышение эффективности пожарных, где подготовленность и мотивация имеют большое значение (Heydari et al., 2022), а также на работах, прямо анализирующих связь степени подготовленности пожарных и их мотивации с результатами их работы, в том числе на ландшафтных пожарах (Jouanne et al., 2017). Также при формировании гипотезы были изучены работы, посвященные вероятностям развития посттравматических стрессовых расстройств у пожарных в зависимости от их степени подготовленности и мотивации, где явно показаны результаты влияния на пожарные ситуации, где они не достигли успеха в тушении, где погибло и пострадало много людей (Becker et al., 2022). Также рассмотрены исследования важности обучения пожарных для обеспечения эффективности тушения различных пожаров (как объектовых, так и ландшафтных) и оценка достаточности обучения по лесным пожарам на примере Турецкой республики (Safak et al., 2023). Все это позволило предположить, что и на торфяных пожарах в бореальной зоне такие взаимосвязи могут быть обнаружены. Мало того, на торфяном пожаре эти взаимосвязи могут быть еще более выражены из-за того, что почвенные пожары очень технологически сложны в тушении и требуют особенной внимательности и высокой мотивации (Куксин и др., 2016, 2020), а также из-за того, что именно торфяные пожары окружены наибольшим числом мифов и легенд, отражающих веру людей в то, что с этими пожарами невозможно справиться. Можно также предположить, что отчасти торфяные пожары особенно окружены мифами в связи с тем фактом, что такие пожары практически не тушатся дождями, даже довольно продолжительными. Это подтверждается как для торфяных пожаров в

северном полушарии, так и для южных и экваториальных торфяников. Так, даже для неглубоких (до 15 см) торфяных очагов в Индонезии показано, что их тушение не обеспечивается даже очень продолжительными дождями с интенсивностью осадков до 4 мм/час, и даже осадки более 13 мм/час не всегда помогают полностью ликвидировать очаги тления. В бореальной зоне наличие и рост числа «зомби-пожаров» показывают невосприимчивость торфяных пожаров к обильным осадкам, включая снегопады. Похожие данные получены и при лабораторных экспериментах с тушением торфа мелкораспыленной водой, где необходимые объемы воды при таком способе подачи составляли около 6 л/кг торфа. Наблюдение таких эффектов при тушении, когда очаг тления не тушится ливневыми дождями, может приводить к дополнительной демотивации участников, не ознакомленных с физическими и химическими особенностями торфа как топлива.

В рамках совместной работы с АНО «Центр профилактики ландшафтных пожаров» (Председатель Правления организации и соавтор проводимого исследования - Крючкова Людмила Алексеевна), были поставлены задачи определить, какие факторы могут значительно влиять на эффективность работы пожарных, лесных пожарных добровольцев при тушении именно торфяных пожаров, а также сформировать обоснованные рекомендации по повышению успешности (результативности) работы всех категорий пожарных при тушении торфяных пожаров на ранних стадиях развития торфяных пожаров.

Для поиска новой информации и новых идей (инсайтов) о том, что может существенно влиять на то, что разные подразделения работают на схожих торфяных пожарах с разной эффективностью, мы использовали метод качественных исследований – глубинные интервью с участниками тушения.

Полученные интервью расшифровывались, анализировались, цитаты экспертно объединялись в кластеры. В результате этой работы были выдви-

нуты предположения о максимальном влиянии на успешность тушения таких факторов как:

- 1) качество обучения по тушению именно торфяных пожаров (информированность пожарных о том, как возникают и как развиваются торфяные пожары, о методах тушения и контроля качества тушения);
- 2) мотивация выполнить свою работу по тушению именно торфяного пожара наилучшим образом.

Для анализа было необходимо подобрать пожары и пожарных. Причем пожары должны были быть максимально похожи по степени сложности, но отличаться по итогу тушения. А пожарные должны были сформировать близкую к исследуемой генеральной совокупности по распределению выборку из сотрудников федеральной противопожарной службы, региональных пожарных и спасательных служб, лесопожарных организаций, добровольных пожарных команд (ДПК), добровольных пожарных дружин (ДПД), добровольных лесных пожарных.

Для выбора пожаров была разработана система экспертной оценки степени сложности того или иного торфяного пожара.

При выборе пожаров для последующего сравнения, эксперты анализировали следующие факторы: площадь осушенного болота, на которую потенциально мог распространиться пожар, вид и назначение осушения, вид землепользования в период после окончания добычи торфа, историю пожаров, степень зарастания лесом, сохранность элементов инфраструктуры, сохранность системы гидротехнических сооружений, площадь пожара на момент обнаружения и начала тушения.

Для анализа были отобраны пожары, характеристики которых можно было проверить как по описаниям участников тушения, так и по космическим снимкам среднего пространственного разрешения. Для оценки площади, пройденной огнем, а также для отслеживания динамики развития пожара, использовались космические снимки среднего пространственного разрешения

Sentinel-2 MSI (20 м/пиксель) Европейского космического агентства доступны через WMS сервис, предоставляемый Sentinel-Hub (<https://www.sentinel-hub.com>, Sinergise Ltd.). Границы (контур) пожара определялись методом визуального дешифрирования снимков (Glushkov et al., 2021) в комбинации каналов 11-8-2 и 4-3-2 при рабочем масштабе от 1:10 000 до 1:50 000. Для определения границ и площади, пройденной огнем, использовалось оконтуривание пожара с помощью инструментов картирования.

В частности, для исследования были выбраны многоочаговые торфяные пожары, отвечающие следующим экспертно сформулированным признакам:

- пожар действует на осушенном под фрезерную добычу болоте;
- мощность (глубина) залегания торфа не менее 2 м;
- уровень грунтовой воды на 70 см ниже поверхности почвы;
- общая площадь осушенной части болота, на которую может распространиться пожар, не менее 10 км<sup>2</sup>;
- на момент начала работ по тушению площадь, пройденная огнем, превышает 25 га;
- очаги тления занимают не менее 5 % от площади, пройденной огнем (это случается, когда пожар действует в условиях сильной почвенной засухи и возникает при высоких значениях класса пожарной опасности (КПО) по условиям погоды).

Для того, чтобы исключить существенное влияние дефицита сил и средств, в анализ были взяты только пожары, на которых численность привлеченных подразделений была не ниже нормативной в соответствии с методиками расчета, определенными приказом №100 Рослесхоза и соответствовала Рекомендациям МЧС (Методические ..., 2016). На каждом пожаре были задействованы или могли быть задействованы (не было дефицита этих сил в соответствии с Планом тушения лесных пожаров) как основные и специальные пожарные автомобили (включая ПНС и АР), так и мотопомпы, землеройная техника.



Для того, чтобы ранжировать степень успешности тушения, была принята система назначения баллов, опирающаяся на то, какие обязательные стадии тушения, предусмотренные Правилами тушения лесных пожаров, были достигнуты. В исследование принимались только те пожары, по которым независимая экспертная оценка, оценка по космическим снимкам среднего пространственного разрешения и средняя субъективная оценка участников тушения по данным интервью и опросов совпадали.

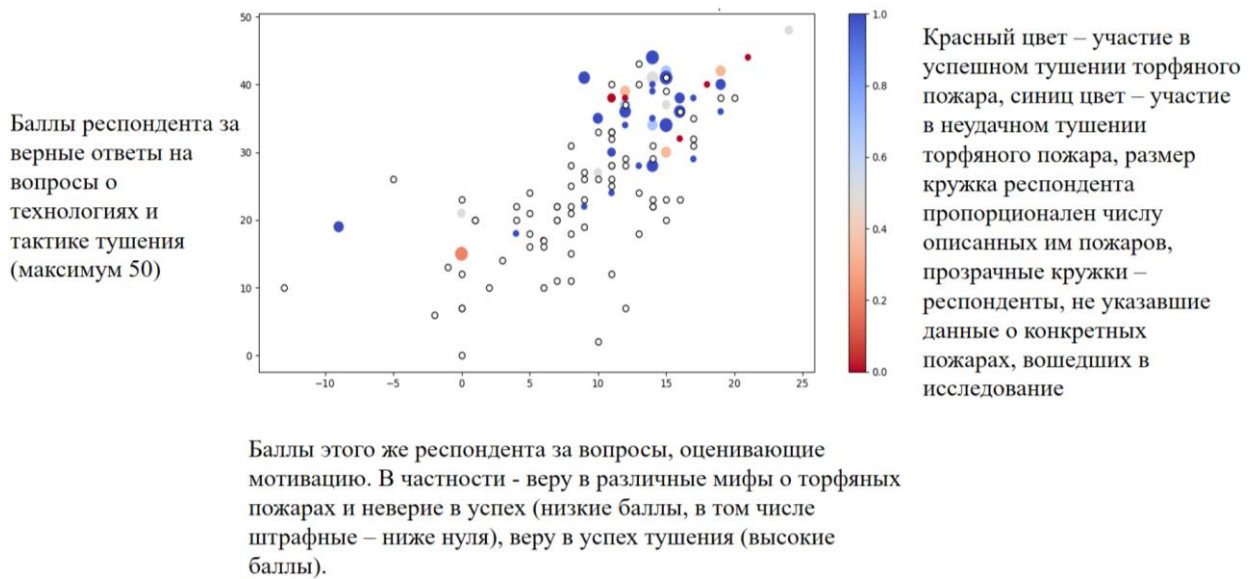
Признаки, принятые в данном исследовании как индикаторы не потушенных (возобновившихся пожаров) по данным дистанционного зондирования Земли: повторные термоточки (термические аномалии по данным спутниковых снимков в инфракрасных каналах) в пределах площади, пройденной огнем, рост площади гари по снимкам среднего пространственного разрешения, шлейфы дыма с выгоревшей площади. Помимо космических данных, для обнаружения не потушенных (возобновившихся) торфяных пожаров в Свердловской области, а также для верификации данных космического мониторинга, использованы материалы авиационного обследования, проведенного Уральской базой авиационной охраны лесов, а также данные обследований с применением беспилотных воздушных судов и наземные данные.

Было проведено 40 глубинных интервью и 4 фокус-группы. На основе полученных цитат и утверждений были разработаны анкеты для дополнительного сбора информации. По разработанным анкетам были письменно интервьюированы 117 пожарных, принимавших участие в тушении ландшафтных пожаров. Обработка результатов позволяет предварительно (на уровне качественного исследования) утверждать, что есть влияние качества обучения пожарных и их мотивации на результативность тушения именно торфяных пожаров. Выявлены характерные ошибки (заблуждения), которые препятствуют качественному выполнению работы по тушению. Так, широко распространенные мнения о том, что торфяные пожары невозможно потушить полностью, утверждения о том, что возникают эти пожары под землей на больших глуби-

нах и только иногда выходят на поверхность, уверенность в том, что глубина очагов достигает десятки метров, не позволяют рационально организовать тушение даже при наличии необходимых сил и средств.

Количественный анализ (регрессионный анализ, корреляционный анализ, проведенные по полученным данным с использованием искусственного интеллекта (нейросетей) и сгенерированных ими программ для статистической обработки данных) дает предварительные предположения о сильной взаимосвязи качества обучения пожарных и их мотивацией тушить торфяной пожар качественно: чем более высокий балл участник получает за правильные ответы о технологиях, тактических приемах тушения, тем выше балл за ответы, демонстрирующие веру в успех тушения, в возможность и важность проверки качества тушения. Предварительно можно говорить и о том, что респонденты с более высокими показателями квалификации и мотивированности чаще являются участниками успешного тушения торфяных пожаров, а респонденты, которые показали более низкую квалификацию и более низкую веру в успех, демонстрировали неверие в то, что торфяной пожар вообще поддается тушению, чаще были участниками тушения тех пожаров, где тление не удалось остановить в течение многих месяцев. Количественная оценка пока не обеспечена достаточной выборкой и требует дальнейших исследований (рис. 5.2).

Полученные данные о характерных заблуждениях и ошибках уже использованы при разработке программ обучения руководителей и специалистов тушения лесных и торфяных пожаров в ФАУ ДПО ВИПКЛХ и в Уральской базе авиационной охраны лесов. В дальнейшем запланировано количественное исследование для более точных оценок взаимного влияния отдельных аспектов обучения и мотивации пожарных на результативность тушения торфяных пожаров.



Вертикальная ось – баллы респондента за верные ответы на вопросы о технологиях и тактике тушения; горизонтальная ось – баллы этого же респондента за вопросы, оценивающие веру в различные мифы о торфяных пожарах, веру в успех тушения; красный цвет – участие в успешном тушении торфяного пожара, синий цвет – участие в неудачном тушении торфяного пожара, размер кружка респондента пропорционален числу описанных им пожаров, прозрачные кружки – респонденты, не указавшие данные о конкретных пожарах, вошедших в исследование.

Рис. 5.2. Взаимосвязь уровня квалификации и степени мотивации, возможное влияние этих факторов на эффективность тушения торфяных пожаров

## Выводы

1. Применяемые в Российской Федерации методики оценки ущерба от торфяных пожаров не в полной мере учитывают их негативные последствия и требуют доработки.

2. При выборе стратегии борьбы с торфяными пожарами необходимо учитывать стоимость тушения и причиняемый ущерб.

3. Экономическая эффективность тушения торфяных пожаров зависит от способа тушения. В весенний и в летний периоды наиболее экономически эффективным и надежным способом является подтопление методом создания плотин и перекачивания большого количества воды в сочетании с дотушиванием отдельных оставшихся очагов

4. Экономически целесообразно тушить торфяные пожары до их полной ликвидации на ранних стадиях в весенний период, даже если такое тушение потребует увеличения расходов из-за наращивания группировки сил пожаротушения и длительного окарауливания.

5. Если вблизи очагов тления есть достаточные запасы воды, целесообразно применять в весенний период строительную технику для создания временных земляных перемычек, а также использовать на тушении насосные станции и мотопомпы большой производительности.

6. На эффективность тушения торфяных пожаров существенное влияние оказывает квалификация работников, задействованных на тушении и их мотивация на оперативное достижение конечного результата.

7. Установлена необходимость дальнейшего совершенствования нормативно-правовых актов, регламентирующих профилактику, обнаружение и тушение торфяных пожаров. В частности, целесообразно внесение уточнений в порядок мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров (Об утверждении ..., 2014) и в Правила тушения лесных пожаров (Об утверждении ..., 2022).

## 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 эф-

фективность 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.

### Библиографический список

Арцыбашев, Е.С. Инструкция по применению огнетушащих химических веществ при борьбе с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев, В.Г. Лорбербаум. – М.: ЦБАТИ Гослесхоза СССР, 1976. – 28 с.

Арцыбашев, Е.С. Лесные пожары и борьба с ними / Е.С. Арцыбашев. – М.: Изд-во «Лесная промышленность», 1974. – 152 с.

Арцыбашев, Е.С. Плавающая мотопомпа МЛП-0,2 и ее применение при тушении лесных пожаров: Методические рекомендации / Е.С. Арцыбашев, В.И. Плутков, В.Д. Замысловский. – Л.: ЛенНИИЛХ. 1974. – 42 с.

Арцыбашев, Е.С. Применение огнетушащего состава Ос-5 для борьбы с лесными пожарами / Е.С. Арцыбашев, Е.Ф. Давыдов, В.Г. Лорбербаум и др. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1989. – 22 с.

Баглаев, Е.Б. Способ борьбы с пожарами на торфяниках / Е.Б. Баглаев, С.Б. Баглаев, Е.С. Егорова, В.П. Пушкарев, О.М. Шамраев // Авторское свидетельство 1297875 СССР А62С 1/00; заявитель и патентообладатель: Баглаев Евгений Борисович, Баглаев Сергей Борисович, Егорова Елена Сергеевна, Пушкарев Петр Васильевич, Шамраев Олег Михайлович. – № 3978424; заявл. 18.11.1985; опубл. 23.03.1987.

Белов, С.В. Лесная пирология: Учебное пособие / С.В. Белов. – Л.: ЛТА, 1982. – 68 с.

Богданова, В.В. Исследование механизма огнетушащего действия химических составов для торфа / В.В. Богданова, О.И. Кобец // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сб. науч. трудов. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. – Вып. 54. – С. 83–85.

Богданова, В.В. Исследование огнезащитных и атмосферостойких свойств нестехиометрических фосфатов двух- и трехвалентных металлов аммония для борьбы с лесными пожарами / В.В. Богданова, О.И. Кобец // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2013. – Вып. 73. – С. 481–488.

Богданова, В.В. Синтез, модифицирование и исследование эффективности огнетушащих химических составов для торфа / В.В. Богданова, О.И. Кобец, Л.В. Радкевич // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязнены землях: Сб. науч. трудов. – Гомель: Ил НАН Беларуси, 2002. – Вып. 54. – С. 79-82.

Богдановская-Гиенэф, И.Д. О классификации болотных массивов / И.Д. Богдановская-Гиенэф // Вестник ЛГУ. – 1949. – № 7. – С. 55-61.

Большая советская энциклопедия: в 30 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. – М.: Сов. энцикл., 1969 – 1978. – URL: [https://archive.org/details/B-001-033-601-30vols/BSE\\_3izd\\_03/](https://archive.org/details/B-001-033-601-30vols/BSE_3izd_03/) (дата обращения: 15.02.2023).

Боч, М.С. Экосистемы болот СССР / М.С. Боч, В.В. Мазинг. – Л.: Наука, 1979. – 188 с.

Валентини, Р. Изменение климата в России: прошлое, настоящее и будущее / Р. Валентини, Д. Замолотчиков, К. Рейер, С. Ноги, М. Сантини, М. Ландер // Леса России и изменение климата. – Хельсинки: Европейский институт леса, 2020. – С. 45-52.

Волокитина, А.В. Пожарное созревание заболоченных лесов юга Западной Сибири / А.В. Волокитина // Лесные пожары и их последствия. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1985. – С. 64–73.

Вонский, С.М. Лесные пожары и способы их тушения. Методические рекомендации / С.М. Вонский, В.Б. Наумов, В.А. Жданко. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1989. – 58 с.

Вялых, Н.И. Рекомендации по противопожарным мероприятиям для лесов Европейского Севера (на основе внутриобластного лесопожарного районирования) / Н.И. Вялых, А.А. Звонкова, Е.А. Чекризов. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1982. – 36 с.

Гафуров, Ф.Г. Почвы Свердловской области / Ф.Г. Гафуров. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. – 396 с.



Геологические основы использования торфяных болот и лесов Среднего Приобья / Под общей редакцией д.т.н. К.И. Лопатина. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2012. – 296 с.

Голубев, Н.К. Способ предотвращения, локализации и тушения пожаров на торфяниках / Н.К. Голубев, Г.Х. Бедретдинов, Н.М. Варакина // Патент на изобретение 2438738 Российская Федерация А62С 3/02; заявитель и патентообладатель: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – № 2010146753/12; заявл. 18.11.2010; опубл. 10.01.2012.

Голубенко, М.И. Способ тушения пожара на лесных и торфяных массивах / М.И. Голубенко // Патент на изобретение 2594148 Российская Федерация А62С 3/02; заявитель и патентообладатель: Голубенко Михаил Иванович. – № 2015129892/12; заявл. 20.07.2015; опубл. 10.08.2016

Горфин, О.С. Технология переработки торфа / О.С. Горфин, В.С. Зайцев. – М.: Недра, 1983. – 143 с.

ГОСТ 16263-70 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004807?ysclid=lx3c6ditou708319928> (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ 19179-73 Гидрология суши. Термины и понятия. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200009457?ysclid=lx3c43o56q4002141> (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ 21830-76 Приборы геодезические. Термины и определения. – URL: [https://pribor-kom.ru/company/gost\\_21830-76.pdf?ysclid=lx3c2ob966215588021](https://pribor-kom.ru/company/gost_21830-76.pdf?ysclid=lx3c2ob966215588021) (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ 22268-76 Геодезия. Термины и определения. – URL: <https://base.garant.ru/57477251/?ysclid=lx3c19dm4j326338041> (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ 24802-81 Приборы для измерения уровня жидкости и сыпучих веществ. Термины и определения. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023290?ysclid=lx3bz50lml35085396> (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000030?ysclid=lx3bx7mcl8816360389> (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ 5180-84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – URL: [https://rosgosts.ru/file/gost/13/080/gost\\_5180-84.pdf?ysclid=lx3bucqc58582194877](https://rosgosts.ru/file/gost/13/080/gost_5180-84.pdf?ysclid=lx3bucqc58582194877) (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ Р 51657.1-2000 Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Термины и определения. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025078?ysclid=lx76op5mgc997161845> (дата обращения: 15.02.2023).

ГОСТ Р 8.563-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. – URL: <https://base.garant.ru/3924596/> (дата обращения: 15.02.2023).

Губин, В.К. Способ предотвращения распространения пожара на торфяниках / В.К. Губин, К.В. Губин, М.Ю. Храбров, В.И. Канардов, Н.Г. Колесова, А.И. Фомин // Патент на изобретение 2247585 Российская Федерация А62С 3/02; заявитель и патентообладатель: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова. – № 2003110862/12; заявл. 16.04.2003; опубл. 10.03.2005.

Гундар, С.В. О газообмене при почвенных пожарах / С.В. Гундар // Проблемы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛиД СО АН СССР, 1975. – С. 137–146.

Гундар, С.В. Почвенные пожары в бассейне Нижнего Амура, их профилактика и тушение: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1978. – 24 с.

Гусев, В.Г. Новые способы локализации низовых и торфяных лесных пожаров / В.Г. Гусев, Е.С. Арцыбашев, В.Н. Степанов, Е.М. Ерицов // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития. – Гомель: Ил НАН Белоруссии, 2013. – С. 13–15.

Душа-Гудым, С.И. Лесные пожары на территориях, загрязненных радионуклидами: обзорная информация / С.И. Душа-Гудым. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1993. – Вып. 9. – 52 с.

Душа-Гудым, С.И. Радиоактивные лесные пожары: Справочное пособие / С.И. Душа-Гудым. – М.: ВНИИХлесхоз, 1999. – 158 с.

Душа-Гудым, С.И. Радиоактивные лесные пожары: особенности, профилактика, обнаружение и тушение / С.И. Душа-Гудым // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сб. науч. трудов. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. – Вып. 54. – С. 92–100.

Ерицов, А.М. Особенности пожароопасного сезона 2022 года в Курганской области / А.М. Ерицов, И.М. Секерин, А.А. Кректунов, С.В. Залесов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27, № 4. – С. 73–80.

Жданко, В.А. Научные основы построения местных шкал и значение их при разработке противопожарных мероприятий / В.А. Жданко // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. – М.: Лесная промышленность, 1965. – С. 53–86.

Залесов, С.В. Лесная пирология / С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1998. – 296 с.

Залесов, С.В. Гидролесомелиорация избыточно увлажненных земель. Термины, понятия и определения: Учебное пособие / С.В. Залесов, А.В. Тукачева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. – 67 с.

Залесов, С.В. Лесная пирология. Термины, понятия, определения / С.В. Залесов, Е.С. Залесова. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2014. – 54 с.

Залесов, С.В. Роль болот в депонировании углерода / С.В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 7(109), Ч. 2. – С. 6–9.

Залесов, С.В. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, Е.Ю. Платонов // Аграрный вестник Урала. – 2013. – № 10(116). – С. 45–49.

Залесов, С.В. Использование системы пожаротушения NATISK при ликвидации торфяных пожаров / С.В. Залесов, Г.А. Годовалов, А.А. Кректунов, Е.С. Залесова, А.С. Оплетаев // Леса России и хозяйство в них. – 2016. – № 1(56). – С. 4–10.

Иванов, В.А. Механизм возникновения лесного пожара от молний / В.А. Иванов // Сибирский лесной журнал. – 1996. – № 1. – С. 103–107.

Иванов, В.А. Пожары от гроз в лесах Сибири / В.А. Иванов, Г.А. Иванова. – Новосибирск: Наука, 2010. – 164 с.

Иванов, В.А. Пожары от молний в лесах Красноярского Приангарья / В.А. Иванов, Н.А. Коршунов, П.М. Матвеев. – Красноярск, 2004. – 132 с.

Иванов, Г.А. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири / Г.А. Иванова, А.В. Иванов. – Новосибирск: Наука, 2015. – 240 с.

Иванов, К.Е. Водообмен в болотных ландшафтах / К.Е. Иванов. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.

Иванова, Г.А. Воздействие пожаров на светлохвойные леса Нижнего Приангарья / Г.А. Иванова, Е.А. Кукавская, И.Н. Безкоровайная и др. – Новосибирск: Наука, 2022. – 204 с.

Иванова, Г.А. Зонально-экологические особенности лесных пожаров в сосняках Средней Сибири: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2005. – 40 с.

Иванова, Г.А. Экстремальные пожароопасные сезоны в лесах Эвенкии / Г.А. Иванова // Сибирский экологический журнал. – 1996. – Т. 3, № 1. – С. 29–34.

Инструкция по проведению лесоустройства в лесном фонде России. Ч. I. – М.: Рослесхоз, 1995. – 176 с.

Инструкция по охране лесов от пожаров. – М. –Л., 1949. – 52 с.

Инструкция по охране лесов РСФСР от пожаров. – М., 1962. – 31 с.

Константинов, В.К. Некоторые вопросы осушения болот с бедными торфами / В.К. Константинов, И.А. Юзепчук // Исследования по лесному хозяйству. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1972. – С. 317–331.

Корневич, И.А. Обводнение пожароопасных торфяников. Восстановление болот вокруг пос. Большеорловское в Борском районе Нижегородской области. Первый этап: обводнение торфяного месторождения «Большое Орловское»: проектная документация, второй вариант, том. 1.1. Общая пояснительная записка / И.А. Корневич, Н.А. Петрова. – Нижний Новгород: ООО Водопроект, 2013. – 84 с.

Кохановский, В.Н. К вопросу о борьбе с торфяными пожарами / В.Н. Кохановский // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения. – М., 1978. – С. 100–102.

Красавина, Н.Н. Технические указания по применению химических веществ на тушении лесных пожаров / Н.Н. Красавина. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1963. – 17 с.

Красавина, Н.Н. Огнезащитные и огнегасящие свойства водных растворов неорганических веществ в борьбе с лесными пожарами / Н.Н. Красавина // Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьба с ними. – М., 1965. – С. 134–159.

Красавина, Н.Н. «Мокрая вода» для тушения лесных торфяных пожаров / Н.Н. Красавина, В.Г. Лорбербаум // Лесное хозяйство. – 1965. – № 3. – С. 45–47.

Кректунов, А.А. Перспективность использования быстротвердеющей пены для защиты населенных пунктов от природных пожаров / А.А. Кректунов, С.В. Залесов, А.Ф. Хабибуллин // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 5. – С. 40–44.

Кузьмин, Г.Ф. Болота и их использование / Г.Ф. Кузьмин // Сб. научных трудов. – СПб.: Изд-во ВНИИТП, 1993. – Вып. 70. – 140 с.

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

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: 04.04.2024)

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

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

Курбатский, Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров / Н.П. Курбатский. – М.: Гослесбумиздат, 1962. – 154 с.

Курбатский, Н.П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов / Н.П. Курбатский // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск, 1970. – С. 5–58.

Курбатский, Н.П. Лесные почвенные пожары и борьба с ними / Н.П. Курбатский, Н.Н. Красавина, В.А. Жданко. - Ленинград: [б. и.], 1957. - 32 с.

Курбатский, Н.П. Тушение лесных пожаров химическими веществами / Н.П. Курбатский, Н.Н. Красавина. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1954. – 22 с.

Лескинен, П. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука / П. Лескинен, М. Линднер, П.Й. Веркерк, Г.Я. Набуус, П. Ван Брусселен, Е. Куликова, М. Хассегава, Б. Леринк. – Хельсинки: Европейский институт леса, 2020. – 140 с.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (ред. от 4.08.2023). – URL: <https://base.garant.ru/12150845/?ysclid=lx39уcx55p787291929> (дата обращения 9.10.2023).

Лисс, О.Л. Болота Западно-Сибирской равнины / О.Л. Лисс, Н.А. Березина. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 208 с.

Лисс, О.Л. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / О.Л. Лисс, Л.И. Абрамова, Н.А. Аветов и др. – Тула: Гриф и К<sup>0</sup>, 2001. – 584 с.

Лорбербаум, В.Г. Технические указания по тушению лесных торфяных подстильно-гумусовых пожаров растворами поверхностно-активных веществ / В.Г. Лорбербаум, Н.В. Башун. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1965. – 15 с.

Лорбербаум, В.Г. Применение состава ОСБ-1 для борьбы с лесными пожарами: Инструкция / В.Г. Лорбербаум, И.Н. Седина, Е.Ф. Давыдов. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1986. – 23 с.

Львов, П.Н. Профилактика лесных пожаров / П.Н. Львов, А.И. Орлов. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 116 с.

Львов, П.Н. Основы лесной пирологии: Текст лекций / П.Н. Львов, В.М. Барзут. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1990. – 59 с.

Малютин, О.С. Компьютерное моделирование сложных насосно-рукавных систем / О.С. Малютин // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сб. статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. – М., 2018. – С. 68-75.

Матвеев, П.М. Лесная пирология / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев. – Красноярск: СибГТУ, 2002. – 316 с.

Матвеев, П.М. Лесная пирология / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев, Л.В. Буряк, В.А. Иванов, С.А. Москальченко, А.И. Лобанов. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 172 с.

Мелехов, И.С. Природа леса и лесные пожары / И.С. Мелехов. – Архангельск, 1947. – 60 с.

Мелехов, И.С. Лесная пирология / И.С. Мелехов, С.И. Душа-Гудым, Е.П. Сергеева. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 296 с.

Методика исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания (Утв. Приказом Министерства природных ресурсов России от 28.04.2008 г. № 107). – URL: <https://base.garant.ru/12161284/?ysclid=lx39vnh6dt72263590> (дата обращения 19.03.2024).

Методика расчета сил и средств для тушения пожаров [Электронный ресурс]: методические указания для курсового и дипломного проектирования по дисциплине «Пожарная тактика» / сост. Н.Ю. Клименти. – Волгоград: Волгоград. гос. архит.-строит. ун-т, 2021.

Методические рекомендации по действиям органов управления и сил функциональной и территориальной подсистем РСЧС, привлекаемых к тушению лесных, степных и торфяных пожаров и реагированию на чрезвычайные ситуации в паводковом периоде (утв. МЧС России 18.02.2016). – URL: <https://rulaws.ru/acts/Methodicheskie-rekomendatsii-po-deystviyam-organov-upravleniya-i-sil-funktsionalnoy-i-territorialnoy-pod/> (дата обращения 19.03.2024).

Наумович, В.М. Искусственная сушка торфа: Учебное пособие. – М.: Недра, 1984. – 222 с.



Нестеров, В.Г. Общее лесоводство / В.Г. Нестеров. – М.: Гослесбумиздат, 1954. – 643 с.

Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ. – URL: <https://base.garant.ru/12125350/?ysclid=lx39gseocs195914808> (дата обращения 19.03.2024).

Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиняемого охотничьим ресурсам (утв. Приказом Минприроды России от 08.12.2011 г. № 948 (ред. от 17.11.2017)). – URL: <https://base.garant.ru/70132926/?ysclid=lx39ikw093374718855> (дата обращения 19.03.2024).

Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства (утв. Постановлением Правительства РФ от 29.12.2018 г. № 1730 (ред. от 18.12.2020)). – URL: <https://base.garant.ru/72141810/?ysclid=lx39eapsaf759903059> (дата обращения 19.03.2024).

Об утверждении порядка осуществления мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23 июня 2014 г. № 276). – URL: <https://base.garant.ru/70703196/?ysclid=lx39cnbou448798952> (дата обращения 19.03.2024).

Об утверждении Правил тушения лесных пожаров (утв. Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 1.04.2022 г. № 244). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/350760949?ysclid=lx395p7sdd943604735> (дата обращения 19.03.2024).

Опыт участия личного состава Ивановского института ГПС МЧС России в ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций, произошедших на территории Российской Федерации в период с 2010 по 2013 годы: научно-методическое издание. – Иванов: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2014. – 109 с.

Орловский, С.Н. Орудие для локализации торфяных пожаров / С.Н. Орловский // Лесное хозяйство. – 1995. – № 2. – С. 34–35.

ОСТ 56-108-98 «Лесоводство. Термины и определения» (утв. приказом Рослесхоза от 3 декабря 1998 г. № 203). – URL: <https://base.garant.ru/2157249/?ysclid=lx38ut27ap370834588> (дата обращения 19.03.2024)

Платонов, Е.Ю. Научное обоснование системы противопожарного устройства лесного фонда в районах нефтегазодобычи (на примере Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2020. – 220 с.

Пьявченко, Н.И. Лесное болотоведение / Н.И. Пьявченко. – М., 1963. – 192 с.

Пьявченко, Н.И. Программа и методика биогеоценологических исследований / Н.И. Пьявченко, Л.С. Козловская. – М.: Наука, 1974. – С. 267-280.

Романов, В.В. Гидрофизика болот / В.В. Романов. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 359 с.

Секерин, И.М. Опыт тушения торфяных пожаров на Среднем Урале / И.М. Секерин, А.М. Ерицов, А.А. Кректунов, С.В. Залесов // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022а. – № 5(199), Ч. 2. – С. 81–85.

Секерин, И.М. Специфика распространения и тушения торфяных пожаров в зимний период / И.М. Секерин, Г.А. Годовалов, А.М. Ерицов, С.В. Залесов // Лесной вестник / Forestry Bulletin. – 2022б. – Т. 26, № 5. – С. 44–70.

Симский, А.М. Охрана лесов от пожаров / А.М. Симский, М.Г. Червонный. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 72 с.

Софронов, М.А. Пожарное созревание заболоченных южно-таежных лесов Западной Сибири / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Горение и пожары в лесу. – Красноярск ИЛИД СО АН СССР, 1984. – С. 41–43.

Софронов, М.А. Лесные почвенно-торфяные пожары на юге Западной Сибири / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Лесное хозяйство. – 1986. – № 5. – С. 56–58.

Софронов, М.А. О контроле почвенно-торфяных пожаров на территории, загрязненной радионуклидами / М.А. Софронов, А.В. Волокитина // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сб. научных трудов. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. – Вып. 54. – С. 70–73.

Способ борьбы с пожарами на торфяниках // Авторское свидетельство 980734; опубл. 22.07.1983 г. Бюлл. № 6.

Сретенский, В.А. Способ тушения торфяных пожаров / В.А. Сретенский // Авторское свидетельство 1591999 СССР А62С 3/00; заявитель и патентообладатель: Пермская лесная опытная станция ВНИИЛМ. - № 4403226/23-12; заявл. 04.04.1988; опубл. 15.09.90.

Сретенский, В.А. Тушение торфяных пожаров / В.А. Сретенский // Лесное хозяйство. – 1980. – № 7. – С. 54–56.

Сретенский, В.А. Экстренное тушение низовых лесных пожаров и торфяников без воды / В.А. Сретенский. – Пермь: Изд-во Перм. ун-та. 2004. – 188 с.

Сукачев, В.Н. Болота, их образование, развитие, свойства. Изд. 3-е / В.Н. Сукачев. – Л., 1926. – 162 с.

Теребнев, В.В. Расчет параметров развития и тушения пожаров (Методика. Примеры. Задания). / В.В. Теребнев. Екатеринбург: ООО «Изд-во «Калан», 2012. 460 с.

Теребнев, В.В. «Шпаргалка». Расчет параметров насосно-рукавных систем с помощью таблиц / В.В. Теребнев, М.А. Шурыгин, Т.Н. Атаманов, М.В. Илеменов. – Екатеринбург: ООО «Изд-во «Калан», 2014. – 202 с.

Торфяной фонд РСФСР: Сибирь и Дальний Восток. – М.: Наука, 1956. – 297 с.

Тюремнов, С.Н. Торфяные месторождения / С.Н. Тюремнов. – М.: Недра, 1976. – 487 с.

Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. – М.: ФСЛХ РФ, 1995. – 97 с.

Усеня, В.В. Лесные пожары, последствия и борьба с ними / В.В. Усеня. – Гомель: Ил НАН Беларуси, 2002. – 206 с.

Усеня, В.В. Перспективные огнетушащие химические составы для борьбы с лесными и торфяными пожарами на радиоактивно загрязненных землях / В.В. Усеня, В.В. Богданова, В.Г. Тищенко, Г.Ф. Ласута // Предупреждение, ликвидация и последствия пожаров на радиоактивно загрязненных землях: Сб. науч. трудов. – Гомель: Ил НАН Беларуси, 2002. – Вып. 54. – С. 22–28.

Усеня, В.В. Лесная пирология / В.В. Усеня, Е.Н. Каткова, С.В. Ульдинович. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. – 264 с.

Чиндяев, А.С. Гидролесомелиоративные стационары / А.С. Чиндяев // Опытное лесохозяйственное предприятие Уральской лесотехнической академии. Научные и производственные объекты учебного научно-производственного комплексного лесохозяйственного предприятия. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1995. – 131 с.

Чиндяев, А.С. Общая характеристика стационара «Северный» в Уральском учебно-опытном лесхозе / А.С. Чиндяев, Л.А. Бирюкова // Актуальные проблемы осушения лесов на Среднем Урале. – Свердловск: УрО АН СССР, 1989. – С. 171–173.

Шуваев, М.Г. Основы пожарного дела. – М.: Стройиздат, 1979. – 351 с.

Щетинский, Е.А. Тушение лесных пожаров: Пособие для лесных пожарных / Е.А. Щетинский. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – 104 с.

Щетинский, Е.А. Спутник руководителя тушения лесного пожара / Е.А. Щетинский. – М.: ВНИИЛМ, 2003. – 96 с.

Akbar, Y.K. Analysis of the influence of motivation, competence and characteristics of the geographical environment on employee performance: a study of the

Directorate of Finance in Indonesia / Y.K. Akbar, O. Sinaga, M.N. Saudi // Review of International Geographical Education Online. – 2021. – Т. 11, № 3. – P. 184

Becker, J.P. Dynamic psychotherapy as a PTSD treatment for firefighters: a case study / J.P. Becker, R. Paixão, M.J. Quartilho // Healthcare. – 2022. – Т. 10, № 3. – P. 530.

Bernabe, M. Resilience as a mediator in emotional social support's relationship with occupational psychology health in firefighters / M. Bernabe, J.M. Botia // Journal of Health Psychology. – 2015. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/271196098\\_Resilience\\_as\\_a\\_mediator\\_in\\_emotional\\_social\\_support's\\_relationship\\_with\\_occupational\\_psychology\\_health\\_in\\_firefighters](https://www.researchgate.net/publication/271196098_Resilience_as_a_mediator_in_emotional_social_support's_relationship_with_occupational_psychology_health_in_firefighters) (дата обращения 15.01.2024)

Cerasoli, C.P. Intrinsic motivation and extrinsic incentives jointly predict performance: a 40-year meta-analysis / C.P. Cerasoli, J.M. Nicklin, M.T. Ford // Psychological bulletin. – 2014. – Т. 140, № 4. – P. 980.

Feurdean, A. Recent fire regime in the Southern boreal forests of Western Siberia is unprecedented in the last five millennia / A. Feurdean, G. Florescu, I. Tantau et al. // Quaternary Sci. Rev. – 2020. – Vol. 244. – P. 106495.

Flannigan, M.D. Forest fires and climate change in the 21st century / M.D. Flannigan, B.D. Amiro, K.A. Logan et al. // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2005. – № 11. – P. 847-859.

Flinn, M.A. Depth of underground plant organs and theoretical survival during fire / M.A. Flinn, R.W. Wein // Canadian Journal of Botany. – 2011. – № 55(19). – PP. 2550-2554

Frandsen, W.H. Ignition probability of organic soils / W.N. Frandsen // Canadian Journal of Forest Research. – 2011. – № 27(9). – PP. 1471-1477.

Furyaev, V.V. Effects of Fire and Climate on Successions and Structural Changes in the Siberian Boreal Forest / V.V. Furyaev, E.A. Vaganov, N.M. Tehebakova, E.N. Valendik // Euras. J. For. Res. – 2001. – № 2. – P. 1–15.

Glushkov, I. Spring fires in Russia: results from participatory burned area mapping with Sentinel-2 imagery / I. Glushkov et. al. // Environmental research letters. – 2021. – T. 16, № 12.

Goldammer, J.G. Potential impacts of climate change on fire regimes in the tropics based on MAGICC and a GISS GCM-derived lightning modes / J.G. Goldammer, C. Price // Climatic Change. – 1998. – №39. – P. 273-296.

Heydari, A. Exploring the criteria and factors affecting firefighters resilience: A qualitative study / A. Heydari et al. // Chinese Journal of Traumatology. – 2022. – T. 25, № 02. – P. 107-114.

Jouanne, E. Correlates of team effectiveness: An exploratory study of firefighters operations during emergency situations / E. Jouanne et al. // Applied ergonomics. – 2017. – T. 61. – P. 69-77.

Kaligis, J.N. Organizational Culture, Work Motivation, and Work Effectiveness (Case Study on Hotels in Tjmhon and Tondano) / J.N. Kaligis, S.S.X. Tumbelaka, D. Goni // International Journal of Applied Business and International Management (IJABIM). – 2023. – T. 8, № 1. – P. 89–100.

Kasischke, E.S. Fire global warming, and the carbon balance of boreal forests / E.S. Kasischke, N.L. Christensen, B.J. Stocks // Ecological applications. – 1995. – Vol. 5, № 2. – P. 437–451.

Kasischke, E.S. Recent changes in the fire regime across the North American boreal region-spatial and temporal patterns of burning across Canada and Alaska / E.S. Kasischke, M.R. Turetsky // Geophysical Research Letters. – 2006. – Vol. 33. – L09703.

Kharuk, V.I. Fire return intervals within the northern boundary of the larch forest in Central Siberia / V.I. Kharuk, M.L. Dvinskaya, K.J. Ranson // Int. J. of Wildland Fire. – 2013. – Vol. 22 (2). – P. 207–211.

Maow, A.M.A. The influence of work discipline and employee skills on work productivity with work motivation as a moderation variable in pandemic time of

COVID 19 / A.M.A. Naow, D. Purwana, I. Pahala // The International Journal of Social Sciences World (TIJOSSW). – 2023. – Т. 5, № 1. – P. 452-457

Rusu, G. Factors Influencing Employees Motivation for Knowledge Communication / G. Rusu, S. Avasilcăi // Advanced Materials Research. – 2014. – Т. 837. – P. 657–662.

Safak, I. Perceptions Turkish Forest Firefighters on in service Trainings / I. Safak, T. Okan, D. Karademir // Fire. – 2023. – Т. 6, № 2. – P. 38.

Shantaplatoon, N. Motivation of older civil servants: what influences work efficiency? / N. Shantaplatoon // Scientific letters on management. – 2021. – Т. 11, № 1. – Pp. 87-92.

Soja, A.J. Satellite-derived mean fire return intervals as indicators of change in Siberia (1995-2002) / A.J. Soja, H.H. Shugart, A. Sukhinin, S. Conard, P.W. Stachhouse // Mitigation and Adaptation strategies for Global change. – 2006. – Vol. 11. – P. 75–96.

Succow, M. Landschaftsökologische Moorkunde / M. Succow. - Lena: Gustav Fischer-Verlag, 1988. – 340 s.

Succow, M. Landschaftsökologische Moorkunde [Landscape ecology of mires] / M. Succow, H. Joosten. – Schweizerbart Stuttgart, 2001. – 622 s.

Рыхтэр, І.Э. Лясная піралогія з асновамі радыёэкалогіі / І.Э. Рыхтэр. – Мн.: БДТУ, 1996. – 290 с.

**Предложения по совершенствованию способов обнаружения и тушения торфяных пожаров на осушенных болотах с использованием подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод**

Предложения по совершенствованию способов обнаружения и тушения торфяных пожаров на осушенных болотах с использованием подтопления очагов тления и подъема уровня грунтовых вод:

1. В целях своевременного обнаружения и качественного обследования торфяных пожаров на осушенных болотах необходимо сочетать космический, авиационный (в том числе с применением БВС) и наземный мониторинг.

Оптимальная последовательность применения этих методов следующая:

1.1. Использование термоточек Terra, Aqua, SNPP, NOAA, полигонов ИСДМ –Рослесхоз, для анализа вероятности прохождения низовых пожаров по территории с залежами торфа.

1.2. Использование космического мониторинга пройденных пожарами территорий с использованием снимков среднего пространственного разрешения для предварительного анализа и выявления мест, где происходило активное тление на кромке.

1.3. После установления таких участков может быть запланировано и проведено обследование с применением беспилотных воздушных судов с тепловизионными камерами, а при некоторых погодных условиях и применение авиамониторинга без использования тепловизионных камер для картирования очагов тления.



1.4. После установления мест расположения тепловых аномалий (вероятных очагов тления) по данным БВС или данным от летчика-наблюдателя, может быть проведено наземное обследование всех мест с выявленными тепловыми аномалиями с применением как тепловизионного оборудования, так и щупов-термометров, что позволяет обеспечить надежное обнаружение торфяных очагов и собрать данные, необходимые для принятия решений, направленных на их ликвидацию.

2. Для подавления большого числа очагов тления торфа на многоочаговых крупных торфяных пожарах на осушенных болотах во многих случаях целесообразно использовать метод подтопления и подъема уровня грунтовых вод. Для получения результата нужно обеспечить подъем уровня грунтовой воды не ниже, чем 50 см от поверхности почвы, и обеспечить насыщение торфа водой до влажности более 400 % по массе воды к массе сухого вещества. Необходимый для реализации подтопления до указанных уровней объем воды может в 4–5 раз превышать объем не заполненных мелиоративных каналов в зоне предполагаемого подтопления.

3. Для удержания и накопления воды в мелиоративных каналах при применении метода подтопления и подъема уровня грунтовых вод целесообразно возводить перемычки с перепадом воды на верхнем и нижнем бьефе в пределах 50–100 см, обеспечивать их продуманным переливом для избытка воды. В случае, если поблизости от горящего участка есть водоемы, имеющие уровень воды выше, чем необходимый для тушения, и достаточный объем воды, то тушение подтоплением целесообразно проводить без применения насосов. В случае, если большие объемы воды необходимо перекачивать в зону тушения подтоплением, такие работы могут быть выполнены не только с применением традиционно использу-

мых насосных станций типа ПНС-110, но и при помощи переносных мотопомп. При этом наиболее рационально использовать рукавные линии диаметром 150 мм для минимизации потерь давления.

4. Профилактика торфяного пожара на пожароопасных болотах (на осушенных торфяниках, где в последние годы происходили торфяные пожары), в том числе методами обводнения, со стоимостью работ ниже 22 000 руб./га при любом сценарии возможного пожара выгоднее тушения, если обеспечивает на 3–4 года и более надежную защиту от перехода ландшафтного пожара на поверхности торфяника в почвенный пожар. С учетом роста числа и интенсивности торфяных пожаров, а также в связи с уменьшением периода повторяемости таких пожаров, которые эксперты отмечают в последние годы, эффективность финансовых вложений в профилактику пожаров может быть выше эффективности аналогичных трат на тушение даже с периодом эффективного воздействия профилактических мер менее 3 лет.

5. Тушение торфяных пожаров (тушение всех очагов тления) на начальных стадиях, то есть сразу после ликвидации первоначального открытого горения на поверхности болота, со стоимостью тушения менее 50 000 руб./га с надежным окарауливанием выгоднее любого дальнейшего сценария тушения возобновившегося пожара

6. В случае, если ликвидация пожара не удалась на начальных стадиях развития торфяного пожара, наиболее выгодный сценарий тушения – наращивание группировки, применение тяжелой инженерной техники и мощных насосов для тушения подтоплением, пока для этого хватает воды. Стоимость тушения до 1 млн руб./га в случае успеха в обводнении и при последующем окарауливании и дотушивании (до окончательной ликвидации всех очагов тления) выгоднее сценария дальнейшего развития пожара

7. На стадии максимального развития площади торфяных очагов и их глубины в конце лета и начале осени тушение с переброской воды на огромные расстояния и с созданием огромных группировок для прямого тушения экономически может быть не целесообразно, кроме отдельных участков, где речь идет о защите населенных пунктов. Работы могут сводиться к снижению уровня задымления, к локализации пожара для предотвращения его перехода на новые площади. Также в этот период желательно сосредоточить усилия на создании условий для удержания воды и недопущения перехода очагов тления в зимний период. Это прежде всего работы по измерению рельефа и возведению в соответствии с проведенными измерениями временных земляных дамб для удержания воды в период осенних дождей.

8. Зимнее тушение. При переходе очагов тления в зимний период, после наступления морозов и установления снежного покрова, тушение методами подтопления может не давать положительного эффекта до весеннего снеготаяния. Это обусловлено низким уровнем грунтовой воды (зимняя межень) и слабой фильтрацией в замерзших слоях грунта. Для тушения зимой более целесообразны методы тушения с применением бульдозерной техники, разработанные УГЛТУ и Уральской базой авиационной охраны лесов.

9. Последняя стадия, когда возможно предотвращение перехода пожара в следующий сезон – дотушивание отдельных очагов, переживших зиму, в ранний весенний период на пике таяния снега при помощи переносных мотопомп. Тушение экономически целесообразно и не требует больших расходов (до 22 000 руб./га), требует поддержки (обследования до и после основных работ) БВС с тепловизором при подходящей погоде (при отсутствии нагрева поверхности земли и крон деревьев лучами солнца, но короткий период от схода снега до возможности возобновления

открытого горения создает высокие риски того, что работы не будут проведены до возобновления пожара

10. При наращивании численности группировки пожарных, для торфяных пожаров, важно сопровождать это работой по проведению инструктажей, повышающих информированность участников тушения о причинах и особенностях развития таких пожаров, о том, какие методы тушения и контроля качества тушения приводят к успеху (компетентность пожарных), а также работой по повышению уверенности участников в том, что их работа необходима для людей, не бессмысленна, поддерживается их руководством.

## **Предложения по совершенствованию нормативных правовых актов, регулирующих вопросы тушения торфяных пожаров**

Внести в Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 22.0.03-2020 "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Природные чрезвычайные ситуации. Термины и определения" (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 сентября 2020 г. № 641-ст) следующие изменения:

Ст. 92 изложить в следующей редакции: Торфяной пожар: Пожар, при котором горит (тлеет) торфяной слой заболоченных и болотных почв

Обоснование:

В настоящее время формулировка в ГОСТ Р 22.0.03-2020 ст. 92 следующая: «торфяной пожар: Возгорание торфяного болота, осушенного или естественного, при перегреве его поверхности лучами солнца, в результате лесных пожаров или небрежного обращения людей с огнем». Эта формулировка не указывает на главный признак торфяного пожара – горение (тление) почвы, то есть она предполагает отнесение к торфяным пожарам более широкий ряд явлений, в том числе горение поверхности болота (горение травы, мха, кустарничков и кустарников, деревьев) без тления почвы, что создает коллизии при одновременном использовании с ГОСТ 17.6.1.01 в случае, если торфяной пожар происходит в лесах. Кроме того, в действующей формулировке приводится указание на две конкретные причины возникновения торфяного пожара, что может трактоваться как квалифицирующий признак данного явления. В то же время, многочисленные исследования доказывают, что торфяной пожар может возникать и по другим причинам, в то время как его возникновение именно в результате перегрева поверхности солнечным лучами крайне маловероятно. Предложенная новая формулировка снимает указанные противоречия и устраняет недостатки.

Внести в Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 23 июня 2014 года № 276 «Об утверждении Порядка осуществления мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров» следующие изменения:

П.6 Приказа изложить в следующей формулировке:

6. Обнаружение лесных пожаров и наблюдение за их развитием с использованием наземных средств (наземное патрулирование, наблюдение с пожарных наблюдательных пунктов (вышек, мачт, павильонов и других наблюдательных пунктов), а также с применением беспилотных авиационных систем с воздушными судами с взлетной массой до 30 кг при наземном патрулировании, осуществляются в населенных пунктах, где расположены городские леса; территориях с развитой, используемой в течение всего пожароопасного сезона (вне зависимости от погодных условий), дорожной сетью и водными путями, а также на лесных участках, имеющих общую границу с населенными пунктами и объектами инфраструктуры

П.7 изложить в следующей редакции:

7. Наземное патрулирование лесов, в том числе с применением при патрулировании беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов с взлетной массой до 30 кг, осуществляется:

1) при I классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – в местах проведения огнеопасных работ и в местах массового отдыха граждан, пребывающих в лесах;

2) при II классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – не менее одного раза в период с 11 до 17 часов на лесных участках, отнесенных к I и II классам природной пожарной опасности лесов, а также в местах, указанных в подпункте 1 настоящего пункта;

3) при III классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – не менее двух раз в период с 10 до 19 часов на лесных участках, отнесенных к I, II и III классам природной пожарной опасности лесов, а также в

местах, указанных в подпунктах 1 и 2 настоящего пункта;

4) при IV классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – не менее трех раз в период с 8 до 20 часов по каждому маршруту патрулирования на всей территории использования наземных средств наблюдения;

5) при V классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – в течение светлого времени суток на всей территории использования наземных средств наблюдения, при этом на лесных участках, отнесенных к I, II и III классам природной пожарной опасности лесов - круглосуточно.

6) Наземное патрулирование лесов, в том числе с применением при патрулировании беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов с взлетной массой до 30 кг, осуществляется при всех классах пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды на пожароопасных торфяниках, в том числе осушенных, в случаях, если в конце предыдущего пожароопасного сезона, или в зимние месяцы, или в течение текущего пожароопасного сезона на таких участках были замечены очаги возгорания торфа или есть иные причины считать, что на этих участках возможно возникновение или возобновление почвенных пожаров.

7) Наземное патрулирование лесов, в том числе с применением при патрулировании беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов с взлетной массой до 30 кг, осуществляется при всех классах пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды на участках, где после прохождения грозового фронта или после внутримассовой грозы есть основания полагать, что мог возникнуть почвенный (в том числе подстильно-гумусовый) пожар в результате грозового разряда. Основанием для такого патрулирования могут быть данные систем грозопеленгации, иные метеорологические данные, аудио визуальные наблюдения за грозовой активностью.

П.8 изложить в следующей редакции:

Наземное патрулирование осуществляется по маршрутам наземного патрулирования лесов, утвержденным в плане тушения лесных пожаров на территории соответствующего лесничества, лесопарка. Наземное патрулирование лесов, в том числе с применением при патрулировании беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов с взлетной массой до 30 кг, на пожароопасных, в том числе осушенных торфяниках, может осуществляться с отклонениями от утвержденных маршрутов патрулирования в случаях, если в конце предыдущего пожароопасного сезона, или в зимние месяцы, или в течение текущего пожароопасного сезона на таких участках были замечены очаги возгорания торфа или есть иные причины считать, что на этих участках возможно возникновение или возобновление почвенных пожаров. Наземное патрулирование лесов, в том числе с применением при патрулировании беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов с взлетной массой до 30 кг также может осуществляться по фактической потребности и с отклонением от утвержденных маршрутов патрулирования в случаях, описанных в П.7.7.

П.9 изложить в следующей редакции:

9. Осмотр лесов в целях обнаружения лесных пожаров на пожарных наблюдательных пунктах, не оборудованных автоматическими системами наблюдения, осуществляется в течение пожароопасного сезона в лесах в зависимости от условий погоды:

1) при II классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – в 10, 13, 16, 19 часов;

2) при III классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – с 10 до 20 часов не реже одного раза в два часа;

3) при IV классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – с 9 до 21 часа не реже одного раза в час;

4) при V классе пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды – с 6 до 24 часов не реже одного раза в час.



5) Осмотр лесов в целях обнаружения лесных пожаров на пожарных наблюдательных пунктах, не оборудованных автоматическими системами наблюдения, может осуществляться в течение пожароопасного сезона в том числе с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

6) Осмотр лесов в целях обнаружения торфяных (почвенных) лесных пожаров на пожарных наблюдательных пунктах, не оборудованных автоматическими системами наблюдения, может осуществляться вне пожароопасного сезона в том числе с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

П.11 Приказа изложить в следующей редакции:

11. Обнаружение лесных пожаров и наблюдение за их развитием с использованием авиационных средств (авиационное патрулирование) за исключением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов, осуществляются в зоне осуществления лесоавиационных работ, а также, на основании решения уполномоченного органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющего переданные ему полномочия в области лесных отношений, в границах территории, признанной зоной чрезвычайной ситуации в лесах, возникшей вследствие лесных пожаров.

Обнаружение лесных пожаров и наблюдение за их развитием с использованием беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов, может осуществляться вне зависимости от установленных границ зоны осуществления лесоавиационных работ на основании решения уполномоченного органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющего переданные ему полномочия в области лесных отношений.

П.12. Приказа изложить в следующей формулировке:

Авиационное патрулирование за исключением авиационного патрулирования с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воз-

душных судов осуществляется в соответствии с Порядком организации и выполнения авиационных работ по охране и защите лесов, утвержденным приказом Рослесхоза от 3 ноября 2011 года № 470 (зарегистрировано в Минюсте России 16 марта 2012 года № 23504).

П.13 Приказа изложить в следующей формулировке:

Обнаружение лесных пожаров и наблюдение за их развитием с использованием космических средств (в том числе специализированной автоматизированной информационной системы дистанционного зондирования Земли) осуществляется в лесах, расположенных на землях лесного фонда, на землях федеральных особо охраняемых природных территорий. В целях своевременного обнаружения и тушения торфяных (почвенных) лесных пожаров, обнаружение и наблюдение за их развитием с использованием космических средств (в том числе специализированной автоматизированной информационной системы дистанционного зондирования Земли) осуществляется в течение всего года вне зависимости от продолжительности пожароопасного сезона. При этом полученные с использованием космических средств сведения на основании решения уполномоченного органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющего переданные ему полномочия в области лесных отношений, могут быть уточнены с использованием авиационных или наземных средств и с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

П.15 Приказа изложить в следующей формулировке:

15. В зоне контроля лесных пожаров обнаружение лесных пожаров и наблюдение за их развитием осуществляются с использованием космических средств. При этом полученные с использованием космических средств сведения на основании решения уполномоченного органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, осуществляющего переданные ему полномочия в области лесных отношений, могут быть уточнены с использованием

авиационных или наземных средств и с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

Внести в Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 1 апреля 2022 г. № 244 «Об утверждении Правил тушения лесных пожаров», зарегистрированный Минюстом России 12 августа 2022 г., следующие изменения:

П.59 Правил изложить в следующей редакции:

59. При тушении лесных пожаров применяются следующие способы и технические средства:

- а) захлестывание огня (сбивание пламени) по кромке пожара;
- б) засыпка кромки пожара грунтом;
- в) прокладка заградительных и опорных минерализованных полос;
- г) отжиг горючих материалов перед кромкой пожара;
- д) тушение водой и огнетушащими (огнезадерживающими) растворами, в том числе с применением авиации.

е) обводнение и/или подтопление горящего участка, в том числе с целью подъема уровня грунтовых вод

ж) послойное снятие горящих и тлеющих слоев грунта при минусовых температурах воздуха с последующим охлаждением до прекращения тления

П.71 Правил изложить в следующей редакции:

71. Наблюдение за локализованным лесным пожаром и его дотушивание заключается в ликвидации очагов горения, оставшихся на пройденной пожаром площади после его локализации. Проводится дотушивание всех очагов горения в полосе шириной до 50 –70 метров (или на расстоянии двойной высоты древостоя) от локализованной кромки внутри пожарища в целях исключения возможного переброса огня за границы линии локализации. Наблюдение за локализованным лесным пожаром и контроль качества его дотушивания может осуществляться по решению руководителя тушения лесного пожара в том числе с применением беспилотных воздушных судов.

П.72 Правил изложить в следующей редакции:

72. Предотвращение возобновления лесного пожара (окарауливание пожара) состоит в осмотре пройденной огнем площади с целью предотвращения его возобновления от скрытых очагов горения, не выявленных при дотушивании. Окарауливание проводится до полного прекращения горения на кромке пожара и организуется уже в процессе его остановки, когда по мере продвижения вдоль ликвидируемой (локализованной) кромки пожара оставляется часть работников, которые ликвидируют очаги загораний за опорной полосой и по кромке пожара. Окарауливание может осуществляться по решению руководителя тушения лесного пожара в том числе с применением беспилотных воздушных судов. На участке пожарища, а также в пределах до 40 метров от линии локализации вне пожарища, где ведутся работы по дотушиванию и окарауливанию могут быть удалены (спилены, срублены, разделены на сегменты) отдельные пожароопасные, травмоопасные, сухостойные и (или) поврежденные огнем деревья, кустарники, которые представляют опасность перехода огня за линию локализации пожара.

П.73 Правил изложить в следующей редакции:

73. В течение 5 дней после ликвидации лесного пожара руководителем лесничества составляется акт о лесном пожаре (далее – акт). Данные о ходе тушения лесного пожара предоставляются специализированной лесопожарной организацией или руководством лесопожарного формирования. В акте указываются:

дата, время составления акта;

фамилия, имя и отчество (при наличии) должностного лица, составившего акт;

фамилии, имена и отчества (при наличии) присутствующих при составлении акта лиц;

дата, время и место обнаружения лесного пожара, расстояние от ближайшего населенного пункта или дороги, реки, на лесосеке или на месте работы предприятия, организации;

кем обнаружен лесной пожар, с помощью каких средств (если пожар был обнаружен работником лесопожарной организации);

общая площадь лесного пожара в момент обнаружения в гектарах (с точностью до 0,01);

дата и время получения сообщения или донесения о лесном пожаре и кем оно получено (специализированной диспетчерской службой или лесничеством, подразделениями пожарной охраны);

что обнаружено на месте возникновения лесного пожара (остатки костра, признаки проведения неконтролируемого поджога травы в целях ведения сельского хозяйства или из иных побуждений, признаки перехода огня от транспортных путей, перехода огня с сопредельных территорий, не отнесенных к землям лесного фонда, случаи неосторожного обращения с огнем, перехода огня от участка, где проводились огневые работы в ходе профилактического контролируемого противопожарного выжигания растительных горючих материалов, признаки загорания от удара молнии и так далее), что может способствовать установлению причин пожара. Если имело место нарушение правил пожарной безопасности в лесах, указать предполагаемый вид нарушения и предполагаемое время его совершения;

лица, причастные к возникновению лесного пожара (указать фамилию, имя, отчество (при наличии), место работы, должность и место жительства). В тех случаях, когда указанные лица не установлены, указываются предварительные данные, свидетельствующие о причинах возникновения пожара и лицах, причастных к его возникновению;

дата и время начала тушения пожара;

площадь лесного пожара, пройденная огнем (всего, а также по видам пожара, по видам целевого назначения лесов, категориям земель, доля покрытой

и непокрытой лесом площади) в гектарах с точностью до 0,01 на момент ликвидации (при этом учитывается вся площадь пожарища как единой замкнутой геометрической фигуры, за исключением площади участков, не пройденных огнем);

дата и время локализации пожара с указанием, какими силами локализован, их численность и состав;

дата и время ликвидации пожара с указанием, какими силами ликвидирован, их численность и состав;

затраты на выполнение работ, связанных с тушением лесного пожара (в том числе доставка людей, сил и средств пожаротушения к месту тушения пожара и обратно, объемы трудозатрат работников и специалистов лесопожарных формирований и привлеченных лиц, объемы применения пожарной и специализированной автотракторной, наземной, водной и авиационной техники, оборудования, затраты связанные с расходом специальных средств, материалов, по обеспечению питанием и питьевой водой, привлечение услуг сторонних организаций для проведения и обеспечения работ по тушению, поиск и эвакуация лиц, пострадавших от пожара);

применявшиеся методы, способы и средства тушения пожара;

принятые меры к окарауливанию пожара;

Для торфяных (почвенных) лесных пожаров, на которых могли остаться очаги тления на выгоревшей площади, в том числе, основываясь на данных, полученных при помощи беспилотных авиационных систем, об этом делается отдельная запись в акте, возможные зоны с очагами тления наносятся на схему с отметками о том, какие мероприятия предприняты для недопущения и дальнейшего развития и возобновления пожара.

предварительная оценка потерь в результате лесного пожара в естественных и стоимостных характеристиках (древесины на корню, заготовленной лесопродукции, зданий, сооружений, машин, оборудования и другого

имущества, стоимость работ по очистке территории, стоимость лесовосстановительных работ, стоимость работ по тушению лесного пожара, общая предварительная сумма ущерба);

должность, фамилия, имя и отчество (при наличии) лица, руководившего тушением пожара;

перечень документов, прилагаемых к акту, включая схематический план пройденной огнем площади, расчеты и обоснования размеров предварительного ущерба от потерь древесины на корню, уничтожения огнем культур, молодняков, напочвенного покрова, ценных свойств природных комплексов, от потерь готовой продукции, стоимости работ по очистке территории, расходов на тушение пожара;

должность, место работы, фамилия, имя, отчество (при наличии) и подпись лица, составившего акт;

объем и породный состав вырубаемой древесины при создании противопожарных барьеров и временных посадочных площадок для вертолета, при проведении операций по доставке тяжелой техники к пожару в условиях отсутствия транспортного пути.

П.75 Правил изложить в следующей редакции:

75. К акту также прилагается докладная записка руководителя тушения лесного пожара о ходе тушения лесного пожара, применявшихся методах, способах и средствах тушения пожара, их эффективности (представляется только в случаях крупных лесных пожаров и почвенных (торфяных) пожаров). Срок хранения акта составляет 25 лет.

В случае если сведения о лесном пожаре, ранее направленные в специализированную диспетчерскую службу Федерального агентства лесного хозяйства, не соответствуют сведениям, указанным в акте, специализированная диспетчерская служба органа исполнительной власти субъекта Российской Федерации, уполномоченного в области лесных отношений, в течение суток с момента поступления соответствующего акта направляет уточненные сведения в

специализированную диспетчерскую службу Федерального агентства лесного хозяйства.

П.77 Правил изложить в следующей редакции:

77. При тушении лесных пожаров, возникающих на территориях, где имеется опасность взрывов боеприпасов и взрывчатых материалов, отравления токсическими веществами, в случаях отсутствия на указанных территориях безопасных условий работ для работников, осуществляющих тушение пожара (ограничение его распространения), тушение производится за пределами опасных зон, обследование (разведка) таких пожаров производится преимущественно с применением беспилотных авиационных систем беспилотных воздушных судов. Тушение лесных пожаров на территории, на которой находятся взрывоопасные предметы, производится косвенным методом (включая методы обводнения и подтопления территорий), создание заградительной полосы при необходимости ее создания осуществляется растворами огнетушащих (огнезадерживающих) веществ, применение землеройной техники, в том числе при организации обводнения или подтопления горящего участка, допускается после предварительной очистки полосы земли или места для возведения временных сооружений для удержания воды от взрывоопасных предметов.

П.78 Правил изложить в следующей редакции:

78. При тушении лесных пожаров, возникающих на территориях, загрязненных радионуклидами, приоритетными задачами являются сохранение жизни и здоровья людей, выполняющих работы по тушению, и предотвращение распространения радионуклидов на сопредельные территории. Обследование (разведка) таких пожаров производится преимущественно с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов

80. В зоне с плотностью загрязнения почвы цезием-137 от 1 до 5 Ки/км (37 – 185 кБк/м) и стронцием-90 – от 0,15 до 1 Ки/км (5,55 – 37 кБк/м):



а) тушение лесных пожаров проводится преимущественно аналогичными способами как на незагрязненных территориях с принятием дополнительных мер по защите работников, осуществляющих работы по тушению, от вредного воздействия пыли и продуктов горения лесных горючих материалов; там, где это возможно, обследование (разведка) таких пожаров производится преимущественно с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

б) тушение горячей кромки лесных пожаров проводится наземными и (или) авиационными средствами при помощи воды и растворов огнетушащих веществ, а также путем создания перед кромкой пожара заградительных полос посредством нанесения (сброса, слива) огнезащитных и огнезадерживающих растворов с использованием наземных и (или) авиационных средств. В случае почвенных (торфяных) пожаров, там, где это возможно, применяют обводнение и подтопление горящих участков в том числе для подъема уровня грунтовых вод для сдерживания развития очагов тления почвы.

81. В зоне с плотностью загрязнения почвы цезием-137 от 5 до 15 Ки/км (185 – 555 кБк/м):

а) остановка и тушение лесных пожаров проводятся без выполнения работ на кромке пожара путем создания заградительных и опорных химических полос при помощи наземных механизмов, а также с использованием вертолетов с водосливными устройствами и самолетов-танкеров;

б) дотушивание лесных пожаров проводится с использованием пожарных автоцистерн с установленными пожарными лафетными стволами, а также с использованием пожарных мотопомп.

в) обследование (разведка) таких пожаров производится преимущественно с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

Г) в случае почвенных (торфяных) пожаров, там, где это возможно, применяют обводнение и подтопление горящих участков в том числе для подъема уровня грунтовых вод для сдерживания развития очагов тления почвы.

82. В зонах с плотностью загрязнения почвы цезием-137 от 15 до 40 Ки/км (555 – 1480 кБк/м) и более 40 Ки/км (1480 кБк/м):

а) остановка и тушение лесного пожара проводятся в соответствии со специально разработанными для условий радиоактивного загрязнения регламентирующими документами, в которых учтены требования радиационной безопасности при тушении радиоактивного лесного пожара;

б) остановка и тушение лесного пожара проводятся вертолетами с водосливными устройствами и самолетами-танкерами;

в) окончательная локализация и дотушивание лесных пожаров проводятся наземными силами и средствами пожаротушения, при этом используют автоцистерны с установленными пожарными лафетными стволами и пожарные вездеходы на базе специальной (военной) техники, обеспечивающей повышенный уровень защиты работников, а для дотушивания пожаров – пожарные мотопомпы.

Г) в случае почвенных (торфяных) пожаров, там, где это возможно, применяют обводнение и подтопление горящих участков в том числе для подъема уровня грунтовых вод для сдерживания развития очагов тления почвы.

Д) обследование (разведка) таких пожаров от момента обнаружения до ликвидации пожара производится преимущественно с применением беспилотных авиационных систем и беспилотных воздушных судов.

84. При тушении почвенных (торфяных) лесных пожаров производятся их опашка и (или) окопка, перемешивание слоев, создание минерализованных полос, противопожарных канав, тушение водой и огнетушащими растворами, а также применение мощных струй воды с помощью насосных установок и высоконапорных мотопомп, регулирование уровня воды путем создания временных плотин.

В случаях многоочаговых торфяных пожаров, возникающих на торфянистых почвах в результате низового лесного пожара, тушение производится путем локализации всей площади, на которой находятся очаги горения. После ликвидации почвенного (торфяного) пожара площадь, пройденную огнем, необходимо периодически (не реже одного раза в сутки) осматривать до выпадения интенсивных осадков.

При тушении торфяных и иных почвенных пожаров решение о необходимости создания временных водоисточников вблизи пожара, а также решение о проведении мероприятий по удержанию воды в осушительных каналах путем создания временных некапитальных перемычек (плотин), препятствующих стоку воды, использование и(или) восстановление работоспособности ранее созданных гидротехнических сооружений 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, принимает руководитель тушения лесного пожара.

Тушение почвенных пожаров может производиться в течение длительных периодов времени, может осуществляться вне пожароопасного сезона, в том числе зимнее время. В холодное время кроме технологий обводнения могут применяться методы, основанные на использовании охлаждающей способности воздуха при минусовых температурах, в том числе послойное снятие и охлаждение тлеющего грунта.